



QUANPIN XUEANKAO FUXI FANG'AN

全品 选考 复习方案

化学

作业手册

参考答案



第1讲 物质的分类及转化

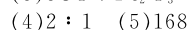
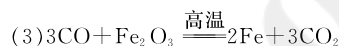
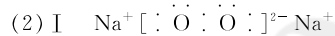
1. C 【解析】马拉糕在制作过程中可加入小苏打(NaHCO_3)，小苏打受热分解产生 CO_2 气体，导致物质膨松，小苏打属于碳酸盐，A正确；喝茶使用的瓷杯的主要成分是硅酸盐，硅酸盐属于传统无机非金属材料，B正确；蒜蓉生菜中也含有一定量的糖类物质，C错误；肠粉中的鸡蛋在蒸制过程中蛋白质分子结构发生改变，导致物质失去其生理活性，故蛋白质发生了变性，D正确。
2. C 【解析】 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 是纯净物，A错误；金刚石是共价晶体， C_{60} 是分子晶体，故金刚石的熔点高于 C_{60} ，B错误；石墨和 C_{60} 互为同素异形体，二者之间的转化是化学变化，C正确；Ca元素处于第四周期第IIA族，属于长周期元素，D错误。
3. D 【解析】聚氯乙烯为混合物，有毒性，不能用作食品包装袋，A错误；蔗糖是一种二糖，能水解生成葡萄糖和果糖，B错误；花生油的主要成分为饱和和高级脂肪酸甘油酯，饱和脂肪酸酯不是天然高分子化合物，C错误；碳酸氢铵、碳酸氢钠受热均发生分解，且产生 CO_2 气体，在饼干加工过程中起到膨松剂的作用，D正确。
4. C 【解析】 NH_3 是非电解质，但 HN_3 是弱酸，属于电解质，A错误； CuCl 难溶于水，且与 CuCl_2 不互为同素异形体，B错误；炔烃含有碳碳三键，属于不饱和烃，难溶于水，C正确；由题给信息可知，该点击反应的产物为，反应类型为加成反应，D错误。
5. C 【解析】青铜器皿除锈过程中生成新物质，是化学变化，A不符合题意；燃放烟花涉及燃烧，生成新物质，是化学变化，B不符合题意；核反应属于核变化，核变化不是化学变化，C符合题意；制造“蛟龙”号潜水器涉及新材料的制造，是化学变化，D不符合题意。
6. B 【解析】有机酸能与金属铁反应，煎煮中草药不适宜用铁锅，故A正确；瓷器属于硅酸盐产品，主要成分是硅酸盐不是二氧化硅，故B错误；小龙虾烹饪时，虾壳变红的过程中有蛋白质变性，发生了化学变化，故C正确；维生素C具有还原性，是常用的还原剂，故D正确。
7. C 【解析】前者发生化学反应： $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ ，属于化学变化，A错误；冷却 SO_3 气体没有颜色变化，加热氯化铵晶体分解产生HCl和 NH_3 ，发生的是化学变化，但没有明显颜色变化，B错误；前者为 Na_2O_2 的氧化性漂白，为化学变化，D错误。
8. B 【解析】反应i： $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ，反应ii： $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ ，反应ii不是置换反应，故不选①；反应i： $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ，反应ii： $\text{C} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO} + \text{H}_2$ ，反应i、ii均为置换反应，故选②；反应i： $\text{Cl}_2 + 2\text{HBr} \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{HCl}$ ，反应ii： $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ ，反应ii不是置换反应，故不选③；反应i： $2\text{Al} + 3\text{CuCl}_2 \rightleftharpoons 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Cu}$ ，反应ii： $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ ，反应i、ii均为置换反应，故选④；正确序号为②④，选B。
9. C 【解析】过程I中氧元素化合价升高，故 O_2 是氧化产物，A项正确；由图知过程II的反应物是 CO_2 、 FeO ，生成物是 Fe_3O_4 和C，B项正确；过程II产物单质碳中含有“碳碳共价键”，C项错误；碳与 O_2 反应是放热反应，则 $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ 为吸热反应，D项正确。
10. A 【解析】氢氧化铁胶体具有吸附性，吸附水中的悬浮物，形成沉淀，可用来净水，故A正确；明矾溶于水生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体： $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$ ，故B错误； $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体为红褐色，故C错误；胶体呈电中性，不带电，带电的是胶体粒子，故D错误。
11. C 【解析】由题意可知，甲、乙分散系都是胶体，都有丁达尔效应，A项错误；氢氧化铝溶于氢氧化钠溶液，而氢氧化铁不

溶，B项错误； FeCl_3 中的 Fe^{3+} 能氧化 I^- 生成 I_2 ，大量 I_2 溶于水呈深褐色，C项正确；蒸干、灼烧氯化铁溶液得到氧化铁，蒸干、灼烧明矾溶液得到 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ，D项错误。

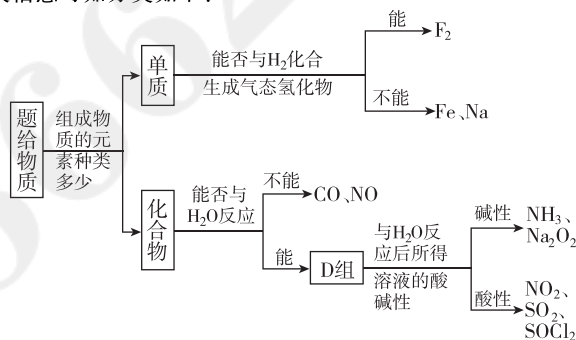
12. B 【解析】磁流体的分散质粒子直径为 $5.5 \sim 36 \text{ nm}$ ，介于 $1 \sim 100 \text{ nm}$ ，故磁流体属于胶体，能产生丁达尔效应，A、C错误，B正确；胶体和溶液都能通过滤纸，故将该分散系过滤，在滤纸上不能得到分散质，D错误。

13. B 【解析】碳纳米管是碳单质的一种特殊结构，是一种新型非金属材料，A正确；由图可知，掺杂B、N过程中，有旧键断裂和新键形成，属于化学变化，B错误；该材料作催化剂，能降低 N_2 成为活化分子所需要的能量，C正确；该过程实现了氮气转变成氨气，属于氮的固定中的人工固氮，D正确。

14. (1) 树状分类法



【解析】(1)由分类图知，该分类方法为树状分类法，结合相关信息可知分类如下：



(4) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ， NO_2 发生了自身的氧化还原反应，被氧化和被还原的氮元素的质量比为2:1。

(5)铁在高温下与水蒸气发生反应： $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ ，根据化学方程式可知转移8 mol电子时，有3 mol Fe参加反应，其质量为168 g。(6) SOCl_2 遇水发生剧烈反应，可以起到脱水的作用，其与 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 反应的化学方程式为 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{SOCl}_2 \rightleftharpoons \text{AlCl}_3 + 12\text{HCl} \uparrow + 6\text{SO}_2 \uparrow$ 。

第2讲 离子反应 离子方程式

1. A 【解析】 CH_4 是非电解质，A项正确；一般酸、碱、盐都是电解质，B、C、D项错误。
2. B 【解析】 Na_2CO_3 的电离方程式为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ，A错误；常温下， $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的BOH溶液的 $\text{pH} = 11$ ，说明BOH为弱碱，其电离过程可逆： $\text{BOH} \rightleftharpoons \text{B}^+ + \text{OH}^-$ ，B正确； 25°C NaA溶液的 $\text{pH} > 7$ ，说明NaA是强碱弱酸盐，HA为弱酸，电离过程可逆： $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ ，C错误； CaCO_3 难溶于水，但属于强电解质，溶于水的部分全部电离： $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ ，D错误。
3. A 【解析】 BaSO_4 是强电解质，溶于水的部分完全电离，不能用“ $\rightleftharpoons$ ”，A项书写错误。
4. D 【解析】盐酸是强酸，用 H^+ 表示，碳酸是弱酸，用 H_2CO_3 表示，A错误；前者是 Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 反应生成 BaSO_4 ，后者除生成 BaSO_4 外，还有 H^+ 和 OH^- 生成 H_2O 的反应，B错误；碳酸钠易溶于水，用 CO_3^{2-} 表示，碳酸钙难溶于水，用 CaCO_3 表示，C错误；石灰石与硝酸、盐酸的反应均可表示为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，D正确。
5. D 【解析】氧原子不守恒，过氧化钠溶于硫酸铜溶液中： $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 4\text{Na}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，A

错误;次氯酸根离子具有强氧化性,二氧化硫具有还原性,向次氯酸钠溶液中通入 SO_2 会生成 SO_4^{2-} 和 Cl^- ,B 错误;得失电子不守恒,用 FeCl_3 溶液吸收少量 H_2S 气体: $2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{S} \downarrow$,C 错误;向碳酸钠溶液中滴加少量稀盐酸: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$,D 正确。

6. B 【解析】质量不守恒,应该为 $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,A 错误;小苏打即碳酸氢钠和胃酸中的盐酸反应生成氯化钠、水和二氧化碳,反应为 $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$,B 正确; FeS 为沉淀,不能拆,用 FeS 除去废水中的 Hg^{2+} ,反应为 $\text{FeS} + \text{Hg}^{2+} \rightleftharpoons \text{HgS} + \text{Fe}^{2+}$,C 错误;稀 HNO_3 处理银镜反应后试管内壁的 Ag ,生成硝酸银、 NO 和 H_2O : $3\text{Ag} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Ag}^+ + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,D 错误。

7. B 【解析】 Cu 与稀硝酸反应生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO 和水,正确应为 $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,A 错误;向饱和食盐水中加浓盐酸,氯离子浓度增大,促使氯离子和钠离子析出氯化钠固体: $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{s})$,B 正确;向 Na_2S 溶液中滴加 NaClO 溶液,发生氧化还原反应生成 S 、 Cl^- ,正确的离子方程式应为 $\text{S}^{2-} + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{S} \downarrow + \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$,C 错误; $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 是弱电解质,不能拆分成离子,正确的离子方程式应为 $2\text{Fe}(\text{SCN})_3 + \text{Fe} \rightleftharpoons 6\text{SCN}^- + 3\text{Fe}^{2+}$,D 错误。

8. B 【解析】 SO_2 与过量 NaOH 溶液反应生成 Na_2SO_3 和水,离子方程式为 $2\text{OH}^- + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,A 错误; 0.5 mol FeBr_2 和 0.5 mol Cl_2 的反应为 $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^- + \text{Br}_2$,C 错误;将少量 SO_2 气体通入 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中,生成的 SO_4^{2-} 与溶液中的 Ca^{2+} 结合为 CaSO_4 沉淀,生成的 H^+ 与过量的 ClO^- 结合生成 HClO ,离子方程式为 $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_2 + 3\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 \downarrow + \text{Cl}^- + 2\text{HClO}$,D 错误。

9. A 【解析】 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液中加入过量的烧碱溶液,生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀: $4\text{OH}^- + \text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$,B 错误;将 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 固体溶于氢碘酸,还发生了 Fe^{3+} 与 I^- 的氧化还原反应: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,C 错误;双氧水与酸性高锰酸钾溶液反应, H_2O_2 被氧化生成 O_2 ,正确的离子方程式为 $5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 2\text{MnO}_4^- \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \uparrow$,D 错误。

10. C 【解析】A 项,将 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 溶液与过量的澄清石灰水混合,离子方程式: $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$,正确;B 项, NO_2 在碱性条件下发生歧化反应: $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$,正确;C 项, SO_2 通入 NaClO 溶液发生氧化还原反应,少量 SO_2 通入 NaClO 溶液,反应的离子方程式为 $\text{SO}_2 + 3\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + 2\text{HClO}$,错误;D 项,氨水与少量 AgNO_3 反应生成银氨溶液: $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{H}_2\text{O}$,正确。

11. D 【解析】向硝酸银溶液中通入少量氯气,导电性变化不大,正确的离子方程式为 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$,A 错误;亚硫酸溶液中通入氯气: $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$,生成的硫酸为强电解质,离子浓度增大,导电性增强,B 错误;向 FeI_2 溶液中通入少量氯气,碘离子的还原性大于亚铁离子,氯气先氧化碘离子,离子方程式为 $2\text{I}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{Cl}^-$,C 错误;向 NaOH 溶液中通入少量氯气,离子浓度变化不大,导电性变化不明显,离子方程式为 $2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$,D 正确。

12. D 【解析】 Fe^{2+} 、 Br^- 都能被过量的 Cl_2 氧化,正确的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{Br}^- + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}_2 + 6\text{Cl}^-$,A 错误;向饱和 Na_2CO_3 溶液中通入足量 CO_2 ,析出 NaHCO_3 晶体,正确的离子方程式应为 $2\text{Na}^+ + \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$,B 错误;向 KI 溶液中加入少量酸性双氧水,反应生成 I_2 ,正确的离子方程式为 $2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,C 错误。

13. D 【解析】硫酸亚铁铵溶液与少量 NaOH 溶液反应,亚铁离子先与氢氧根离子生成沉淀,离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$,A 错误;氧原子没配平,正确的化学方程式为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$,B 错误;碳酸钙是难溶物,应保留化学式,离子方程式为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$,C 错误;用 Na_2SO_3 溶液吸收少量 Cl_2 ,发生氧化还原反应,离子方程式为 $3\text{SO}_3^{2-} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HSO}_3^- + 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$,D 正确。

14. A 【解析】碳酸氢镁溶液中加入过量的澄清石灰水,采用

“以少定多”法,假设 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 物质的量为 1 mol ,则需消耗 $2 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2$,生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 和 H_2O ,A 正确; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液与稀硝酸混合发生氧化还原反应,正确的离子方程式应为 $3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 8\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 6\text{SO}_4^{2-} + 8\text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,B 错误; $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入过量的 CO_2 气体,发生反应生成 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 和 HClO ,正确的离子方程式应为 $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$,C 错误;向 NaHSO_3 溶液中滴加过量 NaIO_3 溶液,由于过量 NaIO_3 能将 I^- 氧化,最终生成 I_2 , HSO_3^- 被氧化为 SO_4^{2-} ,正确的离子方程式应为 $5\text{HSO}_3^- + 2\text{IO}_3^- \rightleftharpoons 5\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2 + 3\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$,D 错误。

15. (1)① $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$
② $2\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{FePO}_4 \downarrow + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$

(2)① $\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 3\text{H}_2 \uparrow + \text{ClO}_3^-$

② $2\text{ClO}_2 + 2\text{CN}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 2\text{Cl}^- + \text{N}_2$

(3) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{NiOOH} \downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

【解析】(1)①过程 I 中,加 NaOH 溶液调 $\text{pH}=2.0$,发生酸碱中和反应, H_3PO_4 转化为 H_2PO_4^- ,反应的离子方程式为 $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ 。②过程 II 中, Fe^{2+} 被 H_2O_2 氧化生成 Fe^{3+} ,并生成 FePO_4 沉淀,反应的离子方程式为 $2\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{FePO}_4 \downarrow + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

第 3 讲 离子共存 离子的检验与推断

1. D 【解析】含 Cu^{2+} 的溶液显蓝色,则无色溶液中 Cu^{2+} 不能大量存在,A 错误;酸性溶液中含大量 H^+ , H^+ 与 ClO^- 生成弱电解质 HClO ,不能大量存在,B 错误;碱性溶液中含大量 OH^- , Al^{3+} 与 OH^- 反应而不能大量共存,C 错误; KNO_3 溶液中含 K^+ 、 NO_3^- ,与 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 相互不反应,可以大量共存,D 正确。

2. A 【解析】 Fe^{3+} 、 H^+ 、 NO_3^- 相互不反应,可以大量共存,A 正确; $\text{pH}=13$ 的溶液显碱性,含有大量 OH^- , OH^- 与 NH_4^+ 会发生反应,不能大量共存,B 错误; ClO^- 与 I^- 发生氧化还原反应,不能大量共存,C 错误; Fe^{2+} 与 K^+ 、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 结合形成蓝色沉淀,不能大量共存,D 错误。

3. A 【解析】 K^+ 、 Fe^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 与 SO_2 均不反应,可以大量共存,A 正确; Ag^+ 与 Cl^- 反应生成 AgCl 沉淀, H^+ 、 NO_3^- 与 SO_2 发生氧化还原反应,不能大量共存,B 错误; Fe^{3+} 与 SO_2 发生氧化还原反应,不能大量共存,C 错误; HCO_3^- 与 SO_2 发生反应,不能大量共存,D 错误。

4. A 【解析】常温下, $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = c(\text{OH}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > c(\text{H}^+) = 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,溶液呈弱碱性,四种离子在碱性条件下可以大量共存,A 正确;由水电离产生的 $c(\text{H}^+) = 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,说明水的电离受到抑制,可能加入了酸或碱,而 HCO_3^- 与 H^+ 或 OH^- 均反应,不能大量共存,B 错误;使甲基橙变红的溶液呈强酸性, Fe^{2+} 、 NO_3^- 、 H^+ 发生氧化还原反应,不能大量共存,C 错误; Al^{3+} 与 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 发生相互促进的水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,不能大量共存,D 错误。

5. D 【解析】滴加 KSCN 溶液后显红色的溶液中含有 Fe^{3+} , Fe^{3+} 、 NH_4^+ 均能与 OH^- 发生反应, Fe^{3+} 与 I^- 能发生氧化还原反应,不能大量共存,A 错误;遇酚酞显红色的溶液中含有大量 OH^- , OH^- 与 Mg^{2+} 能发生反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀,不能大量共存,B 错误;澄清透明的酸性溶液中含大量 H^+ , H^+ 与 SO_3^{2-} 能发生反应生成 SO_2 、 H_2O ,且 Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 之间能发生氧化还原反应,不能大量共存,C 错误;常温下, $\text{pH}<1$ 的溶液中含大量 H^+ , H^+ 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cl^- 、 NH_4^+ 之间不反应,能大量共存,D 正确。

6. C 【解析】 I^- 不能使淀粉溶液变蓝,应先加入 H_2O_2 等氧化剂将 I^- 氧化成 I_2 ,再利用淀粉溶液检验,A 错误;检验 SO_4^{2-} 应先加入盐酸排除干扰,再加入氯化钡溶液,否则可能将 AgCl 沉淀误认为是 BaSO_4 沉淀而得出错误结论,B 错误; Fe^{2+} 与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液生成蓝色沉淀,可检验 Fe^{2+} ,C 正确; Al^{3+} 与氨水生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,该沉淀不溶于过量氨水,应选用 NaOH 溶液逐滴加入,D 错误。

7. B 【解析】滴加 BaCl_2 溶液有白色沉淀生成,不能说明原溶液中含有 SO_4^{2-} ,因为若溶液中含有 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 Ag^+ 等,滴加 BaCl_2 溶液也能生成白色沉淀,A 错误;氯水中的氯气和碘离子反应生成碘单质,四氯化碳把碘单质从水溶液中萃取出来,四氯化碳的密度比水大,下层溶液显紫色,滴加氯水和四氯化

碳,若下层溶液显紫色,说明原溶液中有 I^- ,B 正确; Na^+ 的黄色火焰可以掩盖 K^+ 的紫色火焰,检验 K^+ 应透过蓝色钴玻璃观察火焰,C 错误;若原溶液为氨水,滴加浓 $NaOH$ 溶液且加热也会放出氨气,D 错误。

8. D 【解析】向某溶液中先加入 $BaCl_2$ 溶液,再滴入稀硝酸,先产生白色沉淀,后白色沉淀不消失,此时白色沉淀可能是 $AgCl$ 或 $BaSO_4$,若溶液中含有 SO_3^{2-} 也会出现此现象,不能得出该溶液中一定含有 SO_4^{2-} 或 Ag^+ 的结论,A 错误;铵盐和 $NaOH$ 溶液反应,若不加热或在稀溶液中反应生成的 $NH_3 \cdot H_2O$ 不分解或分解较少,无法检测出 NH_3 ,故不能据此判断是否含有 NH_4^+ ,B 错误;酸性 $KMnO_4$ 溶液紫色褪去,说明含有还原性离子,如 Fe^{2+} 、 Cl^- 等,不能判断是否含有 Fe^{2+} ,C 错误;溴的四氯化碳溶液褪色,说明生成不饱和烃,烷烃与溴不发生加成反应,不能使溴的四氯化碳溶液褪色,D 正确。

9. C 【解析】白色沉淀中加入稀盐酸,无现象,表明沉淀不溶解也没有气体产生,则说明原澄清溶液中含有 SO_4^{2-} ,不含有 CO_3^{2-} ,A 错误;下层液体呈紫红色,则表明有 I_2 生成,但 Fe^{3+} 与 I^- 不共存,则原澄清溶液中含有 I^- 和 NO_3^- ,不含有 Fe^{3+} ,结论不完整,B 错误;加入浓 $NaOH$ 溶液,加热,产生的刺激性气味的气体为 NH_3 ,继续滴加浓 $NaOH$ 溶液至过量,沉淀逐渐增多,然后又有部分溶解,表明溶解部分为 $Al(OH)_3$,不溶解部分为 $Mg(OH)_2$,则含有 NH_4^+ 、 Al^{3+} 和 Mg^{2+} ,C 正确;溶液中加入的 Na^+ 产生的黄色火焰对 K^+ 的紫色火焰有覆盖作用,没有透过蓝色钴玻璃观察,不能确定是否含有 K^+ ,结论错误,D 错误。

10. A 【解析】由题意可知,取少量样品溶于水得到无色透明溶液,说明固体溶于水且相互之间能共存,向①的溶液中滴加过量稀盐酸,溶液变浑浊,有刺激性气体放出,说明固体中存在 $Na_2S_2O_3$,发生反应 $S_2O_3^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons S \downarrow + H_2O + SO_2 \uparrow$,离心分离,取②的上层清液,向其中滴加 $BaCl_2$ 溶液,有沉淀生成,则沉淀为 $BaSO_4$,说明固体中存在 Na_2SO_4 ,不能确定是否有 Na_2SO_3 和 Na_2CO_3 , Na_2SO_3 与过量盐酸反应生成二氧化硫, Na_2CO_3 与过量盐酸反应生成二氧化碳,而这些现象可以被 $Na_2S_2O_3$ 与过量盐酸反应的现象覆盖掉,综合分析,该样品中确定存在的是 Na_2SO_4 、 $Na_2S_2O_3$,A 正确。

11. C 【解析】I. 取该无色溶液 5 mL,说明一定不含有 Cu^{2+} ,滴加一滴氨水有沉淀生成,且离子种类增加,说明增加的是 NH_4^+ ,所以原溶液中一定不含 NH_4^+ ,可能含有 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ag^+ ,则一定不含 CO_3^{2-} ;II. 用铂丝蘸取溶液,在火焰上灼烧,透过蓝色钴玻璃观察,无紫色火焰,说明没有 K^+ ;III. 另取溶液加入过量盐酸,有无色气体生成,该无色气体遇空气变成红棕色,说明有还原性离子 I^- 与 NO_3^- 和 H^+ 反应生成 NO ,即溶液中有 I^- 、 NO_3^- ,则一定不含有 Ag^+ ;IV. 向 III 中所得的溶液中加入 $BaCl_2$ 溶液,有白色沉淀生成,说明有 SO_4^{2-} ;综上所述,一定含有的阴离子为 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 I^- ,各离子物质的量浓度均为 $0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$,结合溶液呈中性可知,溶液中一定有 Mg^{2+} 和 Al^{3+} ,且还含有一种 -1 价的阴离子即 Cl^- 。溶液中一定不含的阳离子是 K^+ 、 NH_4^+ 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ ,A 正确;III 中加入盐酸, I^- 与 NO_3^- 和 H^+ 反应生成 NO ,根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式为 $8H^+ + 6I^- + 2NO_3^- \rightleftharpoons 3I_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$,B 正确;原溶液除 H^+ 和 OH^- 外,只含有 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 I^- 、 Cl^- ,C 错误;另取 100 mL 原溶液,加入足量的 $NaOH$ 溶液, Mg^{2+} 、 Al^{3+} 反应生成 $Mg(OH)_2$ 、 $Na[Al(OH)_4]$,充分反应后过滤、洗涤、灼烧沉淀至恒重,根据元素守恒: $n(MgO) = n(Mg^{2+}) = cV = 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$, $m(MgO) = 0.02 \text{ mol} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.8 \text{ g}$,D 正确。

12. A 【解析】根据题意,向溶液中加入过量的盐酸产生气体 1 和无色溶液 1,原溶液中一定含有 CO_3^{2-} ,一定没有 Cu^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Fe^{3+} ,一定含有 Na^+ ,再加入过量的 $Ba(OH)_2$ 溶液产生白色沉淀,一定含有 SO_4^{2-} ,加入过量的 HNO_3 和 $AgNO_3$ 溶液产生白色沉淀,则溶液中含有 Cl^- ,可能为加入的盐酸中的 Cl^- ,不能确定原溶液中是否含有 Cl^- 。原溶液中一定存在 Na^+ ,可能含有 Cl^- ,A 错误;白色沉淀 2 是 $BaSO_4$,不溶于稀硝酸,B 正确;气体 1 为 CO_2 ,能使澄清石灰水变浑浊,C 正确;滤液 2 中含有过量的 $Ba(OH)_2$,加入碳酸钠溶液一定会产生白色沉淀 $BaCO_3$,D 正确。

13. (1) CO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} (2) b
(3) $3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ \rightleftharpoons 3Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$
(4) 红褐色沉淀溶解,溶液呈黄色

(5) $Al^{3+} + 4OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$

【解析】溶液 X 呈强酸性,则溶液中不存在 CO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} ;溶液 X 和 $Ba(NO_3)_2$ 溶液反应生成沉淀 C,则溶液中一定存在 SO_4^{2-} ,不存在 Ba^{2+} ,C 是 $BaSO_4$;酸性条件下 NO_3^- 具有强氧化性,加入 $Ba(NO_3)_2$ 溶液产生气体,则溶液 X 中存在 Fe^{2+} ,不存在 NO_3^- ,A 是 NO ,则 D 是红棕色的 NO_2 ,E 是 HNO_3 ;溶液 B 中加入过量 $NaOH$ 溶液并加热,产生气体 F,则溶液中含有 NH_4^+ ,F 是 NH_3 , HNO_3 和 NH_3 反应生成 NH_4NO_3 ,则溶液 I 是 NH_4NO_3 溶液;向溶液 B 中加入过量 $NaOH$ 溶液产生沉淀 G,则沉淀 G 是 $Fe(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ 和盐酸反应生成 $FeCl_3$,则 J 中含有 $FeCl_3$;溶液 H 中通入过量 CO_2 生成沉淀,则溶液 X 中存在 Al^{3+} ,沉淀 K 是 $Al(OH)_3$ 。(1)由强酸性条件即可判断溶液 X 中一定不存在 CO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} 。(2)根据以上分析可知溶液 X 中一定没有 NO_3^- 。(3) Fe^{2+} 和 NO_3^- 、 H^+ 反应生成 Fe^{3+} 、 NO 和 H_2O ,离子方程式为 $3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ \rightleftharpoons 3Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$ 。(4)沉淀 G 是氢氧化铁,氢氧化铁是红褐色沉淀,和盐酸反应生成的 $FeCl_3$ 溶液呈黄色。(5)转化④中生成 H 的离子方程式为 $Al^{3+} + 4OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$ 。

第 4 讲 氧化还原反应的基本概念和规律

1. D 【解析】 K_2CO_3 水解生成的 OH^- 和 NH_4Cl 电离产生的 NH_4^+ 反应产生有刺激性气味的气体 NH_3 ,没有元素化合价变化,不是氧化还原反应,A 错误;铁离子和硫氰根离子生成硫氰化铁,反应过程中没有元素化合价发生变化,不是氧化还原反应,B 错误;向苯酚钠溶液中通入 CO_2 生成苯酚和 $NaHCO_3$,反应过程中没有元素化合价发生变化,不是氧化还原反应,C 错误;新制氯水在光照条件下放置一段时间后,次氯酸分解生成氯化氢和氧气,Cl、O 元素化合价变化,是氧化还原反应,D 正确。

2. D 【解析】 $NaHSO_4$ 溶液中加入少量 $BaCl_2$ 溶液,发生反应: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons BaSO_4 \downarrow$,溶液的体积几乎不变,溶液 pH 几乎不变,A 错误;向 $NaOH$ 和 $Fe(OH)_2$ 悬浊液中通入空气,发生反应: $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4Fe(OH)_3$,消耗水而使 $c(NaOH)$ 增大,溶液 pH 增大,B 错误;向 $NaHCO_3$ 溶液中加入少量 $CuSO_4$ 溶液,生成 $Cu_2(OH)_2CO_3$ 沉淀,各元素化合价不变,发生非氧化还原反应,C 错误;向 H_2S 溶液中通入 Cl_2 ,发生反应: $H_2S + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl + S \downarrow$,生成黄色沉淀,溶液的酸性增强,溶液 pH 减小,D 正确。

3. D 【解析】在反应过程中, $KClO_3$ 中 Cl 元素由 +5 价降低为 0 价,得电子从而体现了氧化性,A 正确; HCl 中的 Cl 元素部分由 -1 价升高为 0 价,失电子发生氧化反应,部分 Cl 元素的化合价不变,体现酸性,B 正确;依据得失电子守恒的原则,氧化剂($KClO_3$)与还原剂(HCl)的物质的量之比为 1:5,C 正确; Cl_2 一部分是氧化产物,一部分是还原产物,依据得失电子守恒,还原产物与氧化产物的物质的量之比为 1:5,D 不正确。

4. B 【解析】根据 H 为 +1 价,F 为 -1 价,可知 H_2SiF_6 中 Si 元素的化合价为 +4 价,A 错误;该反应中,N 元素化合价降低, HNO_3 仅作氧化剂,B 正确;未指明 2.24 L H_2 是否处于标准状况,不能计算其物质的量及被氧化的 Si 的物质的量,C 错误;芯片硅不能和稀硝酸反应,D 错误。

5. C 【解析】 $Fe_2O_3 \xrightarrow{+3} K_2FeO_4 \xrightarrow{+6}$,Fe 元素化合价升高, Fe_2O_3 被氧化,作还原剂, $KNO_3 \xrightarrow{+5} KNO_2 \xrightarrow{+3}$,N 元素化合价降低, KNO_3 被还原,作氧化剂,生成物为还原产物,A 正确;根据氧化性:氧化剂 > 氧化产物,则氧化性: $KNO_3 > K_2FeO_4$,B 正确; $Fe_2O_3 \sim 2K_2FeO_4 \sim 6e^-$,则每生成 1 mol K_2FeO_4 ,转移 3 mol e^- ,C 错误; K_2FeO_4 具有强氧化性,在处理饮用水过程中起氧化、杀菌、脱色等作用,其还原产物 Fe^{3+} 水解生成 $Fe(OH)_3$ 胶体,具有吸附性,能达到净水的目的,D 正确。

6. C 【解析】总反应中,反应物为 H_2 和 NO ,生成物为 N_2 和 H_2O 。反应 I 为 $H_2 + 2Ce^{4+} \rightleftharpoons 2H^+ + 2Ce^{3+}$,故氧化产物与还原产物的物质的量之比为 1:1,A 正确;反应 II 的离子方程式为 $4Ce^{3+} + 4H^+ + 2NO \rightleftharpoons 4Ce^{4+} + 2H_2O + N_2$,B 正确; Ce^{4+} 为催化剂,故混合溶液内 Ce^{4+} 的物质的量不变,但产生 H_2O ,使溶液体积增大,所以 Ce^{4+} 的物质的量浓度会发生变化,C 错误;该转化过程的实质是 NO 被 H_2 还原成 N_2 ,D 正确。

7. D 【解析】根据 $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$,可知还原性:

$I^- > Fe^{2+}$ 。所以当把 Cl_2 通入 FeI_2 溶液中时, Cl_2 先氧化 I^- , 后氧化 Fe^{2+} 。根据化学式 FeI_2 , 反应时 $n(I^-) : n(Fe^{2+}) \geq 2 : 1$, D 项反应中 $n(I^-) : n(Fe^{2+}) = 1 : 1$, 说明溶液中 I^- 没有反应完全, 而 Fe^{2+} 已经反应了, 则该反应错误。

8. A 【解析】根据化合价升降守恒、原子守恒、电荷守恒, 配平离子方程式得 $2HNF_2 + 2Fe^{3+} = N_2F_4 \uparrow + 2Fe^{2+} + 2H^+$, 其中铁元素从 +3 价降到 +2 价, Fe^{3+} 发生还原反应, 作氧化剂, 氮元素从 +1 价升高到 +2 价, HNF_2 发生氧化反应, 作还原剂。反应中, Fe^{3+} 是氧化剂, N_2F_4 是氧化产物, 则 Fe^{3+} 的氧化性强于 N_2F_4 的氧化性, A 正确; 由离子方程式可知, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 1, B 错误; $N_2F_4 \sim 2e^-$, 标准状况下, 2.24 L N_2F_4 的物质的量为 $n = \frac{V}{V_m} = \frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$, 转移电子的物质的量是 $0.1 \text{ mol} \times 2 = 0.2 \text{ mol}$, C 错误; N_2F_4 中 N 和 F 的化合价与 NO 、 HF 中的相同, D 错误。

9. C 【解析】酸性条件下, Mn^{2+} 能被 $S_2O_8^{2-}$ 氧化生成 MnO_4^- , 溶液由无色变为紫红色, 故可以用该反应检验 Mn^{2+} , A 正确; 该反应中, $S_2O_8^{2-}$ 为氧化剂, Mn^{2+} 为还原剂, MnO_4^- 为氧化产物, 氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性, 则氧化性: $S_2O_8^{2-} > MnO_4^-$, B 正确; 盐酸中的 HCl 具有还原性, 能被 $S_2O_8^{2-}$ 氧化生成 Cl_2 , 故不能用盐酸作酸性介质, C 错误; MnO_4^- 是氧化产物, Mn 元素由 +2 价升高到 +7 价, 故有 0.1 mol 氧化产物生成, 则转移 0.5 mol 电子, D 正确。

10. C 【解析】该反应中, Pb 元素由 +4 价降低到 +2 价, 则 Pb_3O_4 作为氧化剂, Cl 元素由 -1 价升高到 0 价, HCl (浓) 作还原剂, Cl_2 作氧化产物, 根据氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性, 则氧化性: $Pb_3O_4 > Cl_2$, A、B 错误; 铅丹中 Pb 元素的化合价只有 +2、+4, 根据化合物中化合价代数和为 0, 则 Pb_3O_4 中 Pb^{2+} 与 Pb^{4+} 的物质的量之比为 2 : 1, C 正确; 没有说明气体所处的温度和压强, 不能计算生成氯气的体积, D 错误。

11. C 【解析】根据氧化性: 氧化剂 > 氧化产物, 由过程 I、II 可得氧化性: $O_2 > MnO_3^{2-}$ 、 $MnO_3^{2-} > S_2O_3^{2-}$, A 错误; 过程 I, 氧化剂是 O_2 , 发生转化: $O_2 \rightarrow H_2O$, 还原剂是 $Mn(OH)_2$, 发生转化: $Mn(OH)_2 \rightarrow MnO_3^{2-}$, 据得失电子守恒推知, O_2 和 $Mn(OH)_2$ 的物质的量之比为 1 : 2, B 错误; 过程 II 中, MnO_3^{2-} 与 S^{2-} 反应生成 $Mn(OH)_2$ 和 $S_2O_3^{2-}$, 离子方程式为 $4MnO_3^{2-} + 2S^{2-} + 9H_2O = S_2O_3^{2-} + 4Mn(OH)_2 \downarrow + 10OH^-$, C 正确; $S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$, 1 mol S^{2-} 失去 8 mol 电子, 而 1 mol O_2 得到 4 mol 电子, 据得失电子守恒推知, 理论上需要 O_2 的体积为 44.8 L (标准状况), D 错误。

12. C 【解析】过程 I 中 O_2 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} , O_2 为氧化剂, Fe^{3+} 为氧化产物; 过程 III 中 Fe^{3+} 氧化 CuS 生成 S , Fe^{3+} 作氧化剂, S 作氧化产物, 根据氧化剂的氧化性大于氧化产物, 可知氧化性: $S < Fe^{3+} < O_2$, A 正确。该过程总反应为 H_2S 与氧气生成 S 和 H_2O , Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 均可循环使用, B 正确。过程 II 中 Cu^{2+} 与 H_2S 反应生成 CuS , 没有价态变化, 属于非氧化还原反应, C 错误。过程 III 中 1 mol Fe^{3+} 得到 1 mol 电子生成 1 mol Fe^{2+} , 则转移 0.1 mol 电子同时生成 0.1 mol Fe^{2+} , D 正确。

13. B 【解析】标准电极电势越大, 对应氧化剂的氧化性越强, 氧化性: $Cr_2O_7^{2-} > Br_2 > Fe^{3+}$, 故 A 正确; $Cr_2O_7^{2-}$ 的氧化性低于 Co^{3+} , 所以不能通过 $Cr_2O_7^{2-}$ 氧化 Co^{2+} 得到 Co^{3+} , 该反应不会发生, 故 B 错误; Co^{3+} 的氧化性高于 I_2 , 向淀粉 KI 溶液中滴加 $CoCl_3$ 溶液, 得到 I_2 , 溶液变蓝色, 故 C 正确; 氧化性大小为 $Cl_2 > Br_2 > Fe^{3+}$, 所以氯水先氧化 Fe^{2+} 生成 Fe^{3+} , Fe^{3+} 与 SCN^- 作用, 溶液变红, 故 D 正确。

14. (1) $2CuH + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2CuCl_2 + 2HCl$ (2) H_2
(3) $CuH + 3H^+ + NO_3^- = Cu^{2+} + 2H_2O + NO \uparrow$
(4) $V_2O_5 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4 = 2VOSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2O$
(5) $1 \quad 6 \quad 3H_2O \quad 1 \quad 6 \quad 6H^+$
(6) $SO_3^{2-} > Cl^- > VO^{2+}$

【解析】(1) CuH 在氯气中燃烧, Cu 和 H 元素均被氧化, 化学方程式为 $2CuH + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2CuCl_2 + 2HCl$ 。(2) CuH 溶解在稀盐酸中, -1 价的 H 和 +1 价的 H 化合价归中生成 H_2 。(3) 把 CuH 溶解在足量的稀硝酸中生成的气体只有 NO , 说明 -1 价 H 被氧化成 +1 价得到了水, CuH 溶解在足量稀硝酸中反应的离子方程式为 $CuH + 3H^+ + NO_3^- = Cu^{2+} + 2H_2O + NO \uparrow$ 。(4) 将废钒催化剂 (主要成分为 V_2O_5) 与稀

硫酸、亚硫酸钾溶液混合, 亚硫酸钾被 V_2O_5 氧化, 充分反应后生成 VO^{2+} 等, 该反应的化学方程式是 $V_2O_5 + K_2SO_3 + 2H_2SO_4 = 2VOSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2O$ 。(5) 向上述 (4) 所得溶液中加入 $KClO_3$ 溶液, ClO_3^- 将 VO^{2+} 氧化, 根据得失电子守恒, 配平 ClO_3^- 的化学计量数为 1, VO^{2+} 的化学计量数为 6, 根据原子守恒、电荷守恒并配平离子方程式: $ClO_3^- + 6VO^{2+} + 3H_2O = Cl^- + 6VO_2^+ + 6H^+$ 。(6) V_2O_5 能与盐酸反应产生 VO^{2+} 和一种黄绿色气体, Cl^- 是还原剂, VO^{2+} 是还原产物, 该黄绿色气体是氯气, 氯气与 Na_2SO_3 溶液发生氧化还原反应, Na_2SO_3 是还原剂, 得到还原产物 Cl^- , 根据氧化还原反应中还原剂的还原性强于还原产物, 则 SO_3^{2-} 、 Cl^- 、 VO^{2+} 还原性由大到小的顺序是 $SO_3^{2-} > Cl^- > VO^{2+}$ 。

第 5 讲 氧化还原反应的配平与计算

1. D 【解析】 FeO_4^{2-} 中铁元素的化合价为 +6 价, 基态铁原子的价层电子排布为 $3d^6 4s^2$, 铁元素化合价的绝对值与基态铁原子的价层电子数不相等, A 项错误; 反应中, 铁元素化合价降低, $FeOOH$ 是还原产物, B 项错误; 未注明温度和压强, 不能确定 O_2 的物质的量, C 项错误; 配平后的离子方程式为 $4FeO_4^{2-} + 6H_2O = 4FeOOH + 3O_2 \uparrow + 8OH^-$, 则 FeO_4^{2-} 与 H_2O 的化学计量数之比为 2 : 3, D 项正确。

2. D 【解析】结合氧化还原反应原理可配平反应得 $2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$ 。该环境中, 硫杆菌可将低价硫元素氧化为 SO_4^{2-} 但不能说明 O_2 不能氧化 Fe^{2+} , A 错误; 温度过高, 硫杆菌失活, 会使该反应速率降低, B 错误; 根据化合价的变化和得失电子守恒可知, 反应中氧化剂 (O_2) 与还原剂 (FeS_2) 的物质的量之比为 7 : 2, C 错误; 该环境中, 单质 S 反应的化学方程式为 $2S + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4$, D 正确。

3. C 【解析】据氧化还原反应中得失电子守恒和电荷守恒, 将反应①配平为 $CH_3OH + 6MnO_4^- + 8OH^- = CO_3^{2-} + 6MnO_4^{2-} + 6H_2O$, A 正确; 反应①中 MnO_4^- 为氧化剂, CO_3^{2-} 是氧化产物, 则氧化性: $MnO_4^- > CO_3^{2-}$, B 正确; 由于 Cl^- 在酸性条件下可与 MnO_4^- 、 MnO_4^{2-} 发生氧化还原反应, 因此反应②中, 不能用盐酸进行酸化, C 错误; 根据氧化还原反应配平反应②为 $3MnO_4^{2-} + 4H^+ = MnO_2 \downarrow + 2MnO_4^- + 2H_2O$, 消耗 71.4 g MnO_4^{2-} , 其物质的量为 $\frac{71.4 \text{ g}}{119 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.6 \text{ mol}$, 反应中转移电子的物质的量为 $\frac{2}{3} \times 0.6 \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$, D 正确。

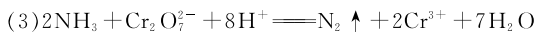
4. C 【解析】根据得失电子守恒、电荷守恒、质量守恒配平两个离子方程式如下: ① $3Cu_2S + 5Cr_2O_7^{2-} + 46H^+ = 6Cu^{2+} + 3SO_4^{2-} + 10Cr^{3+} + 23H_2O$; ② $2FeS + 3Cr_2O_7^{2-} + 26H^+ = 2Fe^{3+} + 2SO_4^{2-} + 6Cr^{3+} + 13H_2O$ 。还原剂所含元素化合价升高, 失电子, 氧化剂所含元素化合价降低, 得电子, 则反应①中 Cu_2S 为还原剂, $Cr_2O_7^{2-}$ 为氧化剂, 还原剂与氧化剂的物质的量之比为 3 : 5, 故 A 正确; 由分析可知, 用相同物质的量的 Cu_2S 和 FeS 处理 $Cr_2O_7^{2-}$ 时, Cu_2S 消耗更多 $Cr_2O_7^{2-}$, 故 B 正确; 由分析知, 处理等物质的量的 $Cr_2O_7^{2-}$ 时, 反应①和②中消耗 H^+ 的物质的量不相等, 故 C 错误; 用 FeS 处理废水, 不仅可以除去 $Cr_2O_7^{2-}$, 生成的 Fe^{3+} 在水中形成的胶体还可吸附悬浮杂质, 故 D 正确。

5. A 【解析】过程①中 NO_3^- 转化为 NO_2^- , N 元素由 +5 价下降到 +3 价, NO_3^- 体现氧化性, A 正确; 过程②中 NO_3^- 转化为 NO , 离子方程式为 $NO_3^- + 2H^+ + e^- = NO \uparrow + H_2O$, B 错误; 过程③中 NO 、 NH_4^+ 转化为 N_2H_4 , N 元素由 NO 中 +2 价降低到 -2 价, 由 NH_4^+ 中 -3 价升高到 -2 价, 由原子守恒、电荷守恒得离子方程式为 $NO + NH_4^+ + 3e^- + 2H^+ = N_2H_4 + H_2O$, c 代表的是 $2H^+ + 3e^-$, C 错误; 过程④中 N_2H_4 转化为 N_2 , N 元素化合价由 -2 价升高到 0 价, 1 mol N_2H_4 参加反应转移 4 mol 电子, D 错误。

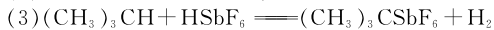
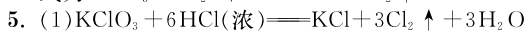
6. A 【解析】酸性 $KMnO_4$ 溶液能被 Na_2SO_3 溶液还原成 Mn^{2+} 而使溶液褪色, 发生的反应为 $2MnO_4^- + 5SO_3^{2-} + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 3H_2O$, 则有关系式: $2MnO_4^- \sim 5SO_3^{2-}$, 使 20.00 mL $1.000 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 酸性 $KMnO_4$ 溶液恰好褪色, 需消耗 25.00 mL Na_2SO_3 溶液, 则该 Na_2SO_3 溶液的物质的量浓度为 $\frac{5 \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times 1.000 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \times 25.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 2.00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

7. B 【解析】 Cl_2 通入 KOH 溶液,若反应后溶液中 $n(\text{ClO}^-):n(\text{ClO}_3^-)=5:1$,设 $n(\text{ClO}^-)=5x \text{ mol}$, $n(\text{ClO}_3^-)=x \text{ mol}$,根据得失电子守恒,得 $n(\text{Cl}^-)=\frac{5x \text{ mol} \times [(+1)-0] + x \text{ mol} \times [(+5)-0]}{[0-(-1)]}=10x \text{ mol}$,则作氧化剂的 Cl_2 为 $5x \text{ mol}$,作还原剂的 Cl_2 为 $3x \text{ mol}$,故氧化剂、还原剂的物质的量之比为 $5x \text{ mol}:3x \text{ mol}=5:3$,A 错误;氯气和 KOH 溶液反应生成 KCl 、 KClO 、 KClO_3 时,K、Cl 原子个数之比为 $1:1$, $n(\text{KOH})=2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L}=4 \text{ mol}$, $n(\text{Cl})=n(\text{K})=4 \text{ mol}$,则有 $n(\text{Cl}_2)=\frac{1}{2}n(\text{Cl})=\frac{1}{2} \times 4 \text{ mol}=2 \text{ mol}$,标准状况下, $V(\text{Cl}_2)=2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}=44.8 \text{ L}$,B 正确;反应②中,Cl 元素由 $+1$ 价变为 -1 价,Fe 元素由 $+3$ 价变为 $+6$ 价,则 KClO 是氧化剂, K_2FeO_4 是氧化产物,故氧化性: $\text{KClO} > \text{K}_2\text{FeO}_4$,C 错误; $n(\text{K}_2\text{FeO}_4)=\frac{3960 \text{ g}}{198 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}=20 \text{ mol}$,根据反应②知, $n(\text{KClO})=\frac{3}{2}n(\text{K}_2\text{FeO}_4)=30 \text{ mol}$,若反应①中 $n(\text{ClO}^-):n(\text{ClO}_3^-)=5:1$,则消耗的 $n(\text{Cl}_2)=\frac{8}{5}n(\text{KClO})=48 \text{ mol}$,D 错误。
8. A 【解析】该反应中 $5 \text{ mol H}_2\text{O}$ 中有 $2 \text{ mol H}_2\text{O}$ 发生氧化反应,生成 1 mol O_2 ,则 $0.5 \text{ mol H}_2\text{O}$ 被氧化时,生成 0.25 mol O_2 ,A 错误; 3 mol BrF_3 中作为氧化剂的 BrF_3 有 2 mol ,作为还原剂的 BrF_3 有 1 mol , $2 \text{ mol H}_2\text{O}$ 为还原剂,则氧化剂和还原剂的物质的量之比为 $2:3$,B 正确; 2 mol BrF_3 为氧化剂,得到 6 mol 电子生成 1 mol 还原产物 Br_2 ,C 正确;生成 9 mol HF 时,有 2 mol BrF_3 被还原,得到 6 mol 电子,而 BrF_3 生成 HBrO_3 失去 2 mol 电子,被 BrF_3 还原的 BrF_3 为 $\frac{2}{3} \text{ mol}$,则生成 2.7 mol HF 时,被 BrF_3 还原的 BrF_3 为 0.2 mol ,D 正确。
9. C 【解析】根据氧化还原反应得失电子守恒、电荷守恒、原子守恒,得反应 I 为 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$,反应 II 为 $5\text{NH}_4^+ + 3\text{NO}_3^- \longrightarrow 4\text{N}_2 \uparrow + 9\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ 。反应 I 中 N 元素从 -3 价升高到 $+5$ 价,氮元素只被氧化;反应 II 中 NH_4^+ 的 N 元素从 -3 价升高到 0 价, NO_3^- 的 N 元素从 $+5$ 价降低到 0 价,氮元素既被氧化又被还原,故 A 错误。反应 II 中, $4\text{N}_2 \sim 15\text{e}^-$,若 8.96 L N_2 为标准状况下,则转移电子数为 $1.5N_A$,而常温常压下 8.96 L N_2 的物质的量小于 0.4 mol ,转移电子数小于 $1.5N_A$,故 B 错误。根据反应 I, 3 mol NH_4^+ 生成 3 mol NO_3^- ,再根据反应 II, 3 mol NO_3^- 正好消耗 5 mol NH_4^+ ,故好氧菌池与厌氧菌池投入废液的体积之比为 $3:5$ 时, NH_4^+ 能完全转化为 N_2 ,故 C 正确。反应 II 中氧化剂是 NO_3^- ,还原剂是 NH_4^+ ,二者物质的量之比为 $3:5$,故 D 错误。
10. C 【解析】盐酸恰好反应生成 FeCl_2 的物质的量为 0.4 mol ,根据 Cl 原子守恒可得, $c(\text{HCl})=\frac{2 \times 0.4 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}}=8.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,A 错误; $n(\text{S})=\frac{3.2 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}=0.1 \text{ mol}$,根据转移电子守恒得 $n(\text{Fe}^{3+})=\frac{0.1 \text{ mol} \times (2-0)}{3-2}=0.2 \text{ mol}$,则 $n(\text{Fe}^{2+})=0.4 \text{ mol}-0.2 \text{ mol}=0.2 \text{ mol}$,则有 $n(\text{Fe}^{2+}):n(\text{Fe}^{3+})=0.2 \text{ mol}:0.2 \text{ mol}=1:1$,B 错误;根据 H、Cl 原子守恒可知, $n(\text{H}_2\text{S})=\frac{1}{2}n(\text{HCl})=n(\text{FeCl}_2)=0.4 \text{ mol}$,标准状况下, $V(\text{H}_2\text{S})=0.4 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}=8.96 \text{ L}$,C 正确; Fe_xS 中 $n(\text{S})=0.1 \text{ mol}+0.4 \text{ mol}=0.5 \text{ mol}$, $n(\text{Fe})=0.4 \text{ mol}$,则有 $n(\text{Fe}):n(\text{S})=0.4 \text{ mol}:0.5 \text{ mol}=0.8$,则 $x=0.8$,D 错误。
11. B 【解析】氮氧化物和 NaOH 溶液反应生成硝酸钠和亚硝酸钠,两钠盐中 N 元素的化合价分别为 $+5$ 价、 $+3$ 价,NO 中 N 元素的化合价为 $+2$ 价, NO_2 、 N_2O_4 中 N 元素的化合价为 $+4$ 价,由价态可知 NO 作还原剂,A 正确;由题意可知 0.9 mol 氮氧化物转化为钠盐的物质的量为 $0.5 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}=1 \text{ mol}$,所以混合气体中 N_2O_4 的物质的量是 0.1 mol ,B 错误;铜和硝酸反应生成硝酸铜和氮氧化物, $n(\text{Cu})=\frac{38.4}{64} \text{ mol}=0.6 \text{ mol}$,所以生成 $0.6 \text{ mol Cu}(\text{NO}_3)_2$,含有 1.2 mol NO_3^- ,氮氧化物为 0.9 mol ,与氢氧化钠恰好完全反应生成 NaNO_3 和 NaNO_2 ,根据原子守恒可知 $n(\text{Na})=n(\text{N})=n(\text{NaOH})=$

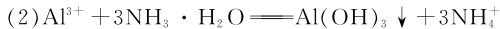
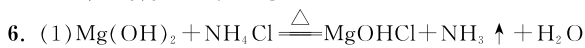
- $0.5 \text{ L} \times 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}=1 \text{ mol}$,所以 HNO_3 的总物质的量为 $1.2 \text{ mol}+1 \text{ mol}=2.2 \text{ mol}$,若浓硝酸体积为 200 mL ,则其物质的量浓度为 $c=\frac{n}{V}=\frac{2.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}}=11 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,C 正确;
- 0.9 mol 氮氧化物完全被水吸收,可知氮氧化物与氧气恰好完全反应生成硝酸,总过程可视为 Cu 与氧气、硝酸反应最终生成硝酸铜和水,根据得失电子守恒可知,转移电子物质的量为 $n(\text{e}^-)=2n(\text{Cu})=1.2 \text{ mol}$, 1 mol O_2 反应转移 4 mol 电子,则消耗 0.3 mol O_2 ,标准状况下体积为 6.72 L ,D 正确。
12. D 【解析】共价单键是 σ 键,共价三键中含有 2 个 π 键 1 个 σ 键, CN^- 中含有的 σ 键与 π 键的数目之比为 $1:2$,A 正确;根据图中信息可知 9 个 HS^- 中有 6 个来自 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$,有 3 个来自 SO_3^{2-} , 4 个 SO_3^{2-} 中只有 1 个参与形成 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $3\text{S}_2\text{O}_3^{2-}+24\text{e}^-+y\text{H}^+ \longrightarrow \text{HS}^-$,S 元素由 $+2$ 价变为 -2 价,结合电荷守恒和质量守恒配平离子方程式为 $3\text{S}_2\text{O}_3^{2-}+24\text{e}^-+24\text{H}^+ \longrightarrow 6\text{HS}^-+9\text{H}_2\text{O}$,故 $y=24$,同理,由 $\text{SO}_3^{2-}+18\text{e}^-+x\text{H}^+ \longrightarrow \text{HS}^-$ 中 S 由 $+4$ 价降为 -2 价,结合电荷守恒和质量守恒配平离子方程式为 $3\text{SO}_3^{2-}+18\text{e}^-+21\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{HS}^-+9\text{H}_2\text{O}$,故 $x=21$,B 正确; SCN^- 参与的反应为 $\text{SO}_3^{2-}+\text{SCN}^- \longrightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-}+\text{CN}^-$, SCN^- 中 S 元素由 -2 价升高为 $+2$ 价,被氧化,C 元素由 $+4$ 价降低为 $+2$ 价,被还原,故 SCN^- 既被氧化又被还原,C 正确;根据总反应历程,每生成 9 mol HS^- ,转移 44 mol e^- ,D 错误。
13. (1) $10\text{Ca}^{2+}+8\text{OH}^-+6\text{HPO}_4^{2-} \longrightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 \downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- (2) $2\text{NO}_3^-+5\text{H}_2+2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2+6\text{H}_2\text{O}$ CO_2 溶于水后呈酸性,可以提供 H^+ ,有利于 pH 维持在 $4.0 \sim 6.0$
- ② $5:1$
- 【解析】(1) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 HPO_4^{2-} 反应产生 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 沉淀和水,根据电荷守恒、原子守恒,可得该反应的离子方程式为 $10\text{Ca}^{2+}+8\text{OH}^-+6\text{HPO}_4^{2-} \longrightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 \downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。(2) ①用 Pd-Cu 作催化剂,常温下,在 pH 为 $4.0 \sim 6.0$ 的酸性条件下,具有还原性的 H_2 可以将 NO_3^- 还原为 N_2 ,反应的离子方程式为 $2\text{NO}_3^-+5\text{H}_2+2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2+6\text{H}_2\text{O}$;若 H_2 中混有 CO_2 , CO_2 溶于水反应产生的 H_2CO_3 发生电离产生 H^+ ,有利于 pH 维持在 $4.0 \sim 6.0$,便于 H_2 还原 NO_3^- 。②在 pH 约为 5 时,用纳米 Fe 粉可将 NO_3^- 还原为 N_2 ,Fe 粉被氧化为 Fe^{2+} ,根据得失电子守恒、原子守恒和电荷守恒,可得该反应的离子方程式为 $5\text{Fe}+12\text{H}^++2\text{NO}_3^- \longrightarrow 5\text{Fe}^{2+}+\text{N}_2 \uparrow +6\text{H}_2\text{O}$,可知在该反应中氧化产物 Fe^{2+} 与还原产物 N_2 的物质的量之比为 $5:1$ 。
- 素养提升练(一) 模型认知——情境型方程式的书写**
1. (1) $\text{SnO}_2+2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{SnO}_3+\text{H}_2\text{O} \uparrow$
(2) $6\text{HF}+\text{SiO}_2 \longrightarrow 2\text{H}^++\text{SiF}_6^{2-}+2\text{H}_2\text{O}$
2. (1) $\text{FeCl}_3+3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体})+3\text{HCl}$
(2) $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4+2\text{K}_2\text{CO}_3 \longrightarrow 2\text{KHC}_2\text{O}_4+\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4+2\text{H}_2\text{O}+2\text{CO}_2 \uparrow$
3. (1) $\text{NaClO}+2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4+\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$
(2) $2\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\text{O}_2+2\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+}+2\text{H}_2\text{O}$
(3) $\text{SO}_3^{2-}+2\text{NO}_2+2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-}+2\text{NO}_2^-+\text{H}_2\text{O}$
(4) $10\text{CuSO}_4+\text{P}_4+16\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4+10\text{Cu}+10\text{H}_2\text{SO}_4$
- 【解析】(1) 次氯酸钠溶液与氨反应制备联氨,氮元素化合价升高,氯元素化合价降低被还原为氯化钠,反应的化学方程式为 $\text{NaClO}+2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_4+\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ 。(2) 过氧化氢具有氧化性,会将亚铁离子氧化为铁离子: $2\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\text{O}_2+2\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+}+2\text{H}_2\text{O}$ 。(3) SO_3^{2-} 具有还原性,清液(pH 约为 8) 中的 SO_3^{2-} 将 NO_2 转化为 NO_2^- ,则亚硫酸根离子被氧化为硫酸根离子,结合质量守恒可知,氢氧根离子参与反应生成水,其离子方程式为 $\text{SO}_3^{2-}+2\text{NO}_2+2\text{OH}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-}+2\text{NO}_2^-+\text{H}_2\text{O}$ 。(4) CuSO_4 溶液能用作 P_4 中毒的解毒剂,反应可生成 P 的最高价含氧酸即磷酸和铜,根据质量守恒可知,还生成硫酸,该反应的化学方程式是 $10\text{CuSO}_4+\text{P}_4+16\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4+10\text{Cu}+10\text{H}_2\text{SO}_4$ 。
4. (1) $2\text{NH}_4\text{Cl}+\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow +\text{CaCl}_2+2\text{H}_2\text{O}$
(2) $\text{NH}_4\text{SCN}+\text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KSCN}+\text{NH}_3 \uparrow +\text{H}_2\text{O}$



【解析】(1)装置 A 中 NH_4Cl 固体和消石灰混合加热制取 NH_3 , 反应的化学方程式为 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(2) NH_4HS 完全分解后, D 中溶液含有 NH_4SCN , 继续保持液温为 105°C , 缓缓滴入适量的 KOH 溶液, 反应生成 KSCN 、 NH_3 和 H_2O , 化学方程式为 $\text{NH}_4\text{SCN} + \text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KSCN} + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。(3)装置 E 中 NH_3 被酸性 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液氧化为 N_2 , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 则被还原为 Cr^{3+} , 离子方程式为 $2\text{NH}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ = \text{N}_2 \uparrow + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

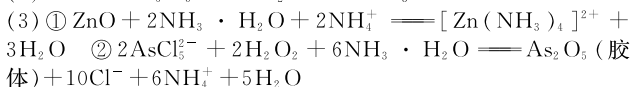
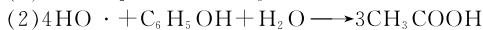
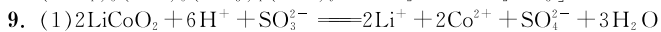
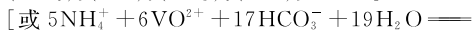
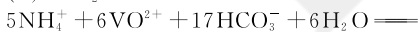
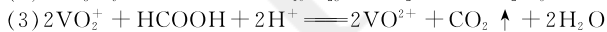
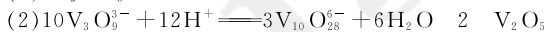
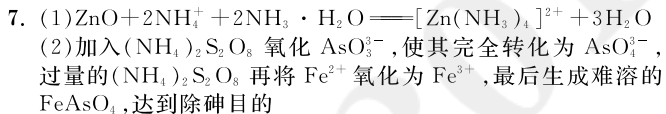


【解析】(3)由已知信息知, 异丁烷可以提供碳正离子与 F^- 结合形成卤化物, 同时 $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ 的稳定性大于 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2^+$, 反应中前者易形成卤化物, 故发生反应为 $(\text{CH}_3)_3\text{CH} + \text{HSbF}_6 = (\text{CH}_3)_3\text{CSbF}_6 + \text{H}_2$ 。



【解析】利用氢氧化镁热分解氯化铵制氨气并得到碱式氯化镁 (MgOHCl), 为了使反应产生的氨气完全导出被充分吸收, 并能防止装置 D 中的氯化铝溶液倒吸入装置 C, 反应过程中应持续通入 N_2 , 氨气极易溶于水, 碱石灰吸收水蒸气, 可以用碱石灰来干燥氨气, 氨水可以和氯化铝反应生成氢氧化铝, 用水吸收氨气进行尾气处理。(1)根据题意: 利用氢氧化镁热分解氯化铵制氨气并得到 MgOHCl , 发生的反应为 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{MgOHCl} + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。(2)氨水和氯化铝反应生成氯化铵和氢氧化铝, 反应的离子方程式为 $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ 。(3)红色物质为 Cu 或 Cu_2O 或二者混合物, 固体减少质量为减少的氧元素质量, 则减少的氧元素质量为 $8\text{ g} - 6.8\text{ g} = 1.2\text{ g}$, 而 CuO 中氧元素质量为 $8.0\text{ g} \times \frac{16}{80} = 1.6\text{ g} > 1.2\text{ g}$, 故红色固体为 Cu 、 Cu_2O 混合物, 设

二者物质的量分别为 x 、 y , 则 $x + 2y = \frac{8}{80}\text{ mol}$; $64\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times x + 144\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times y = 6.8\text{ g}$; 解得 $x = 0.05\text{ mol}$, $y = 0.025\text{ mol}$, 则转移电子为 $0.05\text{ mol} \times 2 + 0.025\text{ mol} \times 2 = 0.15\text{ mol}$, 生成的气体可直接排放到大气中, 则 NH_3 被氧化为 N_2 , C 中的化学方程式为 $4\text{CuO} + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。



【解析】(1)“沉钴”时得到 $\text{Co}(\text{OH})_2$, 可以推知反应 1 中 LiCoO_2 与 H_2SO_4 和 Na_2SO_3 反应生成 Co^{2+} 和 SO_4^{2-} , 根据得失电子守恒和电荷守恒配平离子方程式为 $2\text{LiCoO}_2 + 6\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} = 2\text{Li}^+ + 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。(2)依据流程图可知 $\text{HO} \cdot$ 除去苯酚 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) 时反应生成乙酸, 化学方程式为 $4\text{HO} \cdot + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COOH}$ 。(3)①已知: “溶浸”后浸出液中含 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 等, 则氧化锌和过量氨水、氯化铵生成 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的反应为 $\text{ZnO} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4^+ = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$; ②过氧化氢具有氧化性,

“氧化除杂”过程中 AsCl_3 和过氧化氢、过量氨水反应生成 As_2O_5 和水, 离子方程式为 $2\text{AsCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{As}_2\text{O}_5(\text{胶体}) + 10\text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+ + 5\text{H}_2\text{O}$ 。

第 6 讲 物质的量 气体摩尔体积

1. D **【解析】** CO_2 的摩尔质量为 $44\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; $1\text{ L } 0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸钾溶液中钾离子的质量为 $0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1\text{ L} \times 2 \times 39\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 39\text{ g}$, B 错误; 常温常压下, 气体摩尔体积大于 $22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $22.4\text{ L } \text{O}_2$ 含有的分子数小于 $\frac{22.4\text{ L}}{22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times N_A\text{ mol}^{-1} = N_A$, C 错误; 16 g 甲烷中含有氢

原子的总数为 $\frac{16\text{ g}}{16\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 \times N_A\text{ mol}^{-1} = 4N_A$, D 正确。

2. C **【解析】** 气体体积受温度和压强的影响, 标准状况下, 22.4 L 任何气体的物质的量均为 1 mol , A 错误; 气体摩尔体积针对的是气体, B 错误; 标准状况下, 1 mol 任何气体所占的体积均约为 22.4 L , 该气体可以是单一气体, 也可以是混合气体, C 正确; 同温同压下, 同体积的任何气体所含分子数相同, 原子数可能相同, 也可能不同, D 错误。

3. A **【解析】** 1 mol 正丁烷分子中有 13 mol 共价键, 故 0.5 mol 正丁烷分子中共价键的数目为 $6.5N_A$, A 正确; 标准状况下, 氯仿不是气体, B 错误; 1 mol 羟基 ($-\text{OH}$) 含有的电子数为 $9N_A$, C 错误; $1\text{ 个 } \text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$ 中含有 $15\text{ 个 } \text{C}$ 原子, 6.02×10^{23} 个碳原子约为 1 mol , 则含有 6.02×10^{23} 个碳原子的 $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$ 的物质的量约为 $\frac{1}{15}\text{ mol}$, D 错误。

4. A **【解析】** 常温常压下, 16 g S 的物质的量为 $\frac{16\text{ g}}{32\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5\text{ mol}$, A 正确; 标准状况下 $1\text{ mol } \text{CO}_2$ 的体积约为 22.4 L , 常温常压下 $1\text{ mol } \text{CO}_2$ 的体积大于 22.4 L , B 错误; 摩尔质量的常用单位为 “ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ”, KNO_3 的摩尔质量为 $101\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 根据化学方程式, 参加反应的 S 、 KNO_3 、 C 的物质的量之比为 $1:2:3$, D 错误。

5. C **【解析】** 溶液体积未知, 无法确定溶液中微粒数目, A 错误; N_2 与 H_2 的反应为可逆反应, 反应物不能完全转化为生成物, $1\text{ mol } \text{N}_2$ 和 $3\text{ mol } \text{H}_2$ 充分反应, 生成 NH_3 的分子数小于 $2N_A$, B 错误; CO 和 N_2 的摩尔质量均为 $28\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以 56 g 混合物中含有 2 mol 分子, CO 和 N_2 均为双原子分子, 含有 4 mol 原子, 则原子总数为 $4N_A$, C 正确; 标准状况下 $22.4\text{ L } \text{CO}_2$ 为 1 mol , 与足量的 Na_2O_2 充分反应生成 $0.5\text{ mol } \text{O}_2$, 根据 O 元素的价态变化可知转移的电子数为 N_A , D 错误。

6. B **【解析】** N_2 和 H_2 合成 NH_3 的反应为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ 。由方程式可知, 消耗 $14\text{ g } \text{N}_2$ 生成 NH_3 的分子数为 $\frac{14\text{ g}}{28\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times N_A\text{ mol}^{-1} = N_A$, 故 A 错误; 由方

程式可知, 消耗 $1\text{ mol } \text{H}_2$ 生成 $\text{N}-\text{H}$ 键数为 $1\text{ mol} \times \frac{2}{3} \times 3 \times N_A\text{ mol}^{-1} = 2N_A$, 故 B 正确; 由方程式可知, 生成标准状况下 $22.4\text{ L } \text{NH}_3$, 反应转移电子数为 $\frac{22.4\text{ L}}{22.4\text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 3 \times N_A\text{ mol}^{-1} = 3N_A$, 故 C 错误; $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 氧化 $1\text{ mol } \text{NH}_3$ 生成 NO , 需 O_2 分子数为 $1\text{ mol} \times \frac{5}{4} \times N_A\text{ mol}^{-1} = 1.25N_A$, 故 D 错误。

7. C **【解析】** NH_4N_3 中 NH_4^+ 的 N 元素的化合价为 -3 价, N_3^- 中 N 元素的化合价为 $-\frac{1}{3}$ 价, A 正确; 生成的两种气体为 N_2 和 H_2 , 两种气体的物质的量相等, 则其质量比等于摩尔质量之比, 即 $28\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} : 2\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 14 : 1$, B 正确; 分解产物质量为 28 g , 两种气体的物质的量相等, 则 $n_{\text{总}} = 2 \times \frac{28\text{ g}}{(2+28)\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{28}{15}\text{ mol}$, $M = \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}} = 15\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 同温同压下, 气体体积与物质的量成正比, 则两种气体的体积比为 $1:1$, D 正确。

8. C **【解析】** N_2 和 O_2 的摩尔质量不同, 同质量时其物质的量不同, 则所含原子数不同, A 错误; 由于压强未知, 同温度、同体积的 H_2 和 N_2 的物质的量不一定相等, 则所含原子数不一

定相等,B错误;同体积、同密度的 C_2H_4 和 C_3H_6 的质量相等,由于二者的最简式均为“ CH_2 ”,则“ CH_2 ”的物质的量相等,故所含原子数相等,C正确;由于温度未知,同压强、同体积的 N_2O 和 CO_2 的物质的量不一定相等,则所含原子数不一定相等,D错误。

9. C 【解析】1个NO分子中含有1个氧原子,1个 NO_2 分子中含有2个氧原子,则等物质的量的NO和 NO_2 中氧原子数目比为1:2,A正确;NO的摩尔质量为 $30\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, NO_2 的摩尔质量为 $46\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$,二者摩尔质量之比为15:23,B正确;根据阿伏伽德罗定律的推论可知,同温同压下,NO和 NO_2 的密度之比等于其摩尔质量之比,即15:23,C错误;根据阿伏伽德罗定律可知,常温常压下,等物质的量的NO和 NO_2 所占体积比为1:1,D正确。

10. C 【解析】恒温条件下,随压强增大,气体摩尔体积减小,微粒间距离减小,微粒间距: $B < A$,A正确;A、B两点的温度相同,压强: $B > A$,故恒温加压可实现 $A \rightarrow B$,B正确;B、C两点压强相同,气体摩尔体积与温度成正比,则 $T_1 > T_2$,温度: $C > B$,恒压升温可实现 $B \rightarrow C$,C错误;一定量的理想气体分子数相同,决定气体摩尔体积的主要因素是微粒间距,D正确。

11. C 【解析】根据 $M = \rho V_m$,同温同压下气体密度之比和气体摩尔体积之比相同,则两容器中气体平均摩尔质量相同,A错误;同温同压下Y的体积小,所含分子数少,但 CH_4 中的原子数多,又会使原子总数增加,两容器中所含原子数无法比较,B错误;CO和 N_2 的摩尔质量相等,则 N_2 在Y中的含量可以是任意值,但 CH_4 和 O_2 的平均摩尔质量必须与CO的摩尔质量相等,设 CH_4 、 O_2 的物质的量分别为x、y,则 $16\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times x + 32\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times y = 28\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times (x + y)$, $\frac{x}{y} = \frac{1}{3}$, CH_4 、 O_2 质量比为 $\frac{1 \times 16}{3 \times 32} = 1:6$,C正确;恒压

下,升温引燃Y中气体后水为气态, $CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2 + 2H_2O$,气体总质量和总物质的量都不变,根据阿伏伽德罗定律的推论可知气体的体积随温度升高而增大,则密度减小,D错误。

12. B 【解析】由 $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{光}} CH_3Cl + HCl$ 可知,若只发生该反应,0.1 mol Cl_2 完全消耗,参与反应的 CH_4 分子数目为 $0.1N_A$,但生成的 CH_3Cl 会继续与 Cl_2 反应,导致实际消耗的 CH_4 分子数目小于 $0.1N_A$,A错误;1个 CH_4 分子和1个 H_2O 分子都含10个电子,1.6 g CH_4 和1.8 g H_2O 均为0.1 mol,故含有的电子数目均为 N_A ,B正确;反应生成含有多种成分的混合物,生成物中只有 CH_3Cl 、 HCl 为气体, CH_2Cl_2 、 $CHCl_3$ 和 CCl_4 都是液体,会使气体的体积减小,C错误;该取代反应中,氯气分子中的氯原子有一半转化为 HCl ,另一半存在于有机物中形成“C—Cl”,D错误。

13. A 【解析】未指明是否在标准状况下,无法计算阳极生成的22.4 L气体的物质的量,A错误; CO_2 和 N_2O 的摩尔质量均为 $44\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$,且两者中每个分子均含22个电子,故4.4 g (0.1 mol) CO_2 和 N_2O 的混合气体中含有 $2.2N_A$ 个电子,B正确;含有氢原子数为 $0.4N_A$ 的 CH_3OH 的物质的量为0.1 mol,每个 CH_3OH 分子中含有3个C—H,故0.1 mol CH_3OH 分子中含 $0.3N_A$ 个C—H,C正确;常温下,pH=13的 $Ba(OH)_2$ 溶液中 OH^- 浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,1.0 L该溶液中含有0.1 mol OH^- ,含有的 OH^- 数目为 $0.1N_A$,D正确。

14. C 【解析】当隔板静止时,代表隔板两侧气体的压强相等,容器恒温,所以处于同温同压的环境,A正确;气体密度 $\rho = \frac{m}{V}$,通入容器中的三种气体的质量相等,A中气体密度比C中气体密度大,即气体X密度大于气体Y,则气体体积: $V(X) < V(Y)$,B正确;同温同压下,气体的密度比等于其摩尔质量比,已知A中气体密度比C中气体密度大,即气体X密度大于气体Y,则气体的摩尔质量: $M(X) > M(Y)$,C错误;同温同压下,气体的分子数之比=气体的物质的量之比=气体的体积之比,气体X的体积小于气体Y的体积,则分子数目: $N(X) < N(Y)$,D正确。

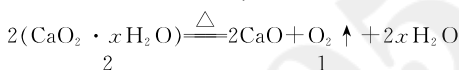
15. (1) $32\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (2) $0.4N_A$
(3) ①8.4 g ②6.72 L ③4.2 N_A
【解析】(1) 8.96 L 标准状况下混合气体的总物质的量 $n = \frac{8.96\text{ L}}{22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.4\text{ mol}$,混合气体的质量是12.8 g,故该混

合气体的平均摩尔质量为 $M = \frac{12.8\text{ g}}{0.4\text{ mol}} = 32\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

(2) 每个 CO 、 CO_2 分子中都含1个碳原子,混合气体的总物质的量是0.4 mol,则混合气体中碳原子的物质的量为0.4 mol,其中含有的碳原子数为 $0.4N_A$ 。(3) ①气体通过NaOH溶液时 CO_2 被吸收,通过浓硫酸时水蒸气被吸收,最后收集在气球中的气体为 CO 。根据题意可列式: $n(CO) + n(CO_2) = 0.4\text{ mol}$, $28\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times n(CO) + 44\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times n(CO_2) = 12.8\text{ g}$,解得 $n(CO) = 0.3\text{ mol}$, $n(CO_2) = 0.1\text{ mol}$,故气球中收集到的 CO 的质量为 $m(CO) = 0.3\text{ mol} \times 28\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 8.4\text{ g}$;②根据气球中收集到的 CO 的物质的量是0.3 mol,其在标准状况下体积为 $V(CO) = 0.3\text{ mol} \times 22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1} = 6.72\text{ L}$;③每个 CO 分子中含14个电子,气球中收集到的 CO 气体的物质的量是0.3 mol,则其中所含电子的物质的量为 $n(e^-) = 0.3\text{ mol} \times 14 = 4.2\text{ mol}$,故其中含有的电子总数为 $4.2N_A$ 。

16. (1) 0.06 mol (2) ①0.56 g ② $\frac{1}{2}$

【解析】(1) $n(O_2) = \frac{0.672\text{ L}}{22.4\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.03\text{ mol}$,



$n(CaO_2 \cdot xH_2O) = 0.03\text{ mol}$
解得 $n(CaO_2 \cdot xH_2O) = 0.06\text{ mol}$ 。

(2) 生成 $CaCO_3$ 的物质的量为 $n(CaCO_3) = \frac{7.0\text{ g}}{100\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.07\text{ mol}$ 。①根据Ca原子守恒,结合(1)中信息,可知5.42 g样品中含 $n(CaO) = 0.07\text{ mol} - 0.06\text{ mol} = 0.01\text{ mol}$,所以样品中 $m(CaO) = 0.01\text{ mol} \times 56\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} = 0.56\text{ g}$ 。②5.42 g样品中水的质量为 $m(H_2O) = 5.42\text{ g} - m(CaO_2) - m(CaO) = 5.42\text{ g} - 0.06\text{ mol} \times 72\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} - 0.56\text{ g} = 0.54\text{ g}$,所以 $n(H_2O) = \frac{0.54\text{ g}}{18\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.03\text{ mol}$,则 $x = \frac{n(H_2O)}{n(CaO_2)} = \frac{0.03\text{ mol}}{0.06\text{ mol}} = \frac{1}{2}$ 。

第7讲 物质的量浓度及溶液的配制

1. C 【解析】将0.1 mol NH_3 充分溶解在1 L水中,所得溶液的体积不是1 L,故不能得到 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液,A错误;将10 g质量分数为98%的硫酸与990 g水混合,不知所配溶液的密度,无法求算其物质的量浓度,B错误;25.0 g胆矾的物质的量为0.1 mol,将其溶于水配成1 L溶液,所得溶液的物质的量浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,C正确;将10 mL $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸与90 mL水充分混合,不同液体混合后的体积不等于两液体体积在数值上的简单相加,D错误。

2. C 【解析】只有溶液浓度,缺少溶液体积,不能计算微粒数目,A错误;50 mL $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的KCl溶液中 Cl^- 的浓度为 $c(Cl^-) = 1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,100 mL $0.25\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $MgCl_2$ 溶液中, Cl^- 物质的量浓度为 $c(Cl^-) = 0.25\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 2 = 0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,两种溶液中 Cl^- 物质的量浓度不相等,B错误;溶液在稀释前后溶质的物质的量不变,根据稀释公式,可得稀释后溶质的物质的量浓度为 $c = \frac{1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 10\text{ mL}}{100\text{ mL}} = 0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,C正确;在同一温度下,同一物质的溶解度不变,则其形成的饱和溶液浓度不变,20℃时, $0.023\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钙饱和溶液中加入5 g生石灰, CaO 与水反应生成 $Ca(OH)_2$,再恢复至20℃,溶质的物质的量浓度将不变,D错误。

3. A 【解析】某结晶水合物的化学式为 $R \cdot nH_2O$,该晶体中含有R的质量为 $a\text{ g} \times \frac{M-n \times 18}{M}$,故饱和溶液中溶质的质量分数为 $\frac{a(M-18n)}{M(a+b)} \times 100\%$,A错误;该溶液中溶质的物质的量

浓度为 $\frac{\frac{a}{M}\text{ mol}}{V \times 10^{-3}\text{ L}} = \frac{1000a}{MV}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,该物质的溶解度为 $\frac{a(M-n \times 18)}{M} \times 100 = \frac{100(aM-18na)}{18na+bM}\text{ g}$,该溶液的密度为 $\frac{18na}{M} + b$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(a+b)g}{V \text{ mL}} = \frac{a+b}{V} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}, \text{B、C、D 正确。}$$

4. D 【解析】由于 H_2CO_3 的酸性强于 HClO , 密封保存的目的是防止 NaClO 溶液吸收 CO_2 生成 HClO , HClO 不稳定, 易分解, A 项错误; 该“84”消毒液的总质量为 252.50 g , B 项错误; 该“84”消毒液的密度为 $\frac{252.50 \text{ g}}{250 \text{ mL}} = 1.01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, C 项错误; 该“84”消毒液中氯含量为 5.00% , 据 Cl 元素守恒推知, $n(\text{Cl}) = \frac{252.50 \text{ g} \times 5.00\%}{35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.3556 \text{ mol}$, 则有 $c(\text{Cl}) = \frac{0.3556 \text{ mol}}{0.25 \text{ L}} \approx 1.42 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 项正确。

5. B 【解析】称量 5.3 g Na_2CO_3 固体时, 使用了游码, 要将药品放入托盘天平的左盘, 砝码放入右盘, ①错误; 定容时, 眼睛要与刻度线相平, ⑥错误; 摇匀时, 要上下颠倒容量瓶, 不是上下来回摇动, ⑦错误。

6. B 【解析】先将固体或浓溶液放在烧杯中溶解或稀释, 冷却后转移到一定规格的容量瓶中, 再洗涤、定容、摇匀, 装瓶贴标签, A 错误; 向容量瓶转移液体时, 玻璃棒可以接触容量瓶内壁, 玻璃棒下端靠在刻度线以下, B 正确; 溶液转移到容量瓶后, 烧杯内壁及玻璃棒要用蒸馏水洗涤并将洗涤液转移到容量瓶中, C 错误; 配制一定物质的量浓度溶液, 定容时俯视刻度线, 溶液体积偏小, 所配溶液浓度偏高, D 错误。

7. C 【解析】定容时要加入蒸馏水, 因此容量瓶中原有少量蒸馏水, 所得溶液的浓度不变, A 错误; 定容时, 俯视容量瓶中液体的凹液面, 定容结束时, 液面最低点低于刻度线, 则所得溶液的浓度偏大, B 错误; $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} \times 142 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 14.2 \text{ g}$, 称量 Na_2SO_4 固体时, 药品与砝码位置放反了, 且 1 g 以下用游码, 则称取 Na_2SO_4 固体的质量减小, 故所配得溶液的浓度偏小, C 正确; 32.2 g $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的物质的量为 0.1 mol , 溶于少量水中, 再配成 100 mL 溶液, 则有 $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 错误。

8. (1)500 (2)D (3)10.0 cd C
(4)①偏大 ②偏小 ③无影响 ④无影响

【解析】(1)容量瓶的规格应等于或稍大于配制溶液的体积, 实验室没有 480 mL 容量瓶, 所以应选 500 mL 容量瓶。(2)框中的操作为将蒸馏水注入容量瓶, 该操作应在使用胶头滴管定容之前, 即应在④与⑤之间, 故答案为 D。(3)配制 500 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液需要 NaOH 的质量为 $0.5 \text{ L} \times 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10.0 \text{ g}$; NaOH 具有腐蚀性且易潮解, 应放在烧杯内称量, 计算可得 NaOH 与烧杯的总质量为 $10.0 \text{ g} + 23.1 \text{ g} = 33.1 \text{ g}$, 故应选择 20 g 与 10 g 的砝码, 即选择 c 和 d; 由表中数据可知, 最小的砝码为 5 g , 游码的最大刻度为 5 g , 所以游码应在 3.1 的位置, 故选 C。(4)①定容时, 俯视刻度线, 溶液的体积偏小, 所配制溶液的浓度偏大; ②转移溶液的过程中, 少量液体溅出来, 溶质的物质的量偏小, 所配制溶液的浓度偏小; ③容量瓶使用时未干燥, 溶质的物质的量和溶液的体积都不变, 所以对配制溶液的浓度无影响; ④定容摇匀后溶液的凹液面低于刻度线, 是因为部分溶液附着在瓶壁上, 对溶液的浓度无影响。

9. D 【解析】设该 +2 价金属氯化物为 RCl_2 , 其摩尔质量为 $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 其物质的量为 $\frac{m}{M} \text{ mol}$; 溶于水配制 $V \text{ L}$ 溶液, 则有 $c(\text{RCl}_2) = \frac{m}{MV} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cl}^-) = \frac{2m}{MV} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。取出 $\frac{1}{2}V \text{ L}$, 加水稀释到 $V \text{ L}$, Cl^- 的物质的量浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 据此可得 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \text{ L} = \frac{1}{2}V \text{ L} \times \frac{2m}{MV} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则有 $M = \frac{m}{cV}$, 故金属原子的相对原子质量为 $\frac{m}{cV} - 71$ 。

10. C 【解析】少量 Cl_2 通入 NaOH 稀溶液, 发生的反应为 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$, 溶液中含有 Na^+ 、 Cl^- 、 ClO^- 、 OH^- 四种离子, 根据方程式可知 $c(\text{ClO}^-) = c(\text{Cl}^-) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 根据溶液呈电中性, $c(\text{OH}^-) = (c(\text{Na}^+) - c(\text{Cl}^-) - c(\text{ClO}^-)) = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

11. D 【解析】未达到反应终点前, 溶液为无色, 当 ClO^- 消耗完后, 生的 IO_3^- 与 I^- 反应, 生成的碘单质使淀粉变蓝, 达到滴定终点, 则有 $n(\text{NaClO}) = 3n(\text{KI}) = 3 \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times$

$$0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.006000 \text{ mol}, \text{故 } c(\text{NaClO}) = \frac{0.006000 \text{ mol}}{0.01000 \text{ L}} = 0.6000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

12. (1)AC (2)玻璃棒、 100 mL 容量瓶、胶头滴管 0.096
(3)①恢复到室温再读数; ②调节量筒高度, 使量筒内的液面与集气瓶内的液面相平; ③读数时视线应与量筒中液体的凹液面最低处保持相平(任写两点即可)
(4)0.25V

【解析】(2)步骤①用浓盐酸配制 100 mL $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸时, 需用量筒量取浓盐酸, 在烧杯中稀释, 要用玻璃棒不断搅拌, 将溶液转移到 100 mL 容量瓶中, 最后定容时要用到胶头滴管。步骤③中 Mg 与盐酸发生的反应为 $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$, 8.0 mL $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中 $n(\text{HCl}) = 8.0 \times 10^{-3} \text{ L} \times 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 8.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 完全反应时消耗 Mg 的物质的量为 $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 其质量为 $m(\text{Mg}) = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.096 \text{ g}$ 。(4) HCl 完全反应时生成 $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ H_2 , 实验中收集到 $V \text{ mL}$ H_2 , 则该条件下的气体摩尔体积为 $V_m = \frac{V \times 10^{-3} \text{ L}}{4.0 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 0.25V \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

素养提升练(二) 宏微辨析—— N_A 的综合应用

1. A 【解析】 2.8 g Fe 的物质的量为 0.05 mol , 100 mL $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液中 H^+ 和 Cl^- 的物质的量均为 0.3 mol , Fe 和 HCl 发生反应后, Fe 完全溶解, 而盐酸过量。 Fe 完全溶解生成 Fe^{2+} , 该反应转移电子 0.1 mol , A 正确; HCl 溶液中 Cl^- 的物质的量为 0.3 mol , 则 Cl^- 数为 $0.3N_A$, B 不正确; ^{56}Fe 的质子数为 26、中子数为 30, 2.8 g ^{56}Fe 的物质的量为 0.05 mol , 则中子数为 $1.5N_A$, C 不正确; 反应生成 H_2 的物质的量为 0.05 mol , 在标准状况下的体积为 1.12 L , D 不正确。
2. D 【解析】 AlCl_3 为共价化合物, 在熔融状态下不能发生电离, 不含 Al^{3+} , A 错误; 标准状况下, SO_3 为非气体, 不能计算 11.2 L SO_3 的物质的量, B 错误; 题目未指明溶液的体积, 无法计算 K^+ 的个数, C 错误; 1 个 H_2O 中含有 2 个 $\text{H}-\text{O}$, 18 g H_2O 为 1 mol , 则含有共价键的数目为 $2N_A$, D 正确。
3. C 【解析】1 个 $\text{CH}=\text{CH}$ 分子中含有 2 个碳氢单键和 1 个碳碳三键, 则 1 mol $\text{CH}=\text{CH}$ 中含有的共用电子对的数目为 $5N_A$, A 错误; 只有溶液的浓度, 缺少溶液的体积, 不能计算微粒数目, B 错误; 羟基($-\text{OH}$)和 OH^- 的质子数均为 9, 1.7 g 羟基($-\text{OH}$)和 1.7 g OH^- 中含有的质子数均为 $0.9N_A$, C 正确; $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20 \times 10^{-3} \text{ L} = 0.36 \text{ mol}$, 若 0.36 mol H_2SO_4 完全反应, 则转移的电子数为 $0.36N_A$, 但随着反应的进行, 浓硫酸变成稀硫酸, 稀硫酸与铜不反应, 故转移的电子数小于 $0.36N_A$, D 错误。
4. C 【解析】 NaHSO_4 由 Na^+ 和 HSO_4^- 构成, 其中的阳离子只有 Na^+ , 12 g NaHSO_4 的物质的量为 0.1 mol , 只含有 $0.1N_A$ 个阳离子, A 错误; 没有指明气体的温度和压强, 无法确定 11.2 L 乙烷和丙烯的混合气体的物质的量, B 错误; CH_4 分子中有 6 个中子, 8 g CH_4 的物质的量为 0.5 mol , 含有的中子数为 $3N_A$, C 正确; H_2 和 I_2 发生反应生成 HI , 该反应是可逆反应, 反应物不能完全转化为生成物, 充分反应后, HI 分子总数小于 $0.2N_A$, D 错误。
5. A 【解析】 H_2O_2 的结构式为 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$, 17 g H_2O_2 为 0.5 mol , 则含非极性键为 $0.5N_A$, A 正确; 未指明 $\text{pH}=1$ 的 HCl 溶液的体积, 不能确定含有 H^+ 数目, B 错误; BaCl_2 晶体由 Ba^{2+} 、 Cl^- 构成, 0.1 mol BaCl_2 晶体所含离子总数为 $0.3N_A$, C 错误; 生成 2.33 g BaSO_4 沉淀(即 0.01 mol)时, S 元素由 +4 价变为 +6 价, 故转移电子数为 $0.02N_A$, D 错误。
6. C 【解析】1 个 CO_2 分子含有 2 个 π 键, 题中没有说明是标准状况下, 气体摩尔体积未知, 无法计算 π 键个数, A 项错误; 由方程式可知, 每生成 1 mol N_2 转移 12 mol 电子, 2.8 g N_2 的物质的量 $n = \frac{m}{M} = \frac{2.8 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$, 则转移的电子数为 $1.2N_A$, B 项错误; KNO_3 晶体含有的离子为 K^+ 、 NO_3^- , 0.1 mol KNO_3 含离子数目为 $0.2N_A$, C 项正确; 因为 S^{2-} 水解使溶液中 S^{2-} 的数目小于 $0.1N_A$, D 项错误。
7. D 【解析】常温常压下, 气体摩尔体积大于 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 22.4 L CO_2 中含有的 σ 键数目大于 $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 2N_A$, A 错误; 碳酸根离子在溶液中水解使溶

液呈碱性,则室温下,1 L 0.1 mol · L⁻¹ 碳酸钠溶液中碳酸根离子的数目小于 0.1 mol · L⁻¹ × 1 L × N_A mol⁻¹ = 0.1 N_A, B 错误;缺溶液的体积,无法计算 pH 为 2 的氢氟酸中氢离子的物质的量和氢离子的数目, C 错误;1 个水分子的电子数为 10,则常温常压下,18 g 水分子中含有的电子数为 $\frac{18 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 10 \times N_A \text{ mol}^{-1} = 10 N_A$, D 正确。

8. D 【解析】晶体硅中每个硅原子与周围的 4 个硅原子形成 4 个共价键,由均摊法可知,每个硅原子占有 2 个共价键,28 g 晶体 Si 为 1 mol,则含有 Si—Si 的数目为 2 N_A, A 错误;100 g 质量分数为 17% 的 H₂O₂ 水溶液中 H₂O₂ 的物质的量为 0.5 mol, H₂O₂ 的结构式为 H—O—O—H,故 0.5 mol H₂O₂ 含有极性键的数目为 N_A,但是溶剂水分子也含有极性键, B 错误;SO₂ 与 O₂ 的反应为可逆反应,不能计算参加反应的 SO₂ 物质的量,故无法计算转移的电子数, C 错误;重水(D₂O) 的摩尔质量为 20 g · mol⁻¹,1 个 D₂O 中含有质子数为 10, 18 g D₂O 中含有的质子数为 $\frac{18 \text{ g}}{20 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 10 N_A \text{ mol}^{-1} = 9 N_A$, D 正确。

9. B 【解析】该甲酸溶液的体积未知,无法计算氢离子数目, A 错误;甲酸甲酯中甲基碳原子和形成两个单键的氧原子采用 sp³ 杂化,则 0.5 mol 甲酸甲酯中采用 sp³ 杂化的原子数目为 N_A, B 正确;50 g 质量分数为 64% 的甲醇水溶液中, m(CH₃OH) = 32 g, m(H₂O) = 18 g,二者均为 1 mol,1 mol CH₃OH 中 σ 键数目为 5 N_A,1 mol H₂O 中 σ 键数目为 2 N_A,故 50 g 该溶液中 σ 键数目为 7 N_A, C 错误;标准状况下,甲醇为液体,不能计算 22.4 L 甲醇的物质的量, D 错误。

10. B 【解析】NH₄F 中 N—H 以共价键结合,1 mol NH₄F 含有共价键的物质的量为 4 mol,故 A 错误;H₂O₂ 的结构式为 H—O—O—H,每个氧原子有 2 个孤电子对、2 个 σ 键,采用 sp³ 杂化, H₂O₂ 的结构式为 H—O—H,氧原子有 2 个孤电子对、2 个 σ 键,采用 sp³ 杂化,过氧化氢溶液中除 H₂O₂ 外,还有 H₂O,100 g 质量分数为 17% 的 H₂O₂ 溶液中, sp³ 杂化原子的物质的量为 $\frac{100 \text{ g} \times 17\%}{34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 + \frac{100 \text{ g} \times 83\%}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1 \approx 5.6 \text{ mol}$,数目约为 5.6 N_A,故 B 正确;NO 与 O₂ 发生反应 2NO + O₂ = 2NO₂,反应后分子总物质的量为 (0.5 + 0.25) mol = 0.75 mol, NO₂ 中存在 2NO₂ ⇌ N₂O₄,因此混合后分子总物质的量小于 0.75 mol,故 C 错误;乙二醇的结构简式为 HOCH₂CH₂OH,其中 sp³ 杂化的原子是 C 和 O, 31 g 乙二醇中 sp³ 杂化原子的物质的量为 $\frac{31 \text{ g}}{62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 = 2 \text{ mol}$,故 D 错误。

11. C 【解析】S²⁻ 会发生水解,2 L 0.5 mol · L⁻¹ Na₂S 溶液中含 S²⁻ 的数目小于 N_A, A 错误;5.6 L CO₂ (标准状况下) 为 0.25 mol,含电子数目为 5.5 N_A, B 错误;Na₂S₂O₃ 中含有硫磺非极性键,15.8 g Na₂S₂O₃ 为 0.1 mol,含非极性共价键的数目为 0.1 N_A, C 正确;SO₂ 中 S 元素的化合价由 +4 价降低到 +2 价,1 mol SO₂ 完全参加反应,转移电子数为 2 N_A, D 错误。

12. C 【解析】HCl 在水中完全电离,不存在 HCl 分子, A 错误;核反应方程式必须遵循核电荷数和质量数守恒,即可推算出 A = 36, Z = 89,1 mol ${}^A_Z\text{M}$ 中含中子数为 (89 - 36) N_A = 53 N_A, B 错误;由得失电子数目守恒可知,1 mol Zn 与稀硫酸反应生成 1 mol 氢气,与浓硫酸反应生成 1 mol SO₂,则 0.25 mol Zn 与一定量浓硫酸反应后完全溶解时,无论是生成 SO₂ 还是 H₂,或其混合气体,气体的分子数均为 0.25 mol × N_A mol⁻¹ = 0.25 N_A, C 正确;1 L 1 mol · L⁻¹ CH₃COONa 溶液中 n(Na⁺) = 1 mol,根据电荷守恒可得 n(CH₃COO⁻) + n(OH⁻) = n(Na⁺) + n(H⁺),则 CH₃COO⁻ 与 OH⁻ 数目之和大于 N_A, D 错误。

13. B 【解析】NaHSO₄ 晶体由 Na⁺ 和 HSO₄⁻ 构成,12 g NaHSO₄ 的物质的量为 0.1 mol,则阴离子所带电荷数为 0.1 N_A, A 错误;标准状况下,2.24 L CH₃Cl 的物质的量为 0.1 mol,则含有共价键的数目为 0.4 N_A, B 正确;25 °C 时, pH = 13 的 Ba(OH)₂ 溶液中 c(OH⁻) = 0.1 mol · L⁻¹, c(Ba²⁺) = 0.05 mol · L⁻¹,则 1 L 该溶液中含 Ba²⁺ 数目为 0.05 N_A, C 错误;I⁻ 的还原性强于 Fe²⁺,0.1 mol FeI₂ 与 0.1 mol Cl₂ 反应时,发生反应: 2I⁻ + Cl₂ = 2Cl⁻ + I₂,转移电子的数目为 0.2 N_A, D 错误。

14. C 【解析】CO₂ 的结构式为 O=C=O,1 个 CO₂ 分子中含有 4 个共用电子对,22 g CO₂ 为 0.5 mol,则所含共用电子对数目为 2 N_A, A 错误;1 个 CH₄ 中含有 10 个质子和 6 个中子,则 1 mol CH₄ 中含有 10 N_A 个质子和 6 N_A 个中子, B 错误;标准状况下 22.4 L CH₄ 为 1 mol,途径 2 生成 CH₄ 的过程中 C 元素化合价由 +4 价下降到 -4 价,反应转移电子数为 8 N_A, C 正确;未说明所得产物的物质的量,无法计算形成共价键数目, D 错误。

15. D 【解析】1 个 CO₂ 分子中含 22 个电子,标准状况下 5.6 L CO₂ 为 0.25 mol,含电子的数目为 5.5 N_A, A 错误;不确定乙醇的物质的量,不能计算其共价键数目, B 错误;乙醇和乙酸发生的酯化反应是可逆反应,不能进行到底,故生成乙酸乙酯分子数小于 0.1 N_A, C 错误;电催化过程中由 CO₂ 生成乙醇的过程中碳元素由 +4 价降低到 -2 价,故每生成 1 mol 乙醇分子,转移电子的数目为 12 N_A, D 正确。

16. B 【解析】1 mol 苯胺分子中含有 1 mol —NH₂, N—H 的数目为 2 N_A, A 错误;LiH 中 H 显 -1 价,反应时生成 H₂,故反应 1 mol LiH 电子转移数目为 N_A, B 正确;1 个 —NH₂ 含有 9 个电子,则 1 mol —NH₂ 中含电子数目为 9 N_A, C 错误;题目未指明 22.4 L 苯所处的温度和压强,不能计算其物质的量及消耗 H₂ 的量, D 错误。

素养提升练(三) 模型认知—— 化学计算的常用方法

1. 0.100 0 mol · L⁻¹

【解析】由得失电子守恒知,FeO 中 +2 价 Fe 所失电子的物质的量与 Cr₂O₇²⁻ 中 +6 价 Cr 所得电子的物质的量相等, $\frac{1.08 \text{ g}}{72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times (3 - 2) = 0.025 \text{ mol} \times c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \times (6 - 3) \times 2$,得 c(Cr₂O₇²⁻) = 0.100 0 mol · L⁻¹。

2. (1) 0.060 0 (2) C₄H₆O₆

计算过程: n(H) = 0.060 0 mol × 2 = 0.120 mol,

$n(\text{C}) = \frac{30.00 \text{ g} - 26.48 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.080 0 \text{ mol}$,

$n(\text{O}) = \frac{3.00 \text{ g} - 0.0800 \text{ mol} \times 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} - 0.120 \text{ mol} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$

= 0.120 mol,有机物的最简式为 C₂H₃O₃,由相对分子质量为 150 得其分子式为 C₄H₆O₆。

【解析】根据表格数据, m(H₂O) = 1.08 g, n(H₂O) =

$\frac{1.08 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.060 0 \text{ mol}$, m(CO₂) = 3.52 g, n(CO₂) = $\frac{3.52 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.080 0 \text{ mol}$,则 3.00 g 有机物中 m(O) = (3.00 - 0.060 0 × 2 × 1 - 0.080 0 × 12) g = 1.92 g, n(O) = $\frac{1.92 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.120 \text{ mol}$,则该有机物中 n(C) : n(H) :

n(O) = 2 : 3 : 3,分子式设为 (C₂H₃O₃)_n,则 75n = 150, n = 2,该有机物分子式为 C₄H₆O₆。

3. (1) 加入最后半滴 KIO₃ 标准溶液,溶液由无色变为蓝色,且半分钟内不褪色 IO₃⁻ + 5I⁻ + 6H⁺ = 3I₂ + 3H₂O

(2) 47.60

【解析】(1) 滴定过程中 IO₃⁻ 被还原为 I⁻,当 Sn²⁺ 反应完全后,再滴入 KIO₃ 溶液, IO₃⁻ 和 I⁻ 在酸性条件下发生反应生成 I₂: IO₃⁻ + 5I⁻ + 6H⁺ = 3I₂ + 3H₂O,淀粉遇碘单质变蓝色,故终点时的现象是加入最后半滴 KIO₃ 标准溶液,溶液由无色变为蓝色,且半分钟内不褪色。(2) 滴定过程中发生反应: 3Sn²⁺ + IO₃⁻ + 6H⁺ = 3Sn⁴⁺ + I⁻ + 3H₂O,则有 n(Sn²⁺) = 3n(KIO₃) = 3 × 0.020 00 L × 0.100 0 mol · L⁻¹ = 0.006 000 mol,1.500 g 产品中锡元素的质量分数为

$\frac{0.006 000 \text{ mol} \times 119 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.500 \text{ g}} \times 100\% = 47.6\%$ 。

4. (1) 40 (2) 5.2

【解析】由最后 KMnO₄ 溶液滴定多余的 Na₂C₂O₄ 溶液,可求出剩余 Na₂C₂O₄ 的量与水样消耗 KMnO₄ 溶液后剩余 KMnO₄ 的量,从而求出水样消耗 KMnO₄ 的量,再转化为 O₂ 的量即可算出该水样中的 COD。

(1) 由得失电子守恒可知, 5O₂ ~ 4KMnO₄,则 1 mol KMnO₄ 的氧化能力与 1 mol × $\frac{5}{4}$ = 1.25 mol O₂ 的氧化能力相当,即

与 $1.25 \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 40 \text{ g O}_2$ 的氧化能力相当。(2)根据方程式可知 $2\text{KMnO}_4 \sim 5\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 剩余 KMnO_4 的物质的量为 $0.005 000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10.00 \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{2}{5} - 6.500 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0.002 000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 7.000 \times 10^{-6} \text{ mol}$, 则水样消耗 KMnO_4 的物质的量为 $0.010 00 \text{ L} \times 0.002 000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 7.000 \times 10^{-6} \text{ mol} = 1.300 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 又由得失电子守恒可知, $5\text{O}_2 \sim 4\text{KMnO}_4$, 则 $n(\text{O}_2) = 1.300 \times 10^{-5} \text{ mol} \times \frac{5}{4} = 1.625 \times 10^{-5} \text{ mol}$, $m(\text{O}_2) = 1.625 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.2 \times 10^{-4} \text{ g} = 0.52 \text{ mg}$, 则该水样的 COD 值为 $\frac{0.52 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 5.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

5. 2 根据 Ba 原子守恒, $n(\text{Ba}) = n(\text{BaSO}_4) = \frac{1.165 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.005 \text{ mol}$, 则 $m(\text{BaCl}_2) = 0.005 \text{ mol} \times 208 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.04 \text{ g}$, $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \sim \text{BaCl}_2 \sim x\text{H}_2\text{O}$

208	18x
1.04 g	(1.222 - 1.04) g

$$\frac{208}{18x} = \frac{1.04 \text{ g}}{(1.222 - 1.04) \text{ g}}, \text{解得 } x \approx 2$$

【解析】加入适量稀盐酸溶解样品, 再加入稀硫酸至沉淀完全, 得到的沉淀为硫酸钡, 质量为 1.165 g , 物质的量 $= \frac{1.165 \text{ g}}{233 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.005 \text{ mol}$, 依据钡原子守恒可知, 氯化钡晶体中氯化钡的质量为 $0.005 \text{ mol} \times 208 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.04 \text{ g}$, 则 1.222 g 样品中含有结晶水的质量为 $1.222 \text{ g} - 1.04 \text{ g} = 0.182 \text{ g}$, 依据化学式 $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 可得 $\frac{208}{18x} = \frac{1.04 \text{ g}}{0.182 \text{ g}}$, 解得 $x \approx 2$ 。

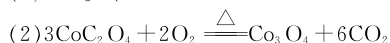
6. (1) $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ (2) 1 : 1

【解析】(1) 设有 1 mol 草酸铈晶体 (462 g) 在空气中受热, 结晶水的质量分数为 $\frac{18 \times 6}{462} \times 100\% \approx 23.4\%$, 550°C 时, 减少的质量分数为 23.4% , 则失去全部结晶水, 此时晶体的主要成分是 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 。(2) 设起始仍为 1 mol 草酸铈晶体, 850°C 时, 剩余固体质量为 $462 \text{ g} \times 29.8\% \approx 138 \text{ g}$, 由于 $M(\text{Sc}_2\text{O}_3) = 138 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故可知 $550 \sim 850^\circ\text{C}$, $1 \text{ mol Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 分解产生 $1 \text{ mol Sc}_2\text{O}_3$, 则碳元素全部转化为气体, 由于草酸根离子中碳元素为 $+3$ 价, 则反应产生 CO_2 和 CO 两种气体, 根据得失电子守恒可知 CO_2 和 CO 物质的量之比为 $1 : 1$ 。

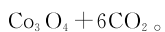
7. (1) $5\text{Zn}^{2+} + 5\text{CO}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$
(2) $n[\text{Zn}(\text{OH})_2] : n(\text{ZnO}) = 1 : 4$

【解析】(1) 根据元素守恒、电荷守恒可得, “沉铈”反应的离子方程式为 $5\text{Zn}^{2+} + 5\text{CO}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。(2) 350°C 时, 剩余固体中已不含碳元素, 即 C 全部以 CO_2 的形式分解了, 碱式碳酸铈的摩尔质量为 $583 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 1 mol 碱式碳酸铈加热到 350°C 时, 固体质量变为 423 g , 固体减少了 $583 \text{ g} - 423 \text{ g} = 160 \text{ g}$, $160 \text{ g} = 2 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times x$, 解得 $x = 4 \text{ mol}$, 说明分解产生了 $4 \text{ mol H}_2\text{O}$, 即 2 mol 结晶水和 $2 \text{ mol Zn}(\text{OH})_2$ 分解出 $2 \text{ mol H}_2\text{O}$ 和 2 mol ZnO , 还有 $1 \text{ mol Zn}(\text{OH})_2$ 未分解, 另外 2 mol ZnCO_3 分解生成 2 mol ZnO , 共产生 4 mol ZnO , 则剩余固体中含有 $n(\text{ZnO}) : n[\text{Zn}(\text{OH})_2] = 4 : 1$ 。

8. (1) CoC_2O_4



【解析】(1) $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 失去全部结晶水后为 CoC_2O_4 , CoC_2O_4 的质量为 $10.98 \text{ g} \times \frac{147 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{183 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 8.82 \text{ g}$, 即 $150 \sim 210^\circ\text{C}$ 时, 固体物质是 CoC_2O_4 。(2) 根据元素守恒, $n(\text{CO}_2) = \frac{8.82 \text{ g}}{147 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = 0.12 \text{ mol}$, 质量为 $0.12 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.28 \text{ g}$, 而 $210 \sim 320^\circ\text{C}$ 时固体减少质量为 $8.82 \text{ g} - 4.82 \text{ g} = 4.00 \text{ g}$, 说明有气体参加反应, 即有氧气参加, 氧气的质量为 $5.28 \text{ g} - 4.00 \text{ g} = 1.28 \text{ g}$, 其物质的量为 $\frac{1.28 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04 \text{ mol}$, $n(\text{CoC}_2\text{O}_4) : n(\text{O}_2) : n(\text{CO}_2) = 0.06 : 0.04 : 0.12 = 3 : 2 : 6$, 依据原子守恒可写出化学方程式: $3\text{CoC}_2\text{O}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta}$



9. 淀粉溶液 95%

【解析】向 CuCl_2 溶液中加入 KI , 反应生成 CuI 和 I_2 , 再用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 I_2 , 应选用淀粉溶液作指示剂; 在溶液中加入 KI 后发生反应: $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{CuI} + \text{I}_2$, 可得关系式 $2\text{Cu}^{2+} \sim \text{I}_2 \sim 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 则 $n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 试样中 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的质量分数为 $\frac{2 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 171 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.36 \text{ g}} \times 100\% = 95\%$ 。

10. $2800cV$

【解析】依据滴定实验和反应化学方程式: $2\text{NH}_3 + 4\text{H}_3\text{BO}_3 \rightleftharpoons (\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 + 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_3\text{BO}_3$ 可知: $2\text{N} \sim 2\text{NH}_3 \sim (\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \sim \text{H}_2\text{SO}_4$, 则 $n(\text{N}) = n(\text{NH}_3) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \times cV \times 10^{-3} \text{ mol}$, $m(\text{N}) = 2 \times cV \times 10^{-3} \text{ mol} \times 14 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{mol}^{-1} = 28cV \text{ mg}$, 水样中氮的含量 $= \frac{28cV \text{ mg}}{0.01 \text{ L}} = 2800cV \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

11. (1) 20% (2) 偏大

【解析】(1) 由得失电子数目守恒可得如下转化关系: $2\text{Co}^{3+} \sim \text{I}_2 \sim 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 滴定消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的体积为 $13.30 \text{ mL} - 1.30 \text{ mL} = 12.00 \text{ mL}$, 则 $3.540 0 \text{ g}$ 产品中钴元素的质量分数为

$$\frac{0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.012 00 \text{ L} \times 10 \times 59 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{3.540 0 \text{ g}} \times 100\%$$

$= 20\%$ 。(2) 若步骤 II 滴定前滴定管内无气泡, 滴定后有气泡, 会使滴定消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液体积偏小, 则 I_2 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液体积偏大, 导致测定结果偏大。

12. 82.50%

【解析】由题给方程式可得如下转化关系: $2\text{FeO}_4^{2-} \sim 2\text{CrO}_4^{2-} \sim \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \sim 6\text{Fe}^{2+}$, 由滴定消耗 $15.00 \text{ mL } 0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸亚铁铵溶液可知, 高铁酸钾产品的纯度为

$$\frac{0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.015 00 \text{ L} \times \frac{2}{6} \times \frac{100}{20.00} \times 198 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.600 0 \text{ g}} \times 100\%$$

$100\% = 82.50\%$ 。

第 8 讲 化学实验常用仪器的合理使用

- A 【解析】①是锥形瓶, ②是酸式滴定管, ③是蒸馏烧瓶, ④是容量瓶, ⑤是梨形分液漏斗。锥形瓶可以加热, 但需要加陶土网, 容量瓶不能加热, A 错误; 酸式滴定管用于量取一定体积的溶液, 容量瓶只能用于配制一定物质的量浓度的溶液, 都不能作反应容器, B 正确; 蒸馏烧瓶用于蒸馏操作, 分离相互溶解的液体, 分液漏斗用于分液操作, 分离相互不溶解的液体, 两者均可用于物质分离, C 正确; 酸式滴定管带有旋塞, 容量瓶带有瓶塞, 分液漏斗带有瓶塞和旋塞, 使用前均需检查是否漏水, D 正确。
- A 【解析】分离苯和水的混合液, 利用分液漏斗和烧杯, 可完成实验, A 正确; 使离子转化为沉淀, 然后过滤除去, 缺少漏斗, 不能完成, B 错误; 配制 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液, 计算、称量后, 溶解、冷却, 转移到容量瓶中定容, 缺少托盘天平不能完成, C 错误; 向沸水中滴加饱和氯化铁溶液制备氢氧化铁胶体, 缺少酒精灯不能完成, D 错误。
- B 【解析】食盐精制实验中粗食盐通过题给试剂提纯后得到食盐溶液, 还需要蒸发溶剂得到精盐, 玻璃仪器缺少酒精灯, 故 A 错误; 非金属性的强弱可以通过元素的最高价氧化物对应水化物的酸性强弱来比较, 稀硫酸可以和碳酸钠反应制备二氧化碳, 二氧化碳可以和硅酸钠溶液反应制备硅酸, 得出酸性: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{SiO}_3$, 即非金属性: $\text{S} > \text{C} > \text{Si}$, 故 B 正确; 喷泉实验是利用压强差来形成的, NO 不溶于水, 不能形成压强差, 且缺少导管, 故 C 错误; 除去 NaBr 溶液中的少量 NaI 应加入溴水, 将 I^- 氧化为 I_2 , 再加入 CCl_4 萃取分液, 本实验缺少分液漏斗, 故 D 错误。
- B 【解析】利用标准盐酸测定某 Na_2CO_3 溶液的浓度, 将标准盐酸盛放在酸式滴定管(②)中, 待测 Na_2CO_3 溶液盛放在锥形瓶(⑥)中, 故 A 正确; 用自来水制取蒸馏水时采用蒸馏法, 用到的仪器有直形冷凝管、蒸馏烧瓶、锥形瓶等, 不需要球形冷凝管, 故 B 错误; Br_2 在 CCl_4 中的溶解度远大于 Br_2 在水中的溶解度, 且 CCl_4 难溶于水, 可用 CCl_4 萃取溴水中的 Br_2 , 用到的仪器有分液漏斗等, 故 C 正确; 采用过滤法除去粗盐水

- 中难溶性物质,用到的仪器有漏斗、玻璃棒、烧杯等,故 D 正确。
5. B 【解析】水浴加热时,温度计的水银球应插入水浴中,A 正确;蒸馏时,温度计的水银球应在蒸馏烧瓶的支管口处,B 错误;测定中和反应的反应热时,温度计的水银球应插入反应液中,C 正确;用无水乙醇和浓硫酸制备乙烯时,温度计的水银球应插入反应液中,D 正确。
6. B 【解析】倒扣的漏斗的边缘紧靠液面,易吸收易溶于水的 HCl,能防止倒吸,A 正确;倒扣的漏斗插入液面以下,无法暂存倒吸的液体,不能起到防倒吸的作用,B 错误;水的密度比四氯化碳小且和四氯化碳不互溶,所以水浮在四氯化碳的上面,四氯化碳不能和氯化氢反应,也不溶解氯化氢,该装置既能吸收易溶于水的 HCl,又能防止倒吸,C 正确;吸收装置中干燥管的导管口伸入液体中,但该装置采用肚容式,易吸收易溶于水的 HCl,且能防止倒吸,D 正确。
7. D 【解析】高锰酸钾固体受热分解,生成锰酸钾、二氧化锰和氧气,可采用“固—固 $\xrightarrow{\text{加热}}$ ”制气装置(①装置)制备氧气,且导管口的棉花防止堵塞导管 A 正确;氧气的密度比空气大,可用向上排空气法收集,氧气不与碱石灰反应,则选择②装置干燥和收集氧气,B 正确; O_2 与焦性没食子酸(含 KOH)反应很快,则可进行喷泉实验,故选择③装置可探究焦性没食子酸(含 KOH)与氧气的反应,C 正确;受热时 MnO_2 和 K_2MnO_4 都不升华,不能用④装置分离,D 错误。
8. D 【解析】 Na_2O_2 与 H_2O 剧烈反应生成 NaOH 和 O_2 ,同时放出大量的热, Na_2O_2 不是块状且难溶于水的固体,不能用启普发生器制备,故 A 错误; Mg 的金属活动顺序强于 Al ,不能通过铝热反应制备,故 B 错误;蒸馏时,锥形瓶不能用瓶塞形成密闭体系,故 C 错误;稀硫酸中含有大量氢离子,可以抑制氯气的溶解,而稀硫酸中的水可以吸收 HCl,洗气除 HCl 后再用浓硫酸干燥,可制得干燥的氯气,故 D 正确。
9. C 【解析】蒸馏应使用直形冷凝管,故 A 错误;煤的干馏要隔绝空气加强热,故 B 错误;加热烧瓶后,出来的蒸气除了乙烯之外,还有挥发的乙醇,但乙醇不能使溴的 CCl_4 溶液褪色,故 C 可检验消去产物 1-丁烯,故 C 正确;制取 SO_2 时最后的尾气处理的导管不能直接伸入溶液中,应防倒吸,故 D 错误。
10. (1)平衡气压,便于液体顺利滴下
(2)集气瓶中液面下降,长颈漏斗 b 中液面上升,气体呈黄绿色
(3)除去 Cl_2 中混有的 HCl,平衡气压,防止气压过大 饱和食盐水
(4)干燥 Cl_2 (5)② q (6)防倒吸
11. (1)当止水夹关闭后,继续反应产生的 CO_2 导致试管内部的压强增大,使盐酸和大理石不再接触,反应停止
(2)AD (3)①③④⑤
- 【解析】(1)此装置能实现即开即停的原因是当止水夹关闭后,继续反应产生的 CO_2 导致试管内部的压强增大,使盐酸和大理石不再接触,反应停止。(2)锌粒是颗粒状且不溶于水的固体,该反应也不需要加热,所以能用此装置实现随开随用,随关随停,A 项正确;浓盐酸与 MnO_2 制氯气需要加热条件,所以不能用此装置进行,B 项错误;亚硫酸钠能溶于水,所以不能用此装置实现随开随用,随关随停,C 项错误; FeS 是不溶于水的块状固体,该反应也不需要加热,所以可以用此装置实现随开随用,随关随停,D 项正确。(3)铁架台 ①起到固定作用,③和⑤组装成整个装置的核心,竖直放置球形干燥管,利用干燥管出口端较细,起到类似多孔塑料板的作用;制备气体时,打开止水夹,将溶液倒入烧杯中并没过球形干燥管的出口端与内部装填的固体颗粒接触反应生成气体;当制备结束后,关闭止水夹,随着球形干燥管内压强增大,实现固液分离,达到停止反应的目的。

第 9 讲 化学实验基本操作与常识

1. B 【解析】氨气可使湿润的红色石蕊试纸变蓝,不能选蓝色石蕊试纸,故 A 错误;萃取实验中振荡操作时,振荡后需打开分液漏斗活塞放气,故 B 正确;碳酸钠溶液显碱性,会和玻璃中的 SiO_2 反应生成硅酸钠,使试剂瓶和玻璃塞粘在一起,不易打开,故 C 错误;金属钠性质活泼,不能直接丢弃在废物缸中,故 D 错误。
2. A 【解析】重铬酸钾溶液具有强氧化性,用酸式滴定管盛装重铬酸钾溶液,A 正确;测定溶液 pH 时应用玻璃棒蘸取待测溶液点在 pH 试纸上,B 错误;制肥皂的原理为油脂和氢氧化

- 钠反应生成高级脂肪酸钠和甘油,C 错误;钠与乙醇、水都能反应放出氢气,不能用 Na 除去乙醇中的水,D 错误。
3. C 【解析】加热后的坩埚应在干燥器中冷却后称重,防止吸收空气中的水导致测量结果产生误差,故 A 错误;一般情况下,剩余试剂应放到指定的容器中,不能放回原试剂瓶,以防污染原试剂,故 B 错误;硫酸铜溶液中加入氨水,生成蓝色氢氧化铜沉淀,继续加入氨水,氢氧化铜转化为深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$,加入乙醇,降低极性,从而析出深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 沉淀,故 C 正确;用 $0.100\ 0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 标准溶液滴定 $10.00\ \text{mL}\ 0.100\ 0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 草酸溶液,使用酚酞作指示剂,到达滴定终点消耗 NaOH 的体积为 $20.00\ \text{mL}$,说明草酸是二元酸,但不能说明草酸是弱酸,故 D 错误。
4. A 【解析】稀硝酸与碳酸钙反应生成硝酸钙、二氧化碳和水,二氧化碳排尽装置中的空气,再将铜丝伸入,若无红棕色即可验证稀硝酸的还原产物为一氧化氮,A 项正确;灼烧海带应用坩埚,不能用烧杯,B 项错误;氨气应利用向下排空气法收集,则小试管中的导管应伸到试管底部,C 项错误;盐酸与稀氨水生成氯化铵和水,氯化铵溶液显酸性,滴定终点为酸性,而酚酞的 pH 变色范围是 $8.2 \sim 10.0$,甲基橙的变色范围是 $3.1 \sim 4.4$,故使用甲基橙作指示剂更加准确,D 项错误。
5. D 【解析】分液漏斗下端管口的长斜径应紧靠烧杯内壁,A 错误;浓硫酸不能直接在容量瓶中稀释,B 错误; Br_2 易挥发, Br_2 也能使 AgNO_3 溶液产生浅黄色沉淀,C 错误;乙酸、乙醇在浓硫酸作催化剂、加热条件下发生酯化反应生成乙酸乙酯,饱和碳酸钠溶液可中和乙酸,溶解乙醇,降低乙酸乙酯的溶解度,D 正确。
6. D 【解析】银氨溶液长期存放,生成易爆的叠氮化银、氯化银、亚氨基化银等物质而变质,所以银氨溶液应现用现配,不能留存,故 A 正确;很多实验药品具有毒性,随意丢弃会污染环境,应倒入废液缸或教师指定的容器中集中处理,故 B 正确;易燃、易爆药品和强氧化性物质易发生剧烈反应而发生爆炸,故 C 正确;若碱溶液粘到皮肤上,先用较多的水冲洗,再涂上 1% 的硼酸,故 D 错误。
7. A 【解析】铁与氯化铁反应生成氯化亚铁,所以保存氯化铁溶液不能加入铁粉,A 错误;液溴在水中的溶解度较小,而且密度比水小,所以在存放液溴的试剂瓶中应加水封存,防止液溴挥发,B 正确;钠能和水、氧气反应,故应隔绝水和空气保存,可以保存在煤油中,C 正确;浓硝酸不稳定,见光分解,所以浓硝酸通常保存在棕色试剂瓶中,置于阴凉处,D 正确。
8. D 【解析】湿毛巾里有水,遇到金属钠会发生反应放热,且生成可燃性气体氢气,所以金属钠失火不可用湿毛巾盖灭,应该用干燥的沙土灭火,故 A 错误;加热烧瓶里的物质,要把烧瓶放在铁架台的铁圈上,垫上陶土网,使烧瓶受热均匀不致破裂,故 B 错误;萃取碘水实验完成后的废液需要进行处理,不能直接排入下水道中,故 C 错误;苯为易燃试剂,应与浓硝酸等强氧化剂分开放置,并远离火源,故 D 正确。
9. C 【解析】产生倒吸的原因是装置内压强减小,使收集装置中水槽里的水进入制气装置,打开试管上的橡皮塞可防止倒吸的水进入制气装置中,A 符合要求;点燃可燃性气体之前,要对气体进行验纯,防止出现爆炸事故,B 符合要求;实验结束后的废液中部分含有毒物质,不能直接倒入下水道,应倒入指定的容器中,经处理后再排放,C 不符合要求;给试管中的液体加热时,不停移动试管可使试管内的液体受热均匀,加入碎瓷片也能防止暴沸,D 符合要求。
10. B 【解析】实验桌上因酒精灯打翻而着火时应立即用湿布扑灭,A 错误;被玻璃割伤手,先取出伤口里的碎玻璃片,再用过氧化氢溶液擦洗消毒,然后敷药包扎,B 正确;不慎将浓碱溶液沾到皮肤上,要立即用大量水冲洗,然后涂上 1% 的硼酸,C 错误;实验中产生的废液、废物应分类集中处理,不得任意排放,D 错误。
11. A 【解析】加入液体后,部分液体存于漏斗上部弯管中起液封作用,避免氢气从漏斗中逸出,A 正确;硝酸具有强氧化性,与 Zn 反应不生成氢气,B 错误;B 是干燥氢气的装置,B 中试剂应该为浓硫酸,C 错误;先启动 A 中反应,利用生成的氢气将装置中的空气排出,防止钠与氧气反应,后点燃 C 处酒精灯,D 错误。
12. B 【解析】装置①利用浓盐酸和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 反应制备 Cl_2 ,氯气需干燥后再参与反应, Cl_2 是酸性气体,可使用浓硫酸干燥,HCl 不会导致③中反应生成副产物,不用除去。苯和干

燥的 Cl_2 在 FeCl_3 催化下反应,生成氯苯和 HCl ,反应后的尾气中有残留的 Cl_2 和 HCl 气体,可将尾气通入 NaOH 溶液中进行尾气处理。若关闭 K ,向烧瓶中加浓盐酸,生成的 Cl_2 使烧瓶中压强增大,浓盐酸不能顺利流下,故向圆底烧瓶中滴加浓盐酸前需先打开 K ,A 正确;由分析可知,装置②的作用是干燥 Cl_2 ,B 错误;分离出粗产品后,先水洗除去 FeCl_3 、 HCl 等可溶性杂质,再用碳酸钠溶液碱洗,然后水洗除去多余的碳酸钠溶液,干燥后蒸馏得氯苯,C 正确;由分析可知,可将尾气通入氢氧化钠溶液中进行尾气处理,D 正确。

13. (1)BD

(2)B 钾、钠、镁等活泼金属及其燃烧产物会与水、二氧化碳反应,促进火势加剧

(3)②⑤

【解析】(1)纯硝酸是无色、易挥发、有刺激性气味的液体,具有很强的氧化性及腐蚀性,是强氧化剂,因此合理选项是 BD。(2)钾、钠、镁可以与水反应,反应产生的氢气能够燃烧,而且燃烧产物过氧化钠、过氧化钾可以与水反应产生氧气,有助燃作用,因此不能用水灭火,A 错误;细沙与金属及金属的燃烧产物不能反应,细沙的状态为固体,密度大,覆盖在着火物上,可以使物质与空气隔绝,达到灭火的目的,B 正确;泡沫灭火器喷射出的物质中含有水、二氧化碳、氢氧化铝,钾、钠、镁可以与水反应,燃烧产物过氧化钠、过氧化钾,可以与二氧化碳反应,镁可在二氧化碳中燃烧,所以不能用泡沫灭火器灭火,C 错误;二氧化碳灭火器喷射出的二氧化碳能够与过氧化钠、过氧化钾反应产生氧气,有助燃作用,镁可在二氧化碳中燃烧,所以不能用二氧化碳灭火器灭火,D 错误。(3)高锰酸钾具有强的氧化性,乙醇具有还原性和易挥发性,二者容易发生氧化还原反应,导致变质,故二者不能存放在同一橱柜中,①错误;液溴沸点低,容易挥发,在保存液溴时向其中加入少量水,形成水封,可减少溴的挥发损失,②正确;氢氟酸能够与玻璃的成分 SiO_2 发生反应,腐蚀玻璃,所以不能使用玻璃瓶存放,③错误;汽油是常用有机溶剂,容易溶解橡胶塞,所以不能使用橡胶塞,要使用玻璃塞,④错误;浓硝酸光照容易分解,为防止其分解,常用棕色玻璃细口瓶盛装浓硝酸,放置冷暗处,⑤正确。

第 10 讲 物质的分离提纯

1. B 【解析】三种物质沸点不同,利用沸点的差异对混合物进行分离,提纯,应选择蒸馏法,A 正确;酒精溶于水,不能作萃取剂,B 错误;用蒸发结晶的方法从食盐水中提取溶质,C 正确;除去粗苯甲酸中的少量氯化钠和泥沙,先加热溶解,再趁热过滤,最后冷却结晶,过滤,其中趁热过滤和过滤用到甲装置,D 正确。

2. D 【解析】乙醇和水混溶,不能用作从碘水中萃取碘的萃取剂,应用四氯化碳或苯萃取,故 A 错误;乙醇和水混溶,不能用分液的方法分离,故 B 错误;二者的溶解度随温度的变化不同,可用重结晶的方法分离,因为硝酸钾的溶解度随温度的变化较大,而氯化钠的溶解度随温度的变化较小,故 C 错误;二者互溶,沸点不同,且沸点相差较大,则可用蒸馏的方法分离,故 D 正确。

3. A 【解析】灼烧碎海带应在坩埚中加热灼烧成灰,A 符合题意;用过滤的方法分离海带灰和溶液,则用装置乙过滤海带灰的浸泡液,B 与题意不符;用萃取的方法,富集单质碘,则用装置丙萃取分离混合液中的 I_2 ,C 与题意不符;碘和四氯化碳的沸点不同,则用装置丁分离提纯 I_2 ,D 与题意不符。

4. B 【解析】 CaO 可与 Na_2CO_3 反应转化为可溶于水难溶于酯的盐,A 项错误;加入的 CaO 与水反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及可能剩余的 CaO 是离子化合物,沸点较高,而乙醇沸点较低,可用蒸馏法提纯乙醇,B 项正确; CO_2 中的少量 CO 不能被点燃,C 项错误;苯与硝基苯均是有机物,彼此互溶,无法通过分液进行分离,D 项错误。

5. C 【解析】乙烯可被酸性高锰酸钾溶液氧化成二氧化碳,引入新杂质,A 错误;乙酸和乙醇都与钠反应,B 错误;乙烯不与 NaOH 溶液反应,二氧化硫可被 NaOH 溶液吸收,C 正确;苯和溴都可被四氯化碳溶解,D 错误。

6. C 【解析】碘单质易溶于四氯化碳,应采用蒸馏操作分离二者,A 错误;乙醇和水能形成共沸混合物,所以直接蒸馏 75% 的酒精溶液不能制备无水酒精,可在 75% 的酒精溶液中加入生石灰,再蒸馏得无水酒精,B 错误;乙烷不和溴水反应,乙烯与溴水反应生成 1,2-二溴乙烷,C 正确;提纯乙酸乙酯可用饱

和碳酸钠溶液处理后再分液,不能用蒸发操作,D 错误。

7. C 【解析】应选饱和碳酸氢钠溶液、洗气,故 A 错误;氧化钠与氧气反应生成过氧化钠,则在纯氧气中加热只能将 Na_2O 转化为 Na_2O_2 ,故 B 错误;反应原理为 $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$,能除杂,故 C 正确;碳酸钠与盐酸反应引入新杂质 NaCl ,应选稀硫酸,故 D 错误。

8. A 【解析】萃取振荡时,分液漏斗下口应倾斜向上,A 错误;分液时,密度大的液体在下层,密度小的液体在上层,下层液体由分液漏斗下口放出,下层液体放完后,密度小的上层液体从分液漏斗上口倒出,B 正确; Fe^{3+} 在浓盐酸中生成黄色配离子,该离子在乙醚中生成缔合物,乙醚与水不互溶,故分液后水相为无色,则水相中不再含有 Fe^{3+} ,说明已经达到分离目的,C 正确;蒸馏时选用直形冷凝管,能使馏分全部转移到锥形瓶中,而不会残留在冷凝管中,D 正确。

9. D 【解析】操作 I 分离出有机溶液和水溶液,操作方法为分液;操作 II 为固液分离操作,为过滤,A 正确;无色液体 A 为甲苯,白色固体 B 为苯甲酸,B 正确;重结晶是可以用于提高晶体纯度的操作,若 B 中含有杂质,应采用重结晶的方法进一步提纯,C 正确;“系列操作”为得到苯甲酸晶体操作,为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤,用到的仪器有铁架台(含铁圈)、蒸发皿、酒精灯、玻璃棒、烧杯、漏斗等,D 错误。

10. C 【解析】盐泥是氯碱工业的废渣,其主要成分为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 ,还含少量的 FeO 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及 SiO_2 ,盐泥中加入稀硫酸调节溶液的 $\text{pH}=1$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 分别溶于稀硫酸得到 MgSO_4 、微溶物 CaSO_4 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$,过滤后得到的废渣 I 为难溶性的 SiO_2 及微溶物 CaSO_4 ,滤液中含有 MgSO_4 、 H_2SO_4 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$,滤液 I 中加入 5% 的 H_2O_2 溶液, H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,调节溶液的 $\text{pH}\approx 5$,然后过滤,根据得到的产物知,滤液 II 中含有 MgSO_4 ,废渣 II 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$,滤液 II 通过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在酸性氛围中分解得到 MgSO_4 。通过以上分析知,步骤①产生的废渣 I 的主要成分为难溶性的 SiO_2 及生成的微溶物 CaSO_4 ,A 错误;滤液 I 中加入 5% 的 H_2O_2 溶液, H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,调节溶液的 $\text{pH}\approx 5$,是为了促进 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 水解,废渣 II 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$,B 错误;为了减少产物结晶,提高产率,故步骤④分离废渣 II 时需要趁热过滤,C 正确;从溶液中获取晶体采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥的方法,所以步骤⑤的具体实验操作有蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥,D 错误。

11. A 【解析】以牡蛎壳(CaCO_3)为原料制备食品级添加剂丙酸钙 $[(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}]$,粉碎后高温煅烧生成 CaO ,加入少量水生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,在常压下加入丙酸反应生成 $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$ ，“操作 IV”是过滤操作,除去不溶于水的杂质,“操作 V”的滤液浓缩后结晶得到 $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$ 固体,过滤后洗涤得到产品。“操作 II”高温煅烧可以使用酒精灯加热,“操作 III”前加少量水的目的是制取石灰乳,浓度更大,且常压反应时不断提供 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,故 A 错误;由分析可知,“操作 IV”是常压过滤操作,该操作用到的玻璃仪器除漏斗外还有烧杯和玻璃棒,故 B 正确;由分析可知,“操作 V”的滤液浓缩是在蒸发皿中进行,浓缩过程中可用玻璃棒搅拌滤液,故 C 正确;“操作 VI”产品干燥前要洗涤, $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$ 是一种易溶于水的盐,在乙醇中溶解度较小,洗涤剂为乙醇,当洗涤后滤液为中性时,说明杂质已洗净,故 D 正确。

第 11 讲 钠的单质及其氧化物

1. D 【解析】实验后剩余的钠应放回原试剂瓶,A 错误;Na 表面形成的氧化层不是致密结构,不能保护内层金属不被空气氧化,B 错误;钠在空气中加热,生成淡黄色固体过氧化钠,C 错误;2.3 g Na 的物质的量为 0.1 mol,而钠无论反应后产物是氧化钠还是过氧化钠,钠元素化合价均为 +1 价,故 0.1 mol Na 失去 0.1 N_A 个电子,D 正确。

2. D 【解析】钠与盐酸反应时钠先与 H^+ 反应,离子方程式为 $2\text{Na} + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{H}_2 \uparrow$,A 错误;三个烧杯中,Y 烧杯中的氢离子浓度最大,反应最剧烈,B 错误;反应后,X 烧杯中的溶质为 NaOH ,Y 烧杯中的溶质为 NaCl 、 NaOH ,Z 烧杯中的溶质为 NaOH ,且 Z 烧杯中原溶质为 NaOH ,由 Na 原子守恒可知,三个烧杯中溶质的物质的量浓度不同,C 错误;因向三

个烧杯中加入钠的物质的量相同且钠全部反应完,故生成 H_2 的质量相同,D 正确。

3. B 【解析】实验 1 中钠表面变暗,原因是 Na 与空气中的 O_2 反应生成 Na_2O ,A 正确;实验 2 中淡黄色固体是 Na_2O_2 ,B 错误;实验 3 中钠与水反应生成 NaOH 和 H_2 ,溶液呈碱性,使酚酞显红色,C 正确;Na 与水反应时,Na 是还原剂, H_2O 是氧化剂,Na 失去电子转移给 H_2O ,D 正确。
4. B 【解析】钠与乙醇反应只生成气体,不生成沉淀。钠投入碱、盐溶液中均生成 NaOH 和 H_2 ,而 NaOH 与 $Ba(OH)_2$ 不发生反应;NaOH 与 $MgSO_4$ 反应生成 $Mg(OH)_2$ 白色沉淀;NaOH 与 $Cu(NO_3)_2$ 反应生成蓝色沉淀 $Cu(OH)_2$;故 B 项符合题意。
5. B 【解析】通入 CO_2 至澄清石灰水浑浊后,可以排除试管内原有氧气的干扰,A 项正确;将硬质玻璃管中的固体溶于水,未见气泡产生,说明不存在 Na_2O_2 和 Na,向滤液中加入过量 $BaCl_2$ 溶液,产生白色沉淀,加入盐酸,产生气体说明白色固体中存在 Na_2CO_3 ,再次过滤,滤液呈碱性,说明白色固体中也存在 Na_2O ,B 项错误;黑色物质是 C,C 和浓硫酸在加热条件下发生反应: $C + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$,C 项正确;K 和 Na 都是第 I A 族的碱金属,化学性质相似,且 K 比 Na 更加活泼,根据题述实验推测: CO_2 与金属 K 也可以发生氧化还原反应,D 项正确。
6. B 【解析】电解质是溶于水或在熔融状态下能够导电的化合物,液氨为非电解质,A 错误;钠和液氨可发生反应生成氢气和 $NaNH_2$: $2NH_3 + 2Na \rightleftharpoons 2NaNH_2 + H_2 \uparrow$,B 正确;氮的电负性大于氢,在氨分子中氢显正电性、氮显负电性,同种电荷相斥、异种电荷相吸,故 $e^-(NH_3)_x$ 的示意图不可表示为 ,C 错误;1 个 Na 原子失去 1 个电子转变为钠离子,则 0.1 mol Na 投入液氨完全反应生成 0.05 mol H_2 ,Na 共失去 0.1 mol 电子,D 错误。
7. C 【解析】 Na_2O_2 和 Na_2O 均能与水反应,但前者生成氢氧化钠和氧气,后者生成氢氧化钠,产物不完全相同,A 错误;等物质的量的 Na_2O_2 和 Na_2O 中,钠离子数目之比为 1:1,B 错误;根据碳原子守恒可知,等物质的量的 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$,与过量的盐酸反应,产生 CO_2 的物质的量相同,C 正确;等质量的 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$,前者所含有的钠离子较多,二者在水中完全电离出钠离子,故在水中电离出 Na^+ 的数目前者多,D 错误。
8. A 【解析】 Na_2O_2 与 H_2O 、 CO_2 反应时,是 Na_2O_2 自身发生的歧化反应, Na_2O_2 既是氧化剂又是还原剂,A 错误; Na_2O_2 中的阴离子为 O_2^{2-} ,故 1 mol Na_2O_2 中阴离子数目为 N_A ,B 正确; Na_2O_2 具有强氧化性,而 C、Al 均具有还原性,故 Na_2O_2 可与 C、Al 发生氧化还原反应,过氧化钠均表现出强氧化性,C 正确; Na_2O_2 具有强氧化性, SO_2 具有还原性, Na_2O_2 将 SO_2 氧化成 Na_2SO_4 ,D 正确。
9. D 【解析】过氧化钠和酸反应有氧气生成,不是碱性氧化物,A 错误;反应过程中元素化合价发生改变,生成物中有单质,不是复分解反应,B 错误;反应进行一段时间后(反应未结束),反应放热,大试管温度升高,压强增大,U 形管中液面高度: $a < b$,C 错误;过氧化钠和水反应生成氢氧化钠和氧气,同时溶液中有 H_2O_2 ,向其中滴入几滴无色酚酞溶液,可观察到试管中溶液的颜色由无色变为红色, H_2O_2 又将酚酞氧化褪色,D 正确。
10. C 【解析】玻璃珠的存在可增大 Na_2O_2 粉末与玻璃珠间的缝隙,增大 Na_2O_2 与 CO_2 的接触面积,加快反应速率,A 正确;U 形管中发生反应 $2Na_2O_2 + 2CO_2 \rightleftharpoons 2Na_2CO_3 + O_2$,粉末由淡黄色变为白色,B 正确; $n(Na_2O_2) = \frac{1.5 \text{ g}}{78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.019 \text{ mol} > n(CO_2) = \frac{100 \times 10^{-3} \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 4.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$,粗略计算, CO_2 未剩余,收集到的气体大于 50 mL 是因为反应放热,温度升高气体体积膨胀,C 错误;可用带火星的木条检验生成的氧气,D 正确。
11. A 【解析】本实验通过测定生成氧气的体积计算过氧化钠的质量分数,过氧化钠和二氧化碳、水都能反应放出氧气,B 与 C 之间不用增加盛装浓硫酸的洗气装置,A 错误;本实验需要除去氧气中混有的二氧化碳气体,故 D 中 NaOH 溶液的作用是吸收未反应的 CO_2 ,B 正确;实验结束读数时,调整量筒使 E、F 中液面高度相同,此时 E 中气体压强和外界大

气压相等,减小误差,C 正确;F 中读出体积折算成标准状况

下为 $a \text{ L}$,则生成氧气的物质的量为 $\frac{a}{22.4} \text{ mol}$,根据 $2Na_2O_2 + 2CO_2 \rightleftharpoons 2Na_2CO_3 + O_2$ 、 $2Na_2O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4NaOH + O_2 \uparrow$,可知样品中 Na_2O_2 的物质的量为 $\frac{a}{22.4} \text{ mol} \times 2 = \frac{a}{11.2} \text{ mol}$,故样品中过氧化钠的质量分数为 $\frac{\frac{a}{11.2} \text{ mol} \times 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{39a}{5.6m} \times 100\%$,D 正确。

12. (1) $O_2 + 2Na_2O_2 + 4HCl \rightleftharpoons 4NaCl + 2H_2O + O_2 \uparrow$
(2) O_2 具有氧化性,也可能将 I^- 氧化为 I_2
(3) $Na_2O_2 + 4HCl \rightleftharpoons Cl_2 + 2NaCl + 2H_2O$

第 12 讲 碳酸钠和碳酸氢钠 碱金属

1. C 【解析】 Na_2CO_3 加热不分解, $NaHCO_3$ 加热分解生成 Na_2CO_3 ,都有残留物,不能鉴别,A 错误;二者都含有 Na 元素,火焰都呈黄色,不能鉴别,B 错误; $NaHCO_3$ 与酸反应比 Na_2CO_3 剧烈,可用白醋进行鉴别,C 正确;二者都能与澄清石灰水反应生成白色沉淀,不能鉴别,D 错误。
2. B 【解析】稀硫酸与 $CaCO_3$ 反应生成微溶于水的 $CaSO_4$,阻止反应继续进行,A 正确;除去 CO_2 中混有的 HCl 气体,应将混合气体通过盛有饱和 $NaHCO_3$ 溶液的洗气瓶,B 错误;碳酸氢钠的溶解度小,装置丙中溶液变浑浊,是因为有碳酸氢钠晶体析出,C 正确;氨极易溶于水,装置丁的作用是吸收尾气,并防止倒吸,D 正确。
3. D 【解析】加入 $Ba(OH)_2$ 溶液,分别发生反应: $Na_2CO_3 + Ba(OH)_2 \rightleftharpoons BaCO_3 \downarrow + 2NaOH$ 、 $2NaHCO_3 + Ba(OH)_2 \rightleftharpoons BaCO_3 \downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O$ 或 $NaHCO_3 + Ba(OH)_2 \rightleftharpoons BaCO_3 \downarrow + NaOH + H_2O$,均产生白色沉淀,A 错误;分别逐滴加入质量分数相等的稀硫酸, $NaHCO_3$ 溶液发生反应: $HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_2 \uparrow + H_2O$,立即产生气泡, Na_2CO_3 溶液发生反应: $CO_3^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HCO_3^-$ 、 $HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_2 \uparrow + H_2O$,开始无明显现象,过一段时间才产生气泡,故立即产生气泡的是 $NaHCO_3$ 溶液,B 错误;分别加热两支试管中的溶液,若溶质不发生分解,溶解在溶液中的 O_2 等因受热,其溶解度降低,也会从溶液中逸出,产生气泡,不能据此区分两种溶液,C 错误;两支试管中溶质物质的量浓度相同, Na_2CO_3 溶液的碱性强于 $NaHCO_3$ 溶液,滴加酚酞溶液后, Na_2CO_3 溶液的红色更深,D 正确。
4. D 【解析】连接好装置后,先通入氮气以赶尽装置内空气,避免空气中二氧化碳、水蒸气影响测定结果,固体受热分解生成的二氧化碳和水蒸气进入装置 B,利用冰水混合物冷却生成的水蒸气,装置 C 中的碱石灰吸收生成的二氧化碳,最后干燥管中的碱石灰是为了防止空气中的二氧化碳、水蒸气进入装置 C 影响测定结果。仪器 a 为干燥管,盛有干燥剂碱石灰,防止空气中的二氧化碳、水蒸气进入装置 C 影响测定结果,A 正确;装置 B 利用冰水混合物冷却生成的水蒸气,防止水蒸气进入装置 C,对实验结果产生影响,B 正确;样品分解不完全,测定二氧化碳质量减小,碳酸氢钠质量减小,则碳酸钠质量增大,导致碳酸钠的质量分数偏高,C 正确;产生 CO_2 气体的速率太快,没有被 C 中碱石灰完全吸收,测定二氧化碳质量减小,碳酸氢钠质量减小,碳酸钠质量增大,导致碳酸钠的质量分数偏高,D 错误。
5. C 【解析】K、Na 等过于活泼的碱金属先盐溶液中的和水反应,生成强碱,而不是与盐发生置换反应,故 A 错误;金属 Li 在空气中燃烧生成氧化锂,金属钾在空气中燃烧生成超氧化钾,金属钠在空气中燃烧生成过氧化钠,故 B 错误;随着核电荷数增加,碱金属元素原子半径越来越大,与自由电子的作用力越来越弱,金属键越来越弱,所以碱金属单质熔、沸点逐渐降低,故 C 正确;碱金属的原子半径越大,原子核对最外层电子的吸引能力越弱,则越易失电子,其还原性越强,故 D 错误。
6. D 【解析】钾的火焰颜色要透过蓝色钴玻璃观察,目的是滤去钠的黄色的光,故①正确;先将铂丝灼烧到与原来火焰的颜色相同,再蘸取被检验的物质,故②正确;每次实验后,要将铂丝用盐酸洗净,不能用硫酸洗净,故③正确;实验最好选择颜色较弱的,最好无色的火焰,故④正确;没有铂丝时,可以用光洁无锈的铁丝代替,故⑤正确;故选 D。
7. A 【解析】Li 和 Na 都能与水剧烈反应生成碱和 H_2 ,故不能

用钠从 LiCl 溶液中置换出金属锂, A 错误; 电解熔融 LiCl-KCl 混合物, 由于氧化性: $\text{Li}^+ > \text{K}^+$, 则阴极上 Li^+ 得电子生成 Li, B 正确; 硬脂酸锂与硬脂酸钾的阳离子不同, 进行焰色试验时火焰呈现颜色不同, 可以鉴别, C 正确; 在 LiPF_6 和 PF_5 中磷元素的化合价都显 +5 价, 该分解反应为非氧化还原反应, 根据原子守恒, 可确定另一产物为 LiF, D 正确。

8. C 【解析】金属活动性顺序中 K 在 Na 的前面, K 比 Na 活泼, 故 K 在空气中可以被氧气氧化, A 项正确; Na 能与乙醇反应放出氢气, K 也能与乙醇反应放出氢气, B 项正确; K 与水的反应比 Na 与水的反应剧烈, C 项错误; Na、K 均可放在煤油中保存, D 项正确。

9. D 【解析】氢氧化钠溶液与过量二氧化碳反应的方程式为 $\text{CO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHCO}_3$, 可以实现转化关系①, A 正确; Na_2O_2 与水和二氧化碳的反应方程式分别为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$, $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, 因此④⑤的转化均有 O_2 产生, B 正确; 碳酸钠溶液中不断滴加盐酸依次发生反应③ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$, 反应⑧ $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 都生成氯化钠, C 正确; 反应②通过加热能实现物质转化, $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 也可加入氢氧化钠溶液实现物质转化, $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, D 错误。

10. A 【解析】合成氨工业提供氨气和二氧化碳, 先吸氨, 再碳酸化, 过滤得到的母液 I 吸收氨气经降温冷却析出氯化铵晶体, 滤液中加入氯化钠盐析得到的母液 II 为饱和食盐水, 再循环使用, 过滤得到的碳酸氢钠晶体煅烧得到碳酸钠即纯碱, 生成的二氧化碳重新回到碳酸化步骤循环使用。侯氏制碱法又称联合制碱法, 其中 CO_2 由合成氨工业提供, 故 A 错误; 通入氨气使溶液碱性增强, 使碳酸氢钠转换为溶解度较大的碳酸钠, 可以提高氯化铵的纯度, 故 B 正确; 侯氏制碱法是将 NH_3 、 CO_2 依次通入饱和 NaCl 溶液中, 发生反应: $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$, 其中 NaHCO_3 溶解度最小, 故有 NaHCO_3 的晶体析出, 应用了物质溶解度的差异, 故 C 正确; 析出的 NH_4Cl 晶体可用作氮肥, 提高原料 Cl⁻ 的利用率, 故 D 正确。

11. (1) $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$
(2) 将分液漏斗上部的玻璃塞打开
(3) efb 可增大与二氧化碳的接触面积, 从而提高产率
(4) ①浓硫酸 0.53
② i. NaCl 粉末 ii. 加热浓缩 冷却结晶
(5) 滤液 M 即食盐水、气体 Z 即 CO_2
(6) 偏高

【解析】浓氨水中加入 NaCl 粉末得到饱和氨盐水, 向饱和氨盐水中通入 CO_2 发生反应 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$, 经过滤得到 NaHCO_3 和母液, NaHCO_3 加热分解成 Na_2CO_3 、 H_2O 和 CO_2 , 气体 Z 为 CO_2 ; 母液中加入试剂 Y, 经过加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到 NH_4Cl , 同时得滤液 M。(1) 根据分析, 制备 NaHCO_3 总反应的化学方程式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。(2) 由图可知, 制取 CO_2 时为使分液漏斗中的稀盐酸顺利滴下, 可将玻璃塞上的凹槽对准漏斗口颈部的小孔或者将分液漏斗上部的玻璃塞打开。(3) A 装置中发生的反应为 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 由于盐酸具有挥发性, 所制 CO_2 中混有 $\text{HCl}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 在将 CO_2 通入饱和氨盐水之前要用饱和 NaHCO_3 溶液除去 CO_2 中的 $\text{HCl}(\text{g})$, 则装置接口顺序为 aefb; “雾化装置”的优点是可增大与二氧化碳的接触面积, 从而提高产率。(4) ① NaHCO_3 充分加热分解成 CO_2 、 H_2O 和 Na_2CO_3 , 将产生的气体先通过足量的试剂 X 吸收水分, 即试剂 X 用于干燥 CO_2 , 则试剂 X 为浓硫酸; CO_2 与 Na_2O_2 的反应为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, 该反应中每消耗 2 mol CO_2 固体质量增加 56 g, 故 Na_2O_2 质量增加 0.14 g 时, 消耗 CO_2 的物质的量为 $2 \text{ mol} \times \frac{0.14 \text{ g}}{56 \text{ g}} = 0.005 \text{ mol}$, 根据反应 2NaHCO_3

$\xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 可知, 产品 Na_2CO_3 的物质的量为 0.005 mol, 质量为 $0.005 \text{ mol} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.53 \text{ g}$ 。② i. 已知 $\text{NaCl}(\text{s}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, 为使 NH_4Cl 沉淀从母液中充分析出, 应使上述平衡正向移动, 故需向母液中加入的试剂 Y 为 NaCl 粉末。ii. 根据 NaCl 和 NH_4Cl 的溶解度曲线知, NaCl 的溶解度随温度升高

增大不明显, NH_4Cl 的溶解度随温度升高明显增大, 故得到副产品 NH_4Cl 所需的操作有加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥。(5) 根据分析知, 气体 Z 为 CO_2 , 在母液中加入 NaCl 粉末析出 NH_4Cl , 经过滤得到的滤液 M 中主要为食盐水, 结合流程, 可以回收再利用的物质有滤液 M 即食盐水、气体 Z 即 CO_2 。(6) 称量吸收了一定量水分的 NaHCO_3 粉末, 配制成 NaHCO_3 标准溶液, 所配标准溶液的浓度偏小; 滴定时发生的反应为 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, 滴定时消耗标准溶液的体积偏大, 根据 $c[\text{HCl}(\text{aq})] = \frac{c[\text{NaHCO}_3(\text{aq})]V[\text{NaHCO}_3(\text{aq})]}{V[\text{HCl}(\text{aq})]}$, 可知所测盐酸的浓度偏高。

第 13 讲 铁及其化合物

1. C 【解析】常温下, Fe 在浓硝酸中发生钝化, 生成致密氧化物薄膜, 无法持续反应, A 错误; 氯气的氧化性较强, 无论 Fe 是否过量, 与氯气加热反应都只生成 FeCl_3 , B 错误; 高温条件下, Fe 与水蒸气反应得到 Fe_3O_4 和 H_2 , C 正确; Fe 的活动性不如 Al, 故铁不能从氧化铝中置换出 Al 单质, D 错误。
2. A 【解析】烧瓶②中盛放水, 加热后提供反应物水蒸气, 烧瓶③起到安全瓶的作用, 防止倒吸, A 正确; 实验时, ①和②需要加热, 烧瓶③不需要加热, B 错误; ②中盛装水, ③是安全瓶, 不添加试剂, C 错误; 氨极易溶于水, 不能用排水法收集, D 错误。
3. D 【解析】Fe 与 NaOH 溶液不发生反应, X 只能是稀硫酸等非氧化性酸溶液, A 错误; 实验开始时应先打开止水夹 a、b, 利用生成的氢气将装置内的空气排出, 然后关闭止水夹 a, B 错误; 利用氢气的压强将含 Fe^{2+} 溶液压入锥形瓶中, NaOH 与 Fe^{2+} 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 在锥形瓶中观察到白色沉淀, C 错误; 反应结束后若关闭止水夹 b 及分液漏斗活塞, 装置内的空气及溶液中的氧气均已除去, 则 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 可较长时间存在, D 正确。
4. C 【解析】装置中含有氧气, 为防止氧气跟铁反应, 点燃 A、B 两处酒精灯的顺序是先点燃 A 处酒精灯, 一段时间后再点燃 B 处酒精灯, A 正确; FeCl_2 易水解, 由于从 A 出来的气体含有水蒸气, 且需要防止外界水蒸气进入装置中, 故应在 A、B 和 B、C 之间各添加一个干燥装置以除去水蒸气, B 正确; HCl 极易溶于水, 与 NaOH 反应速率快, C 装置无防倒吸装置, 故容易发生倒吸, C 错误; 若制得的固体中有 FeCl_3 和剩余的铁粉, 溶于水时 Fe^{3+} 与 Fe 反应生成 Fe^{2+} , 滴加 KSCN 溶液, 溶液不变色, 不能证明固体中不含 FeCl_3 , D 正确。
5. D 【解析】向沸水中滴加少量饱和 FeCl_3 溶液, 继续煮沸至液体呈红褐色, 停止加热, 制得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 可产生丁达尔效应, A 正确; 向 FeCl_3 溶液中滴加 KI 溶液, 发生反应: $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$, 再滴加淀粉溶液, 溶液显蓝色, 则氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$, B 正确; 向 FeCl_3 溶液中滴加几滴 KSCN 溶液, 溶液显红色, 再加入过量铁粉, 发生反应: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, 溶液红色褪去, 则还原性: $\text{Fe} > \text{Fe}^{2+}$, C 正确; 向 FeSO_4 溶液中通入氯气, 再滴加几滴 KSCN 溶液, 溶液显红色, 证明 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 不能判断是否被完全氧化, D 错误。
6. B 【解析】氯化亚铁溶液中滴加 KSCN 溶液, 有淡红色, 说明该溶液含少量 Fe^{3+} , 有少量的 Fe^{2+} 被氧化, A 正确; 反应中 Fe^{2+} 被氧化, H_2O_2 被还原, O 元素化合价降低, 不可能生成 O_2 , B 错误; 加入过量铁粉, 发生反应: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$, 溶液的红色褪去, C 正确; 加入过量双氧水, 可能是过量的 H_2O_2 将 SCN^- 氧化生成 N_2 气体, 含 Fe^{3+} 的溶液为黄色, D 正确。
7. B 【解析】向 FeCl_3 溶液腐蚀电路板所得废液 (含有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+}) 中加入过量的 Fe, 将 Cu^{2+} 置换为 Cu, Fe^{3+} 转变为 Fe^{2+} , 过滤出滤渣③的主要成分为 Cu、Fe, 滤液含有 FeCl_2 , 向滤渣中加入适量的稀盐酸, 将 Fe 转化为 FeCl_2 , 过滤、洗涤得到 Cu, 滤液含有 FeCl_2 , 合并两次滤液, 通入 Cl_2 将 FeCl_2 氧化为 FeCl_3 。由分析可知, 加入的①为纯铁, ④为稀盐酸, A 错误; 由分析可知, 合并两次滤液, 通入 Cl_2 将 FeCl_2 氧化为 FeCl_3 , 即合并后通入⑤发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$, B 正确; 由于 FeCl_3 易水解, 故不可以采取蒸干 FeCl_3 溶液的方法获得 FeCl_3 固体, 应在 HCl 气流中加热蒸发 FeCl_3 溶液制得 FeCl_3 固体, C 错误; 由分析可知, 题述生产过程所涉及的反应均为氧化还原反应, 故不可能有复分解反应, D 错误。

8. C 【解析】双氧水具有强氧化性,由流程图可知,加入双氧水的目的是将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ,A 正确;步骤③所加氨水的量不足,铁离子沉淀不完全,生成的氢氧化铁减少,氧化铁质量减少,测定结果偏低,B 正确;步骤④灼烧不充分,会混有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,导致氧化铁固体的质量偏大,铁元素质量分数偏大,C 错误;10 片补血剂中氧化铁的物质的量为 $\frac{a}{160} \text{ mol}$,含有的

铁元素质量为 $2 \times \frac{a}{160} \text{ mol} \times 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.7a \text{ g}$,每片补血剂含铁元素的质量分数为 $\frac{0.7a \text{ g}}{10b \text{ g}} \times 100\% = \frac{7a}{100b} \times 100\%$,D 正确。

9. A 【解析】根据“价—类”二维关系,a、b、c、d、e、f 分别为 Fe 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、 FeCl_2 、 Fe_2O_3 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 FeCl_3 。检验 Fe^{3+} 中是否含有 Fe^{2+} ,向溶液中加入 KSCN 溶液, Fe^{3+} 有干扰,应用铁氰化钾检验,A 项错误; Cl_2 是强氧化剂,与 Fe 直接化合生成 FeCl_3 ,根据题意可知 FeCl_3 熔沸点较低,可知其为分子晶体,含有共价键,B 项正确; Fe_2O_3 是赤铁矿的主要成分,可用于冶炼铁, FeCl_3 可与覆铜板作用制作印刷电路板,C 项正确;向盛有 FeCl_2 溶液的烧杯中滴加 NaOH 溶液,产生白色沉淀,沉淀很快变成灰绿色,最后变成红褐色,依次发生反应 $\text{FeCl}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaCl} + \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ 和 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,D 项正确。

10. D 【解析】“酸浸”时,通过适当加快搅拌速度可增大接触面积、加快反应速率,提高铁元素浸出效率,A 正确;为了提高铁元素的浸出率,“酸浸”过程中酸溶液要适当过量,为不引入新杂质,“还原”时加入铁粉,将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,故“还原”过程中发生的反应有 $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$,除生成 Fe^{2+} 外,还会生成 H_2 ,B 正确;“除杂”时,向“还原”后的滤液中加入 NH_4F 溶液,将溶液中少量的钙离子转化为 CaF_2 沉淀除去,C 正确;沉铁时加入过量的 NaHCO_3 溶液,离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,D 错误。

11. C 【解析】“碱洗”是为了除去锌,生成 $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$,同时除去油污,A 正确;最终得到的 Fe_3O_4 纳米粒子中 Fe 为 +2、+3 价,则“氧化”时,部分 Fe^{2+} 与 ClO^- 发生氧化还原反应: $2\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$,故溶液中金属阳离子主要有 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Na^+ ,B 正确,C 错误;“加热沉铁”中 N_2 作保护气,防止 Fe^{2+} 被 O_2 氧化,D 正确。

12. C 【解析】 NaOH 溶液可与油脂发生皂化反应,使其从铁屑表面去除,A 正确;硫酸亚铁溶液与饱和硫酸铵溶液混合就能得到硫酸亚铁铵晶体,说明硫酸亚铁、硫酸铵、硫酸亚铁铵三种物质中,硫酸亚铁铵的溶解度最小,在溶液中先析出,B 正确;待锥形瓶中铁屑全部耗尽后,关闭 K_2 、 K_3 ,打开 K_1 ,不会再产生气体,①和②无压强差,②中溶液无法进入①中,C 错误;铁屑中有 FeS 杂质,与稀硫酸反应有杂质气体 H_2S 生成,利用 NaOH 溶液除去杂质气体 H_2S ,D 正确。

13. (1)将导管末端插入 D 中水面以下 将整个装置内的空气排尽

(2)三颈烧瓶 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

(3) K_1 、 K_3 关闭 K_1 、 K_3 ,一段时间后打开 K_2

(4)防止 $\text{Fe}(\text{II})$ 被氧化

(5)减小乳酸亚铁溶解度,使之析出,提高产量

【解析】铁与硫酸反应制备硫酸亚铁,打开 K_1 、 K_3 ,利用生成的氢气排尽装置中的空气,关闭 K_1 、 K_3 ,打开 K_2 ,生成的氢气将 B 装置中的硫酸亚铁溶液压入 C 中,硫酸亚铁与碳酸氢铵反应: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$,D 中导管伸入液面以下,形成封闭体系,防止空气中的氧气进入 C 装置中将 Fe^{2+} 氧化。(1) $\text{Fe}(\text{II})$ 易被氧化,为了避免 $\text{Fe}(\text{II})$ 被氧化,应使 $\text{Fe}(\text{II})$ 与氧气隔绝,步骤中的将导管末端插入 D 中水面以下,将整个装置内的空气排尽是为了达到这个目的。(2)由装置图可知,仪器 C 的名称为三颈烧瓶。C 中生成碳酸亚铁的离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。(3)步骤 b 利用生成的氢气排尽装置内的空气,应打开 K_1 ,使 B 中反应进行,打开 K_3 使生成的氢气充满装置,排尽空气,步骤 c 要使 B 装置中的硫酸亚铁溶液压入 C 中,应关闭 K_1 、 K_3 ,一段时间后打开 K_2 。(4) Fe^{2+} 容易被氧化为 Fe^{3+} ,加入铁粉可将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} 。(5)乳酸亚铁晶体易溶于水,几乎不溶于乙醇,故冷却,加入乙醇的目的是减小乳酸亚铁的溶解度,使之析出,提高产率。

14. (1) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ SiO_2

(2)增大固液接触面积,加快反应速率,提高红渣的浸取率

(3) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 \xrightarrow{\Delta} 3\text{FeSO}_4 + 2\text{S}$

(4)蒸发浓缩、冷却结晶、过滤(洗涤)

(5) $\text{K}^+ + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$

(6) $+2 \text{ 价 } 6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$

【解析】已知黄铁矿的主要成分是 FeS_2 ,杂质为 SiO_2 等,高

温煅烧生成 Fe_2O_3 ,反应原理为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$,故产生的红渣主要成分为 Fe_2O_3 和 SiO_2 ,将红渣粉碎后加入足量 50% 的 H_2SO_4 溶液,加热充分酸浸,反应原理为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,过滤出滤渣①,主要成分为 SiO_2 ,向滤液中加入黄铁矿进行还原,将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,由(3)可知有 S 沉淀生成,则反应原理为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 \xrightarrow{\Delta} 3\text{FeSO}_4 + 2\text{S}$,然后进行的工序①为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤,得到 FeSO_4 晶体和母液,加水溶解 FeSO_4 晶体,向所得溶液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,并用 H_2SO_4 调节溶液的 pH 为 3,加热进行沉铁过程,反应原理为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_4^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$,然后过滤出沉淀,洗涤后加入 H_2SO_4 和 NaClO_3 进行氧化,反应原理为 $6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+$,过滤、洗涤干燥即制得铁铵蓝。

(1)由分析可知,焙烧时 FeS_2 生成 Fe_2O_3 和 SO_2 ,反应原理为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$,滤渣①的主要成分为 SiO_2 。(2)红渣研细是为了增大固液接触面积,加快反应速率,提高红渣的浸取率。(3)红渣粉碎后加入足量 50% 的 H_2SO_4 溶液进行加热酸浸,过滤后滤液的主要成分为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 H_2SO_4 ,加入黄铁矿进行还原,将 Fe^{3+} 还原为

Fe^{2+} ,则反应原理为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 \xrightarrow{\Delta} 3\text{FeSO}_4 + 2\text{S}$ 。(4)工序①是从 FeSO_4 溶液得到绿矾,进行的操作应该是蒸发浓缩、冷却结晶、过滤(洗涤)。(5)工序①母液的主要成分是 FeSO_4 ,检验 Fe^{2+} 用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,反应的离子方程式为

$\text{K}^+ + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ 。(6)进行沉铁过程的反应原理为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_4^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$,该反应为非氧化还原反应,Fe 的化合价不变,故白色沉淀 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 中 Fe 为 +2 价,沉铁后过滤出沉淀,洗涤后加入 H_2SO_4 和 NaClO_3 进行氧化步骤,反应原理为 $6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

第 14 讲 金属材料 金属矿物的开发和利用

1. A 【解析】氢氧化铝是两性氢氧化物,溶于强酸强碱溶液,不溶于弱碱溶液,实验室内将 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液滴入硫酸铝溶液中,制备氢氧化铝,A 正确;铝在空气中不能燃烧,铝被氧化生成的氧化铝熔点高,B 错误;氯化铝在溶液中水解生成氢氧化铝和氯化氢,蒸发时氯化氢挥发,得到水解产物氢氧化铝,不能得到氯化铝,C 错误;常温下,铝在浓硫酸中发生钝化,不再继续反应,且应将浓硫酸加入水中进行稀释,稀硫酸和铝发生反应,题述操作不能探究不同浓度溶液中的反应,D 错误。

2. A 【解析】滴加几滴 KSCN 溶液,溶液变红,说明该溶液含有 Fe^{3+} ,不能判断是否含有 Fe^{2+} ,A 错误;将铝箔置于火焰上灼烧,其表面生成 Al_2O_3 ,铝箔熔化但不滴落,说明熔点:氧化铝 > 铝,B 正确;Al 与沸水反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 H_2 ,但由于反应缓慢,无明显现象,加入 NaOH , NaOH 与附着在 Al 表面的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 反应,促使铝与水的反应正向进行,产生大量氢气,C 正确;向 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中逐滴加入 NaOH 溶液至过量,先生成白色沉淀 $\text{Al}(\text{OH})_3$,后沉淀消失转化为 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$,说明 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 具有酸性,D 正确。

3. B 【解析】根据“价—类”二维图可知,a 为 Al ,b 为 Al_2O_3 ,c 为铝盐,e 为 $\text{Al}(\text{OH})_3$,c 与 d、d 与 e 可以相互转化,根据含有铝元素物质之间的相互转化可以得出 d 为四羟基合铝酸盐。反应⑤是四羟基合铝酸盐转化为氢氧化铝,离子方程式为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+(\text{少量}) = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$,属于复分

解反应,反应⑥是铝盐转化为氢氧化铝,离子方程式为 $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$,属于复分解反应,A正确。反应①是铝转化为铝盐,加酸可以实现转化,反应⑥是铝盐转化为氢氧化铝,通入氨气或者加少量碱可以实现转化,B错误。a转化为b时Al元素的化合价由0价升高到+3价,则1 mol a完全转化为b时,失去3 mol电子,C正确。c与d、d与e可以相互转化,根据含有铝元素物质之间的相互转化可以得出d为四羟基合铝酸盐,D正确。

4. D 【解析】石墨纤维属于无机非金属材料;聚酰胺为有机高分子合成材料,石墨纤维复合聚酰胺薄膜属于复合材料,不属于金属材料,A错误。氮化铝陶瓷属于新型无机非金属材料,B错误。玻璃纤维是由熔融状态下的玻璃快速抽拉而形成的细丝,玻璃纤维复合材料不属于金属材料,C错误。钛合金是合金,属于金属材料,D正确。

5. A 【解析】生铁用于炼钢和制造各种铸件,是由于生铁具有优良的铸造、切削加工和耐磨性能,题中性质与用途不具有对应关系,A错误;钠钾合金用于核反应堆的传热介质,是由于钠钾合金常温下呈液态、导热性好,B正确;镁锂合金用于制造火箭、导弹、航天器等,是由于镁锂合金具有密度小、硬度和强度大的特点,C正确;镍铬铝铜合金用于制备电路中的精密元件,是由于镍铬铝铜合金具有很高的电阻率,D正确。

6. C 【解析】电解熔融NaCl制取金属钠的反应中, Na^+ 得电子生成Na, Cl^- 失电子生成 Cl_2 ,钠元素被还原,氯元素被氧化,A正确;“曾青得铁则化为铜”的原理为铁和硫酸铜反应生成硫酸亚铁和铜,属于置换反应,B正确;在铝热反应炼铁过程中,1 mol Fe_2O_3 被Al还原生成Fe,Fe元素化合价从+3价降低为0价,转移电子为1 mol $\times 2 + 2 \text{ mol} \times 3 = 8 \text{ mol}$,C错误;高炉炼铁主要是利用CO的还原性将 Fe_2O_3 还原为Fe,D正确。

7. A 【解析】某矿石主要含CuO和 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$,以及少量 Fe_2O_3 、FeO和 SiO_2 ,酸浸时, SiO_2 不反应,滤渣A为 SiO_2 ,滤液B中含有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ,加物质C过滤,滤渣D最终转化为 Cu_3N ,滤液E最终转化为氧化铁,所以滤液E中含有 Fe^{2+} ,滤渣D为Cu和多余的Fe,物质C应该为铁粉,滤渣D加酸溶解,过滤,得到的滤液G为含 Fe^{2+} 溶液,滤渣F为Cu;滤液E中的 Fe^{2+} 与碳酸氢铵反应生成 FeCO_3 , FeCO_3 在空气中煅烧得到 Fe_2O_3 。Cu转化为 Cu_3N ,Cu的化合价升高为+1价,则每生成1 mol Cu_3N ,转移的电子为3 mol,A错误;滤液G为含 Fe^{2+} 溶液,滤液E中含有 Fe^{2+} ,所以滤液G可以并入滤液E加以利用,B正确;温度太高,会促进 NH_4HCO_3 分解,故需控制温度以防止 NH_4HCO_3 分解,C正确;通过过滤把 FeCO_3 从溶液中分离出来,需要洗涤、干燥,然后在空气中煅烧得到 Fe_2O_3 ,D正确。

8. D 【解析】步骤I的实验操作是过滤,分离出滤渣A和滤液A,A正确; SiO_2 不与稀硫酸反应,滤渣A是 SiO_2 ,滤液A中含 Al^{3+} 、 Fe^{3+} ,与过量NaOH溶液分别反应生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,滤渣B的化学式为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,B正确;步骤III中X为 CO_2 ,发生反应的离子方程式为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$,C正确;工业上常用电解熔融的金属氯化物来冶炼活泼金属单质(如镁、钠),电解熔融态的氧化铝冶炼金属铝,氯化铝为共价化合物,熔融状态无自由移动离子,D错误。

9. B 【解析】菱镁矿煅烧时, MgCO_3 转化为MgO,加氯化铵溶液浸出镁,化学方程式为 $\text{MgO} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{MgCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,A正确;加入氨水可将 Mg^{2+} 转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀,高温会使氨水挥发、一水合氨分解,B错误; Mg^{2+} 与 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 的氢氧化物都是难溶物沉淀,不同的沉淀其 K_{sp} 不同,可利用该原理选择沉淀的顺序,而且三者沉淀完全的pH是不一样的,只需要调节pH来完成,C正确;浸出产生的氨气可溶于水成为氨水,用于后续的沉镁,沉镁的滤液中的氯化铵可用来浸出轻烧粉,D正确。

10. (1)产生的 SO_2 会污染大气(合理即可)

(2)粉碎固体 FeS_2 、CuS

(3) $4[\text{CuCl}_2]^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Cu}^{2+} + 8\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 该温度下,硫酸铜的溶解度小于氯化铜

(4) $3\text{C} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO} \uparrow$

(5)① $\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+$

②12.00%

【解析】(1)黄铜矿的主要成分是 FeCuS_2 ,与空气在高温下煅烧,反应生成的 SO_2 会污染大气。(2)由反应II的离子方

程式及滤渣分离后物质可知,反应I中 FeCuS_2 与S反应得到 FeS_2 和CuS。(4)工业上炼钢时,为了降低碳含量,可将铁红投入熔融的生铁中,铁红是 Fe_2O_3 ,在高温下与C反应

生成Fe和CO,化学方程式为 $3\text{C} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO} \uparrow$ 。

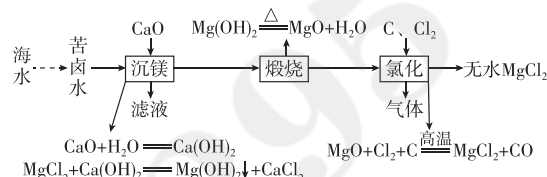
(5)①将 SO_2 通入 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中,发生氧化还原反应, SO_2 被氧化为 SO_4^{2-} , Fe^{3+} 则被还原为 Fe^{2+} ,离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+$ 。② $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液滴定 Fe^{2+} 的反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$,据得失电子守恒可得关系式: $3\text{SO}_2 \sim 6\text{Fe}^{2+} \sim \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$,则有 $n(\text{SO}_2) = 3n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 3 \times$

$0.020\ 00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 50.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 0.003\ 000 \text{ mol}$;标准状况下560 mL气体样品的总物质的量为0.025 00 mol,故所

得气体中 SO_2 的体积分数为 $\frac{0.003\ 000 \text{ mol}}{0.025\ 00 \text{ mol}} \times 100\% = 12.00\%$ 。

素养提升练(四) 科学探究——以金属及其化合物为主体的化学工艺流程分析

1. D 【解析】流程梳理:



物质X常选用生石灰,“沉镁”发生反应: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{CaCl}_2$,使 Mg^{2+} 转化成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$,A正确;工业上常用电解熔融 MgCl_2 制备金属镁,B正确;“氯化”过程中发生的反应为 $\text{MgO} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{MgCl}_2 + \text{CO}$,C正确;“煅烧”后的产物中加稀盐酸转化成 MgCl_2 ,不能通过加热蒸发 MgCl_2 溶液得到无水 MgCl_2 ,需在氯化氢气流中加热得到无水氯化镁,D错误。

2. B 【解析】由题意可知,“焙烧”过程中 FeO 、 Cr_2O_3 均被 O_2 氧化,同时Cr转化为对应钠盐,“水浸”时 Fe_2O_3 不溶,过滤除去滤渣,滤液①中存在 Na_2CrO_4 ,与淀粉的水解产物葡萄糖发生氧化还原反应得到氢氧化铬沉淀。“焙烧”过程中 Cr_2O_3 发生反应产生 CO_2 : $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 4\text{CO}_2$,A正确;“焙烧”过程中 FeO 被氧化,水浸后滤渣的主要成分为 Fe_2O_3 ,B错误;滤液①中Cr元素的化合价是+6价,溶液显碱性,所以Cr元素主要存在形式为 CrO_4^{2-} ,C正确;“转化”过程中Cr元素由+6价降低为+3价, CrO_4^{2-} 发生还原反应,淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用,D正确。

3. C 【解析】镉铁矿主要成分为 CdO 、 Fe_2O_3 、Fe和 SiO_2 ,加入稀硫酸“酸浸”, Fe_2O_3 与硫酸发生非氧化还原反应生成 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 H_2O , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 与Fe发生氧化还原反应生成 FeSO_4 ,A正确; CH_3OH 是“还原镉”步骤的还原剂,溶液中 Cd^{4+} 具有氧化性,可能将 CH_3OH 氧化为 CO_2 ,B正确;“氧化”步骤中 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,而 Fe^{3+} 可催化 H_2O_2 的分解反应,故“氧化”步骤产生的气体是 O_2 ,不能确定酸性条件下 H_2O_2 氧化 CH_3OH ,C错误;“沉镉”后生成 CdCO_3 ,存在沉淀溶解平衡,故滤液仍会残留少量的 Cd^{2+} ,排放前需进一步回收处理以防污染环境,D正确。

4. B 【解析】“氯化焙烧”时气体与矿料逆流而行的目的是使反应物充分接触,加快反应速率,A正确;“氯化焙烧”和“还原”的操作过程中均有氧化还原反应发生,“酸浸”的过程中各物质的化合价没有发生变化,不属于氧化还原反应,B错误; VO_2^+ 易水解,升高温度促进水解,所以“酸浸”的温度不宜过高的目的是防止 VO_2^+ 过度水解,C正确;“操作X”为反萃取、分液,需要烧杯、梨形分液漏斗,D正确。

5. C 【解析】由泥浆堆放后由灰色变为疏松的绿色粉状可以得出是铜被氧化,酸浸时可以进入溶液便于后期制备胆矾,A正确;常温下除氯, Cl^- 进入废液,可以在酸浸时减少HCl挥发,更加环保,B正确;pH=5时, $c(\text{OH}^-) = 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,经计算 $c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{2.79 \times 10^{-39}}{(1 \times 10^{-9})^3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.79 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,能使 Fe^{3+} 除尽, $c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} =$

$\frac{2.2 \times 10^{-20}}{(1 \times 10^{-9})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Cu^{2+} 也会随之沉淀, C 错误; 焙烧时加入 Na_2CO_3 , 可以使 V 元素转化成可溶性的钒酸盐, 水浸时进入溶液, 水浸除掉杂质元素, 更好地回收钒, D 正确。

6. C 【解析】焙烧时, FeS_2 与 O_2 反应生成 Fe_2O_3 和 SO_2 , 反应方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$, 用赤泥液吸收生成的 SO_2 , 反应方程式为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$, A 正确; 由于“碱浸”造成二氧化硅溶于氢氧化钾溶液, 滤液中含硅酸盐, 从“滤液”到“明矾”的过程中, 需要进行“除硅”步骤, B 正确; 聚合硫酸铁可用于净化自来水, 与其组成中的 Fe^{3+} 具有水解产生胶体的性质有关, 与其组成中的 Fe^{3+} 具有氧化性无关, C 错误; 在“聚合”阶段, 若增加 Fe_2O_3 用量, 碱性增强, x 变大, D 正确。

7. (1) Ca^{2+} 、 Mn^{2+}
(2) 除去过量的碳酸钠, 避免蒸发浓缩时析出碳酸锂
(3) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶于过量盐酸得到含 MgCl_2 溶液, 在 HCl 的气流中蒸发溶液得到无水 MgCl_2
(4) $0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
(5) 减少碳酸锂在洗涤过程中的损失

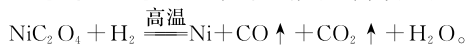
(6) $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{CoCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{LiCoO}_2 + 6\text{CO}_2$
【解析】(1) 海水中含浓度较大的 LiCl , 含少量 MgCl_2 、 CaCl_2 、 MnCl_2 等, 加入纯碱, 根据难溶物质的溶度积, 得到滤渣主要成分有 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 和 MnCO_3 , 故“除杂 1”步骤中除去的杂质离子为 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} 。(3) 因镁离子水解生成挥发性 HCl , 故蒸干 MgCl_2 溶液时需在 HCl 的气流中进行, 抑制水解, 由 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀制 MgCl_2 固体的具体操作为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶于过量盐酸得到含 MgCl_2 溶液, 在 HCl 的气流中蒸发溶液得到无水 MgCl_2 。(4) 20°C 时碳酸锂在水中的溶解度为 1.295 g , 即 100 g 水中最多溶解 $1.295 \text{ g Li}_2\text{CO}_3$,

$n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = \frac{1.295 \text{ g}}{74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0175 \text{ mol}$, 溶液体积 $V = \frac{(1.295 + 100) \text{ g}}{1.0148 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 99.8 \text{ mL} = 0.0998 \text{ L}$, 则 $c = \frac{0.0175 \text{ mol}}{0.0998 \text{ L}} \approx 0.18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(5) 根据信息可知“热水洗涤”的目的是减少碳酸锂在洗涤过程中的损失。(6) “合成”工序中碳酸锂和碳酸钴在高温条件下与空气中的氧气反应, 放出能使澄清石灰水变浑浊的气体二氧化碳并生成钴酸锂, 该反应的化学方程式为 $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{CoCO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{LiCoO}_2 + 6\text{CO}_2$ 。

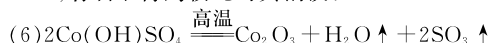
8. (1) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 制光导纤维或制玻璃或制纯硅 (2) $1:2$ (3) $3.2 \sim 7.2$ 9
(4) 草酸钠溶液碱性较强, 会生成 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 沉淀, 草酸铵中草酸根离子和铵根离子都水解, 使溶液的酸碱性保持在适合草酸镍生成沉淀而 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 不沉淀的环境 (NH_4)₂ SO_4
(5) $\text{NiC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Ni} + \text{CO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

【解析】向氧化镍废渣中加稀硫酸酸浸, SiO_2 不溶, 过滤除去, 滤液中加入 H_2O_2 溶液, 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 再加 NiO 调节溶液的 pH, 将 Fe^{3+} 转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀除去, 滤液中加入草酸铵, 将 Ni^{2+} 沉淀为 NiC_2O_4 , 最后用 H_2 还原 NiC_2O_4 得到镍。
(1) “酸浸”时 Fe_3O_4 和稀硫酸发生反应生成硫酸铁、硫酸亚铁和水, 离子方程式为 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。“滤渣 1”的主要成分是 SiO_2 , 可以用来制光导纤维、制玻璃、制纯硅等。(2) “转化”时 Fe^{2+} 被 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} , 氧化剂是 H_2O_2 , $1 \text{ mol H}_2\text{O}_2$ 得到 2 mol 电子, Fe^{2+} 是还原剂, 1 mol Fe^{2+} 失去 1 mol 电子, 根据得失电子守恒, 理论上消耗的氧化剂与还原剂的物质的量之比为 $1:2$ 。(3) “调 pH”的目的是使 Fe^{3+} 完全沉淀, 而 Ni^{2+} 不沉淀, 根据表中数据可知应控制的 pH 范围是 $3.2 \sim 7.2$ 。 Fe^{2+} 开始沉淀的 $\text{pH} = 7.5$, 则 $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = c(\text{Fe}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 0.01 \times (10^{-6.5})^2 = 1.0 \times 10^{-15}$, Fe^{2+} 沉淀完全时, $c(\text{Fe}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则此时溶液中 $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-15}}{1.0 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以溶液的 $\text{pOH} = 5$, $\text{pH} = 14 - 5 = 9$, 即 $a = 9$ 。(4) 草酸钠溶液碱性较强, 可能会生成 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 沉淀, 草酸铵中草酸根离子和铵根离子都水解, 使溶液的酸碱性保持在适合草酸镍生成沉淀而 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 不沉淀的环境, 所以不能用草酸钠代替草酸铵; 根据流程中加入的物质, 滤液的主要成

分是 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。(5) “还原”时 NiC_2O_4 与 H_2 反应, 气体产物为 CO 、 CO_2 , 且物质的量之比为 $1:1$, 则碳元素的化合价既升高, 又降低, 且升高和降低的数值相等, 该反应中 Ni 的化合价从 $+2$ 价降低到 0 价, H 的化合价从 0 价升高到 $+1$ 价, 则 NiC_2O_4 和 H_2 的化学计量数相等, 该反应的化学方程式为



9. (1) CO 和 SO_2 SiO_2
(2) $3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12} \downarrow + 6\text{CO}_2 \uparrow$ 若 Na_2CO_3 过量, pH 超过 2.0 , 会加速 Fe^{3+} 水解, 产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 黄钠铁矾产率降低
(3) 取适量滤液 1 于试管中, 滴加几滴 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 无蓝色沉淀产生, 说明 Fe^{2+} 已被完全氧化
(4) 0.013
(5) Fe^{2+} 的还原性强于 Co^{2+} , 优先被 NaClO 溶液氧化为 Fe^{3+} , 有利于得到较纯的黄钠铁矾



【解析】(1) FeCoS_4 与焦炭、空气在熔剂作用下焙烧得到金属氧化物, 生成 SO_2 和 CO 气体, SiO_2 不溶于硫酸, 则滤渣 1 的主要成分为 SiO_2 。(2) 滤液 1 中加入 NaClO 溶液, Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} , 在溶液 A 中加入适量的 Na_2CO_3 溶液调节 pH 为 $1.6 \sim 2.0$, 生成黄钠铁矾 $[\text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12}]$ 沉淀, 根据原子守恒可知该反应的化学方程式为 $3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{Fe}_6(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{12} \downarrow + 6\text{CO}_2 \uparrow$; 若 Na_2CO_3 过量, pH 超过 2.0 , 会加速 Fe^{3+} 水解, 产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 黄钠铁矾产率降低, 所以此步骤加入 Na_2CO_3 不宜过量。(3) 确定滤液 1 中的 Fe^{2+} 被氧化完全, 即检验滤液中无 Fe^{2+} , 检验亚铁离子一般用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 所以确定滤液 1 中的 Fe^{2+} 已被氧化完全的方法为取适量滤液 1 于试管中, 滴加几滴 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 无蓝色沉淀产生, 说明 Fe^{2+} 已被完全氧化。(4) 当溶液中 Mg^{2+} 刚好沉淀完全时, 测得溶液的 pH 为 3.5 , $c(\text{H}^+) = 10^{-3.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据 MgF_2 的

溶度积常数可知溶液中氟离子浓度为 $\sqrt{\frac{6.4 \times 10^{-9}}{1.0 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 8 \times 10^{-2.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 依据 HF 的电离常数可知此时溶液中 HF 的浓度为 $\frac{10^{-3.5} \times 8 \times 10^{-2.5}}{6.3 \times 10^{-4}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 0.013 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(5) 由于 Fe^{2+} 的还原性强于 Co^{2+} , 优先被 NaClO 溶液氧化为 Fe^{3+} , 有利于得到较纯的黄钠铁矾, 所以流程中 NaClO 溶液必须分两次加入。(6) $\text{Co}(\text{OH})\text{SO}_4$ 焙烧时生成 Co_2O_3 , 根据原子守恒可知还有水和三氧化硫生成, 则发生反应的化学方程式为 $2\text{Co}(\text{OH})\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \uparrow + 2\text{SO}_3 \uparrow$ 。

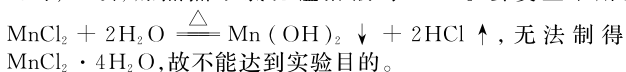
10. (1) d (2) SiO_2 $\text{Cu}^{2+} + \text{FeS} \rightleftharpoons \text{CuS} + \text{Fe}^{2+}$
(3) 是不合理的 稀硝酸被 Fe^{2+} 还原为 NO , 污染环境
(4) $\text{Cr}^{3+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (5) $1:4$

【解析】含镍废渣 (主要成分为 NiO 、 Fe_3O_4 , 还含有少量的 CuO 、 Cr_2O_3 、 SiO_2 等杂质) 加稀硫酸酸浸, 其中 SiO_2 不溶于稀硫酸, 过滤除去, 滤液中含 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 和 Cr^{3+} ; 酸性滤液中加入 FeS , 将 Cu^{2+} 形成沉淀 CuS 过滤除去; 加入过氧化氢溶液, 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 后, 加入 Na_2CO_3 溶液将 Fe^{3+} 形成黄钠铁矾沉淀, 过滤除去; 再加入 NaOH 溶液将 Ni^{2+} 形成沉淀, 过滤出氢氧化镍后在空气中灼烧生成碱式氧化镍。(1) 根据 Fe 、 Ni 元素基态原子核外电子排布式可知, 二者在周期表中位于 d 区。(2) 酸浸时 SiO_2 不溶于稀硫酸, 为滤渣; 酸性滤液中加入 FeS , 将 Cu^{2+} 形成沉淀 CuS 过滤除去, 离子方程式为 $\text{Cu}^{2+} + \text{FeS} \rightleftharpoons \text{CuS} + \text{Fe}^{2+}$ 。(3) “氧化”时, 若用稀硝酸代替过氧化氢溶液氧化 Fe^{2+} , 稀硝酸被 Fe^{2+} 还原为 NO , 污染环境。(4) 结合题干信息: 当溶液 $\text{pH} > 12$ 时, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 会转化为 CrO_4^{2-} , 则“沉镍”时, 加入 NaOH 溶液调节 pH 至 13 , 滤液中的 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 转化为 NaCrO_2 , 离子方程式为 $\text{Cr}^{3+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(5) “灼烧”时发生反应 $4\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{NiOOH} + 2\text{H}_2\text{O}$, 则氧化剂与还原剂的物质的量之比为 $1:4$ 。

第 15 讲 氯及其化合物

1. B 【解析】 Cl_2 与 Fe 反应需要加热, 所以在通常状况下, 干燥的 Cl_2 与 Fe 不反应, B 项错误。

2. C 【解析】A项,利用 MnO_2 和浓盐酸反应制氯气,需要加热,故不能达到实验目的;B项,洗气装置中气体应该是“长进短出”,且 Cl_2 和 HCl 都能与 NaHCO_3 溶液反应,应用饱和食盐水除去 Cl_2 中的 HCl ,故不能达到实验目的;C项, MnO_2 不溶于水, MnCl_2 能溶于水,可以用过滤法分离,故能达到实验目的;D项,加热蒸干氯化锰溶液时 MnCl_2 会发生水解:

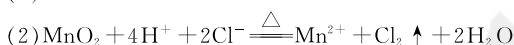


3. D 【解析】高锰酸钾和浓盐酸发生氧化还原反应生成氯气,离子方程式为 $16\text{H}^+ + 10\text{Cl}^- + 2\text{MnO}_4^- \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, A 正确;氯气将氯化亚铁氧化为氯化铁,铁离子遇到 KSCN 溶液显红色,发生的反应依次为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$, $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, B 正确;氯气与水反应生成 HCl 和 HClO , 氯水具有酸性和氧化性,石蕊溶液先变红后褪色, C 正确;氯气和碘化钾反应生成碘单质,淀粉遇碘单质变蓝色,说明氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{I}_2$, 氯气和溴化钾反应生成溴单质,溶液变橙色,说明氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$, 但不能说明氧化性: $\text{Br}_2 > \text{I}_2$, D 错误。

4. D 【解析】新制饱和氯水中氯气和水反应生成 HCl 和 HClO , 次氯酸不稳定, 光照发生分解生成 HCl 和氧气, 所以如用强光照射实验 1 中的溶液, 溶液酸性增强, pH 将减小, A 错误;实验 2 中滴加淀粉碘化钾溶液, 溶液变蓝色, 碘单质遇淀粉溶液变蓝, 证明新制饱和氯水存在氯气分子, 氯气置换出碘化钾中的碘, B 错误;实验 3 中向 FeCl_2 溶液中滴加新制饱和氯水, 溶液颜色变成棕黄色, 则反应后溶液中大量存在 Fe^{3+} , 但 Fe^{2+} 、 ClO^- 不能大量共存, C 错误;实验 4 中向新制饱和氯水中滴加 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液, HCO_3^- 与 H^+ 反应生成 CO_2 , 反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 平衡正向移动, 至恰好不再产生气泡, 此时 H_2CO_3 浓度达到饱和, 多重平衡体系共存, H_2CO_3 的第一步电离程度大于 HClO 的电离程度, 则有 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{ClO}^-)$, D 正确。

5. D 【解析】氯气的密度比空气的大, 应采用向上排空气法收集, 故需要将 a 导管延长至接近瓶底, A 正确;若撤去⑥, 则⑦中的水蒸气可能逆向进入⑤中, 导致 FeCl_3 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 受热分解变为 Fe_2O_3 , B 正确;加热时装置中的空气会与 Fe 反应, 故应先通入一段时间 Cl_2 , 以排尽装置中的空气, 防止加热时 Fe 被空气氧化, C 正确;干燥的氯气没有漂白性, 氯气没有酸性, D 错误。

6. (1) a b e d c



(3) 干燥 Cl_2 饱和食盐水

(4) 溶液变蓝 溶液红色变浅

【解析】(1) 制得的 Cl_2 中含有 HCl 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 杂质, 先依次通过饱和食盐水、浓硫酸除去杂质, 再利用向上排空气法收集, 然后通过碘化钾淀粉溶液探究其性质, 最后利用 NaOH 溶液进行尾气处理。因此实验装置接口连接顺序为 f a b e d c。

(2) E 装置中为 MnO_2 和浓盐酸反应制取 Cl_2 , 离子方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) B 装置中盛装浓硫酸, 作用是吸收 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 干燥 Cl_2 ; A 装置中试剂 X 是饱和食盐水, 作用是除去 HCl 。

(4) C 装置中氯气置换出单质碘, 碘遇淀粉变蓝, 因此溶液变为蓝色; D 装置中 Cl_2 与 NaOH 反应生成 NaCl 、 NaClO 、 H_2O , 溶液碱性减弱, 红色变浅。

7. A 【解析】臭氧、漂白粉、 ClO_2 都具有强氧化性, 都具有杀菌消毒的作用, A 正确;“84”消毒液中含次氯酸钠、氯化钠, 次氯酸钠与含 HCl 的洁厕灵会发生归中反应, 生成有毒的氯气, 不能增强消毒效果, B 错误;工业上将 Cl_2 通入冷的石灰乳中制备的是漂白粉, 漂白粉的主要成分是次氯酸钙和氯化钙, “84”消毒液的主要成分是次氯酸钠和氯化钠, C 错误;医疗上常用体积分数为 75% 的酒精溶液进行消毒, 而不是浓度越高越好, D 错误。

8. B 【解析】根据“价—类”二维图可知: a、b、c、d 分别为 HCl 、 Cl_2 、 ClO_2 、 HClO , e 可以为 KClO_3 。根据氧化还原反应归中规律, HCl 与 HClO 、 HCl 与 KClO_3 在酸性条件下发生归中反应, 均可以得到 Cl_2 , 故 A 正确; ClO_2 为一种新型自来水消毒剂, 代替 Cl_2 的原因是它的杀菌、消毒的能力更强, 故 B 错误; Cl_2 的水溶液里存在平衡: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$, 加入 CaCO_3 与 HCl 反应, 使上述平衡向右移动, HClO 的产量增多, 故 C 正确; e 若为 KClO_3 , 它的固体可用于实验室制 O_2 , 故

D 正确。

9. B 【解析】相较于实验①, 实验②中加入稀硫酸, 蓝色迅速褪去, 可能原因是 ClO^- 和 H^+ 结合生成 HClO , 溶液的漂白能力增强, A 正确;实验③中产生的气体是 Cl_2 , Cl^- 和 ClO^- 在酸性较强的条件下发生反应: $2\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, B 错误;对比实验②和③, 溶液 pH 的大小会影响反应过程, 会影响 ClO^- 的氧化性或 Cl^- 的还原性, C 正确;加酸可以提高“84”消毒液的漂白效果, 但酸的浓度过大会产生污染性气体 Cl_2 , 故需要调控到合适的 pH 才能安全使用, D 正确。

10. D 【解析】 NaClO_3 与盐酸发生反应生成有毒气体氯气, 因此反应①中不能用盐酸作强酸性介质, A 错误;反应中 NaClO_3 作氧化剂, Cl 元素的化合价由 +5 价降低为 +4 价, SO_2 作还原剂, S 元素的化合价由 +4 价升高为 +6 价, 参加反应的 NaClO_3 和 SO_2 的物质的量之比为 2 : 1, B 错误;在碱性介质中 ClO_2 与 H_2O_2 反应生成 NaClO_2 , Cl 的化合价由 +4 价降低为 +3 价, H_2O_2 在该反应中作还原剂, 而 NaClO_4 只能作氧化剂, 不能代替 H_2O_2 , C 错误;用原电池实现反应①, 根据原电池工作原理, 正极上得电子, 化合价降低, 即电极反应式为 $\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, D 正确。

11. C 【解析】①中制备 Cl_2 , 与空气在④中混合, 再进入②中与 Na_2CO_3 反应制备 Cl_2O , 之后通过足量四氯化碳除去多余的 Cl_2 , 最后 Cl_2O 在⑤中溶于水制备 HClO , 连接顺序为①→④→②→③→⑤, A 正确; Cl_2O 在 42 °C 以上会分解生成氯气和氧气, 为防止反应放热后温度过高导致 Cl_2O 分解, 装置②需放在冷水中, B 正确;氯气在水中的溶解度小于 Cl_2O , 与水反应得到的次氯酸中混有盐酸, 所得次氯酸的浓度小于 Cl_2O 与水反应得到次氯酸的浓度, 且氯气与水的反应中氯元素的利用率也小于 Cl_2O 与水的反应, C 错误;多孔球泡可以使反应物充分接触, 增大反应物接触面积, 故其作用是加快反应速率, 使反应充分进行, D 正确。

12. C 【解析】0.1 mol · L⁻¹ 盐酸的浓度较小, 制取氯气应用二氧化锰和浓盐酸共热反应, A 错误; S 的非金属性小于 Cl, 则 S_2Cl_2 中 S 为正价, Cl 为负价, 反应生成 S_2Cl_2 时 S 元素的化合价升高, S 作还原剂, B 错误;该反应在 120 °C 下进行, S_2Cl_2 沸点为 137 °C, 会有 S_2Cl_2 在锥形瓶中冷凝, 锥形瓶中能收集到少量黄红色液体, C 正确; S_2Cl_2 在空气中剧烈水解, 为防止 S_2Cl_2 与水接触, 应在图丁的玻璃导管与图丙的 b 接口之间再连接一个干燥装置, D 错误。

13. C 【解析】A 为制取 $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{Cl}_2\text{Na}$ 的装置, B 为除去氯气中的 HCl 的装置, C 为尾气处理装置, D 为制取氯气的装置, 完成题述实验, 按气流从左至右, 导管连接顺序为 f→c→d→a→b→e, A 正确;升高温度, 氯气和 NaOH 溶液反应可生成 NaClO_3 , 生成 NaClO 减少, 不利于装置 A 中产品的生成, B 正确;由反应方程式: $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$, $2\text{NaClO} + \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3 \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{Cl}_2\text{Na} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$, 可得关系式: $4\text{NaOH} \sim 2\text{NaClO} \sim \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3$, 加入 4 mol NaOH 时, 可消耗 1 mol $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3$, 由于制取 $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{Cl}_2\text{Na}$ 时也生成 NaOH , 则消耗氰尿酸大于 1 mol, C 错误;装置 D 是浓盐酸和 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 反应生成 Cl_2 , 由于产生气体, 装置 D 内压强较大, 使用橡皮管可平衡气压, 便于浓盐酸顺利流下, D 正确。

14. (1) C 2 : 1 (2) f→g→e→d→c→b
(3) 无需排除装置内空气的干扰; 可以随开随用, 随关随停
(4) 检查装置的气密性 K_3 出现红褐色液体
(5) $2\text{ClNO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow$
(6) 90.0 %

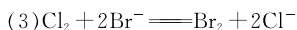
【解析】(1) 实验室制备氯气用加热二氧化锰和浓盐酸的混合物的方法, 应该选择 C 装置作为 Cl_2 发生装置, 化学方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 反应中二氧化锰是氧化剂, 氯化氢是还原剂, 参与反应的氯化氢只有一半被氧化, 被氧化的氯化氢与被还原的二氧化锰的物质的量之比为 2 : 1。(2) 制得的氯气中往往含有氯化氢和水蒸气, 需要用饱和食盐水除去氯化氢, 再用浓硫酸干燥, 利用向上排空气法收集一瓶干燥的氯气, 最后处理尾气, 装置连接顺序为 a→f→g→e→d→c→b→i→h。(3) 实验室也可用 B 装置制备 NO , 与之相比, X 装置无需排除发生装置内空气的干扰; 可以随开随用, 随关随停。(4) 涉及气体的反应, 组装好实验装置后应先检查装置的气密性, 然后依次装入试剂、打开 K_2 、再打开 K_3 , 通入一段时间 Cl_2 , 其目的是排尽三颈烧瓶中的空气, 防止 NO 、 ClNO 变质。两种气体在 Z 中发生反应

生成 ClNO, 冷却后变成红褐色液体。(5)亚硝酰氯(ClNO)遇水易反应生成一种氢化物和两种氮的常见氧化物, 其中一种呈红棕色, 为 NO₂, 氢化物为 HCl, 根据化合价的变化, 另一种氮的氧化物为 NO, 亚硝酰氯与水反应的离子方程式为 $2\text{ClNO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow$ 。(6)滴定过程中氯化氢与硝酸银反应生成氯化银白色沉淀, 当出现砖红色固体, 且半分钟内没有明显变化, 表示达到滴定终点, 则有 $n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = 0.022\ 50\ \text{L} \times 0.800\ 0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.018\ 00\ \text{mol}$, 则样品中亚硝酰氯的质量分数为

$$\frac{0.018\ 00\ \text{mol} \times 65.5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{250\ \text{mL}}{25.00\ \text{mL}}}{13.10\ \text{g}} \times 100\% = 90.0\%$$

第 16 讲 卤素 海水资源的开发和利用

1. C 【解析】苯不能与溴水反应, 能够萃取溴水中的溴, 使水层颜色变浅, A 错误; 过量的氯水能够与 KI 反应生成碘(I₂), 不能得出氧化性: Br₂ > I₂, B 错误; 向盛有淀粉-KI 溶液的试管中滴加几滴溴水, 振荡, 溶液变为蓝色, 说明 Br₂ 的氧化性比 I₂ 的强, C 正确; 若向淀粉和碘的混合溶液中滴加少量的硫氰化钾溶液, 碘未完全反应, 溶液也呈蓝色, 故溶液仍为蓝色不能判断(SCN)₂ 和碘的氧化性强弱, D 错误。
2. B 【解析】在 F 处, 可能是未反应完的 Cl₂ 与 KI 发生反应置换出 I₂, 淀粉遇 I₂ 变蓝, 不能说明 Br₂ 的氧化性比 I₂ 强。
3. B 【解析】淀粉-KI 溶液一般作为指示剂, 设计用双氧水滴定淀粉-KI 溶液无法判定终点, A 错误; 在酸性环境中, IO₃⁻ 与 KI 反应生成 I₂, B 正确; NO₂ 与水反应生成硝酸, 硝酸也具有强氧化性, 也可使淀粉碘化钾试纸变蓝, C 错误; 加入 AgNO₃ 溶液之前要用硝酸中和溶液中的碱, D 错误。
4. D 【解析】常温下 K₂Cr₂O₇ 和浓盐酸在 A 中反应生成氯气, 浓盐酸具有挥发性, 导致生成的氯气中含有 HCl, 用饱和食盐水除去氯气中 HCl, 氯气没有漂白性但次氯酸有漂白性, 氯气和溴化钠反应生成溴, 溴能和 KI 反应生成碘单质, 氯气有毒, 不能排入空气, 应该用 NaOH 溶液处理尾气。根据以上分析可知装置 A 发生反应生成氯气, 根据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒, 得到反应的离子方程式为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Cl}^- + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$, A 正确; 若装置 C 发生堵塞, 则装置 B 中压强增大, 因此长颈漏斗内液面会上升, B 正确; 要验证氯气没有漂白性, 应该用于干燥剂干燥氯气后用干燥的红色布条检验, 则为了验证氯气是否具有漂白性, I、II、III 分别放置湿润的有色布条、无水氯化钙、干燥的有色布条, C 正确; 将过量氯气通入溴化钠溶液中, 导致溶液中含有剩余氯气, 氯气也能氧化碘离子生成碘, 干扰实验, 所以若观察到锥形瓶下层液体呈紫红色, 不能证明氧化性: Br₂ > I₂, D 错误。
5. D 【解析】Br₂ + SO₂ + 2H₂O $\rightleftharpoons$ 2HBr + H₂SO₄, 生成的 HBr、H₂SO₄ 均为强酸, 故酸性增强, A 正确; I $\rightarrow$ II 是 Br₂ 的富集, 溶液中 Br₂ 的浓度: I < II, B 正确; 溴单质易挥发为溴蒸气, 所以用热空气吹出, 步骤②利用了溴易挥发的性质, C 正确; 乙醇与水互溶, 不能作为萃取剂, D 错误。
6. A 【解析】反应池中加入石灰乳产生 Mg(OH)₂ 沉淀, 则相同条件下 Mg(OH)₂ 比 Ca(OH)₂ 难溶, A 正确; MgCl₂ 易水解生成 Mg(OH)Cl, 干燥过程在 HCl 气流中进行, 防止加热分解 MgCl₂ · 6H₂O 时发生水解, B 错误; 题述流程未涉及置换反应, C 错误; 由流程图可知, 循环使用的物质是 Cl₂, D 错误。
7. D 【解析】A 装置中通入的 a 气体是 Cl₂, 将溴离子氧化为溴单质, 然后利用热空气将其吹出, A 正确; 实验时应在 A 装置中通入 a 气体一段时间后, 停止通入, 改通入热空气将溴吹出, B 正确; B 装置中通入的 b 气体是二氧化硫, SO₂ 和水将溴单质吸收, 发生的反应为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$, C 正确; C 装置的作用是吸收多余的 SO₂、Br₂ 和氯气, D 错误。
8. D 【解析】灼烧固体在坩埚中进行, A 正确; 向含 I⁻ 的滤液中加入稀硫酸和双氧水后, 碘离子发生氧化反应生成碘单质, B 正确; 碘单质在四氯化碳中溶解度大于在水中溶解度, 操作 a 是萃取, 操作 b 是分液, 操作 a 和 b 均在分液漏斗中进行, 最后再蒸馏分出碘, C 正确; 在含 I⁻ 的水溶液加入氧化剂后滴加几滴淀粉溶液, 溶液变蓝色, 说明 I⁻ 被氧化, 有碘单质生成, 但 I⁻ 不一定完全被氧化, D 错误。
9. (1) $\begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \\ \text{Cl} \\ \cdot \\ \cdot \end{array} : \text{Cl} : \begin{array}{c} \cdot \\ \cdot \\ \text{Cl} \\ \cdot \\ \cdot \end{array}$
(2) A 中湿润的淀粉-KI 试纸变蓝



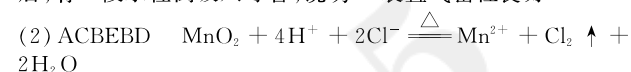
(4) 打开活塞 b, 将少量 C 中溶液滴入 D 中, 关闭活塞 b, 取下 D 振荡, 静置后 CCl₄ 层变为紫红色

(5) 确认 C 的黄色溶液中无 Cl₂, 排除 Cl₂ 对溴置换碘实验的干扰

(6) 原子半径逐渐增大

【解析】A 中滴加浓盐酸后, 发生反应: $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl}(\text{浓}) \rightleftharpoons 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, 生成的黄绿色气体 Cl₂ 在 A、B、C 中分别发生反应: $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} \rightleftharpoons 2\text{KCl} + \text{I}_2$, $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} \rightleftharpoons 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$, $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} \rightleftharpoons 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$, 由于 B、C 中生成了 Br₂ 而使溶液变为黄色; 夹紧弹簧夹, B 中继续反应生成 Br₂, 溶液变为红棕色; 关闭活塞 a 后, 打开活塞 b, C 中生成的 Br₂ 在 D 中发生反应: $\text{Br}_2 + 2\text{KI} \rightleftharpoons 2\text{KBr} + \text{I}_2$ 。实验过程 III, 当 B 中黄色溶液继续通入过量 Cl₂ 时, 溶液变为红棕色, 以此为对照, 说明 C 中黄色溶液无 Cl₂, 从而排除 Cl₂ 对溴置换碘实验的干扰。

10. (1) 从 A 装置的导管口连接一个导管伸入水中, 关闭分液漏斗活塞, 手握圆底烧瓶, 若导管口有气泡冒出, 手放开烧瓶后, 有一段水柱倒吸入导管, 说明 A 装置气密性良好

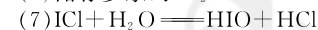


(3) 除去 Cl₂ 中混有的 HCl

(4) 减少 I₂ 的升华和 ICl 的挥发

(5) ①②⑤④③

(6) 储存多余的 Cl₂



【解析】(2) 利用二氧化锰与浓盐酸加热制备氯气, 氯气中含有氯化氢、水蒸气, 因此混合气体先通过饱和食盐水除去氯化氢, 再通过浓硫酸除去水蒸气, 得到干燥纯净的氯气, 氯气进入装置 E 中与碘进行反应, 由于 ICl(氯化碘)是红棕色液体, 易水解, 还必须连接装置 B, 最后多余的尾气被碱液吸收, 按气流方向装置的连接顺序为 ACBEBD; A 装置中发生

反应的离子方程式为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(5) 装置连接好后, 首先检查装置的气密性, 不漏气后, 加入药品, 打开分液漏斗活塞并点燃 A 中酒精灯, 反应开始进行, 用水浴法给装置 E 加热, 反应结束后, 停止加热 E, 充分冷却, 待温度降到室温后, 关闭分液漏斗活塞并熄灭 A 中酒精灯, 正确的实验步骤为①②⑤④③。(6) 在 A 装置后可连接如题图所示的装置, 当反应结束关闭分液漏斗活塞后, 关闭 K, 该装置可以用来储存多余的 Cl₂, 避免释放到空气中污染空气。(7) ICl 易发生水解, 与水反应生成 HCl 和 HIO, 反应的化学方程式为 $\text{ICl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HIO} + \text{HCl}$ 。

第 17 讲 硫及其化合物

1. C 【解析】单质硫或含硫物质燃烧, 无论氧气是否足量, 反应均生成 SO₂, A 错误; 单质硫不与 CS₂ 反应, 但能溶于 CS₂, 故试管内壁上的硫可用 CS₂ 除去, B 错误; S 与 Fe 加热反应生成 FeS, S 作氧化剂, 体现其氧化性, C 正确; 常温下, 单质硫可与汞反应生成 HgS, D 错误。
2. D 【解析】SO₂、漂白粉使红色墨水褪色, 前者是化合漂白, 后者是强氧化漂白, 活性炭使红色墨水褪色是利用了其吸附性, 褪色原理不同, A 错误; 酸性 KMnO₄ 溶液褪色是由于 MnO₄⁻ 被 SO₂ 还原为 Mn²⁺, SO₂ 表现还原性, B 错误; SO₂ 通入滴加酚酞的 KOH 溶液中, 可发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{KOH} \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 溶液的碱性减弱而褪色, 体现 SO₂ 是酸性氧化物的性质, C 错误; SO₂ 通入 FeCl₃ 溶液中, 溶液由棕黄色变为浅绿色, 说明 Fe³⁺ 被还原为 Fe²⁺, 体现 SO₂ 的还原性, D 正确。
3. C 【解析】由于 HCl 的酸性强于 H₂SO₃, SO₂ 通入 BaCl₂ 溶液中, 不可能产生 BaSO₃ 沉淀, 故 C 错误。
4. A 【解析】A 项, 点燃酒精灯前应先向装置内通一段时间 N₂, 排尽装置中的空气, 避免空气中的氧气干扰, 正确; B 项, 装置乙不能检验分解产生的 SO₂, 产物中的 SO₃ 会对 SO₂ 的检验造成干扰, 并且 SO₂ 只能使石蕊溶液变红, 错误; C 项, SO₃ 易溶于水, 当混合气体经过乙时, SO₃ 会被吸收, 所以要检验 SO₃, 应该把乙和丙的位置互换, 错误; D 项, 装置丁中 NaHSO₃ 溶液不能吸收 SO₂, 错误。
5. C 【解析】Na₂SO₃ $\rightarrow$ SO₂ 中 S 元素化合价不变, 是非氧化还原反应, A 正确; 滴入浓硫酸前先通入氮气, 赶走装置内的空

气,防止空气中的氧气影响 SO_2 性质的检验,B 正确; SO_2 与碳酸钠反应,pH 减小,酚酞的红色褪去,可能是 SO_2 溶于水呈酸性,不能说明 SO_2 有漂白性,C 错误;氯水中含有 Cl^- 和 HClO ,若氯水未反应完,也能使硝酸银产生沉淀及使品红褪色,则无法说明氯水与 SO_2 是否反应,不能说明 SO_2 具有还原性,D 正确。

6. B 【解析】铜与浓硫酸反应生成的气体,使酸性 KMnO_4 溶液、品红溶液褪色,通入 CuSO_4 溶液,无明显现象,推测该气体是 SO_2 ,A 正确;铝与浓硫酸反应产生的气体,通入 CuSO_4 溶液,出现黑色沉淀,推测生成气体中一定含 H_2S ,但仅据燃烧现象不能证明生成气体中含有 H_2S ,还可能生成 H_2 ,B 错误; Zn 与浓硫酸反应生成气体,能燃烧但通入 CuSO_4 溶液无明显现象,说明反应生成 H_2 ,据酸性 KMnO_4 溶液和品红溶液褪色,说明生成 SO_2 ,故生成的气体为混合气体,C 正确;对比表中金属与浓硫酸反应产生气体对应现象,说明还原产物与金属活动性强弱有关,D 正确。

7. D 【解析】浓硫酸难挥发,蘸有浓硫酸的玻璃棒接近浓氨水瓶口不会有白烟产生,故 A 错误;铜在潮湿的空气中氧化变质生成碱式碳酸铜,不是相应的金属氧化物,故 B 错误;浓硫酸溶于水放出大量的热,铜与浓硫酸反应后可能有浓硫酸剩余,根据浓硫酸稀释规律,应将反应液缓慢倒入水中,故 C 错误。

8. B 【解析】铁是活泼金属,与稀硫酸反应生成 FeSO_4 和 H_2 ,产生大量无色气体,A 正确;常温下,铁片在浓硫酸中发生钝化,表面生成致密氧化膜而变暗,氧化膜阻止内层铁与浓硫酸继续反应,故变暗后无明显现象,B 错误;铁与浓硫酸在加热时发生反应, H_2SO_4 被还原生成 SO_2 ,C 正确;对比实验 I 和 II 可知,硫酸的浓度对实验现象产生影响,对比实验 II 和 III 可知,反应温度对实验现象产生影响,D 正确。

9. C 【解析】装置 A 中注入浓硫酸后,可观察到试管中白色晶体变为黑色,体现了浓硫酸的脱水性,故 A 正确;浓硫酸与蔗糖脱水后生成 C,C 与浓硫酸反应的化学方程式为 $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,无水硫酸铜遇水变蓝,用于检验水的存在,故 B 正确;装置 C 中溶液褪色体现 SO_2 的漂白性,装置 D 中溶液褪色体现 SO_2 的还原性,故 C 错误; SO_2 也能使澄清石灰水变浑浊,故 D 正确。

10. C 【解析】该溶液中还可能含有 Ag^+ 或 SO_3^{2-} 等,A 错误;使澄清石灰水变浑浊的气体可能为 CO_2 、 SO_2 ,溶液中可能存在 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_3^{2-} 或 HSO_3^- ,B 错误;加入足量盐酸有气体产生,该气体为 SO_2 ,证明含有 SO_3^{2-} ,该步骤中 SO_3^{2-} 转化为 SO_2 ,排除 SO_3^{2-} 的干扰,再加入 BaCl_2 溶液有白色沉淀产生,该沉淀为 BaSO_4 ,说明一定含有 SO_4^{2-} ,所以 Na_2SO_3 样品已部分被氧化,C 正确;氯气也能使品红溶液褪色,D 错误。

11. D 【解析】粗盐中的杂质离子为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} ,可分别用过量的 Na_2CO_3 、 NaOH 、 BaCl_2 溶液将其转化为沉淀,A 正确;多余的 Ba^{2+} 可用 Na_2CO_3 除去,故 Na_2CO_3 溶液需在 BaCl_2 溶液之后加入,B 正确;检验 SO_4^{2-} 时,先加稀盐酸酸化,再加 BaCl_2 溶液,观察是否有白色沉淀,C 正确;滤液中多余的 CO_3^{2-} 、 OH^- 可用稀盐酸除去,D 错误。

12. A 【解析】浓氨水与 NaOH 固体混合产生 NH_3 ,与 SO_2 在溶液中生成了 SO_3^{2-} 、 NH_4^+ , SO_3^{2-} 与 Ba^{2+} 生成 BaSO_3 沉淀,A 正确;玻璃管的作用是连通大气,平衡气压,以便左右两侧产生的气体顺利导入 BaCl_2 溶液中,B 错误;若装置乙中产生 NH_3 ,由于 NH_3 极易溶于水,导管插入 BaCl_2 溶液中易引起倒吸,C 错误; BaCl_2 与 SO_2 不反应,无 BaSO_3 沉淀生成,氧化性气体可将 SO_3^{2-} 氧化为 SO_4^{2-} ,并与 Ba^{2+} 结合生成 BaSO_4 沉淀,D 错误。

第 18 讲 含硫化合物的转化及应用

1. A 【解析】硫酸盐和亚硫酸盐等在含硫杆菌及好氧/厌氧菌作用下缓慢转化成植物 $\text{R}_1-\text{S}-\text{R}_2$,含硫杆菌及好氧/厌氧菌促进了硫的循环,故 A 正确;硫循环中硫的化合物有含硫的有机物,不全是无机物,故 B 错误;含硫有机物、煤、石油生成 H_2S 的过程中硫元素化合价降低,硫循环中硫元素并不全被氧化,故 C 错误;烧煤时加石灰石,可减少酸雨,但不会减少二氧化碳,不会减少温室气体的排放,故 D 错误。

2. D 【解析】由图可知,a 为 H_2S ,b 为 SO_2 ,c 为 SO_3 ,e 为 H_2SO_3 ,d 为 H_2SO_4 。 H_2S 与 SO_2 反应生成硫和 H_2O ,A 正确;a 为 H_2S ,具有还原性,能与酸性高锰酸钾溶液反应,使溶液褪色,B 正确;c 为 SO_3 ,d 为 H_2SO_4 , SO_3 能与水剧烈反应: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$,C 正确;浓硫酸具有吸水性、脱水性和

强氧化性,但 b 是 SO_2 ,D 错误。

3. D 【解析】由图可知,含硫物质 A 与氧气反应可以生成 B 或 C,且 B 能与氧气反应生成 C,C 能与氧气反应生成 D,则 A 为硫化氢、B 为硫、C 为二氧化硫、D 为三氧化硫,由 D 可以与水反应生成 E,E 可以转化为 C 可知,E 为硫酸。A 为硫化氢,B 为硫,D 为三氧化硫,硫及硫化氢与氧化剂一定条件下反应只能转化为二氧化硫,都不能一步转化为三氧化硫,A 错误;硫化氢与二氧化硫反应生成硫和水,反应中二氧化硫的硫元素化合价降低被还原,二氧化硫表现氧化性,B 错误;工业上制备硫酸时,用 98.3% 的浓硫酸吸收三氧化硫,不能用水吸收三氧化硫,否则会因为形成酸雾导致吸收效率降低,C 错误;硫化氢与一定浓度的硫酸反应时,可以生成硫、二氧化硫和水,也可能生成二氧化硫和水,D 正确。

4. (1) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) +4 (3) 还原剂 氧化剂

(4) 取 D 中反应后的溶液少许于试管中,先加入盐酸酸化,再加入 BaCl_2 溶液,若有白色沉淀产生,则证明 D 中有 SO_4^{2-} 生成 bc

(5) 吸收 SO_2 尾气,防止污染环境

(6) 氧化还原

【解析】A 为 SO_2 的发生装置,反应的化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,B 为检验 SO_2 漂白性的装置,C 中 H_2S 溶液和 SO_2 发生氧化还原反应生成 S 沉淀,说明 SO_2 有氧化性, H_2S 有还原性,D 中 FeCl_3 溶液与 SO_2 反应生成 SO_4^{2-} , FeCl_3 作氧化剂,E 为尾气处理装置。

(1) A 为 SO_2 的发生装置,反应的化学方程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

(浓) $\xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(2) A 发生反应的化学方

程式为 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,硫元素的价态由 +6 价转化为 +4 价。(3) C 中 H_2S 溶液和 SO_2 发生反应 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$,可观察到有淡黄色沉淀生成,该反应中, H_2S 中 S 的化合价由 -2 价升为 0 价, H_2S 作还原剂,发生氧化反应, SO_2 中 S 的化合价由 +4 价降为 0 价, SO_2 作氧化剂,发生还原反应。(4) D 中发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$,要想证明硫元素的价态转化,只需要证明产物中有 SO_4^{2-} 即可,所以取 D 中反应后的溶液少许于试管中,先加入盐酸酸化,再加入 BaCl_2 溶液,若有白色沉淀产生,则证明 D 中有 SO_4^{2-} 生成;D 中 FeCl_3 作氧化剂,选项中酸性 KMnO_4 溶液和氯水具有强氧化性,可代替 FeCl_3 溶液。(5) SO_2 是污染性气体,需要尾气处理,E 装置的作用是吸收 SO_2 尾气,防止污染环境。(6) 硫元素常见的化合价有 -2、0、+4、+6,可以通过氧化还原反应实现不同价态含硫物质的相互转化。

5. B 【解析】在反应器中发生反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \xrightarrow{20 \sim 100^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$,在分离器中将 H_2SO_4 和 HI 分离,

HI 在膜分离器中分解为 H_2 和 I_2 , I_2 再循环到反应器中。二

氧化硫与碘水反应: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \xrightarrow{20 \sim 100^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$,硫酸和氢碘酸都是强酸,反应的离子方程式可表示为

$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2 \xrightarrow{20 \sim 100^\circ\text{C}} 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^-$,故 A 正确;

I_2 的沸点较低,温度过高会使 I_2 升华,从而减少 SO_2 的吸收,所以反应器中控制温度为 $20 \sim 100^\circ\text{C}$,升高温度则气体溶解度减小,故 B 错误;分离器中含有硫酸和氢碘酸,二者沸点不同,用蒸馏来分离,故 C 正确;反应器中发生反应 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$+ \text{I}_2 \xrightarrow{20 \sim 100^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$,在膜反应器中发生反应 2HI

$\xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{I}_2 + \text{H}_2$,将两反应方程式相加得碘循环工艺的总反应

为 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$,故 D 正确。

6. C 【解析】由图可知,过程 I 是 SO_2 与 NaOH 反应生成 Na_2SO_3 和 H_2O ,过程 II 是 Na_2SO_3 与 O_2 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 CaSO_4 和 NaOH ,生成的 NaOH 重新循环利用,故 A 正确;根据得失电子相等的原则,1 mol O_2 可以得到 4 mol 电子,2 mol Na_2SO_3 失去 4 mol 电子,1 mol O_2 可氧化 2 mol Na_2SO_3 ,故 B 正确;过程 I 是非氧化还原反应, SO_2 不表现还原性,故 C 错误;总反应中 SO_2 、 O_2 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 是反应物, CaSO_4 和水是生成物,总反应方程式正确,故 D 正确。

7. B 【解析】 SO_2 气体通入甲酸钠的碱性溶液中可以生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$,根据元素守恒和得失电子守恒写离子方程式,A 正

确;NaOH 溶液的主要作用是吸收多余的 SO_2 , B 错误;多孔玻璃球泡可以增大气体与溶液的接触面积,能够加快反应速率, C 正确; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 具有还原性,容易被氧气氧化,先利用 A 中产生的 SO_2 排出装置中的空气, D 正确。

8. C 【解析】操作①是过滤,操作④是从 NaHSO_3 溶液与 NaOH 溶液反应后的溶液中获得 Na_2SO_3 粗品,涉及蒸发浓缩、冷却结晶和过滤等操作, A 错误;步骤②中 Na_2CO_3 溶液吸收 SO_2 ,没有单质参加和生成,故不是置换反应, B 错误;步骤③中 NaHSO_3 溶液与 NaOH 反应生成 Na_2SO_3 和 H_2O , C 正确; Na_2SO_3 可能被空气中的 O_2 氧化为 Na_2SO_4 ,故亚硫酸钠粗品中可能含有 Na_2SO_4 , D 错误。

9. (1) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$
 (2) $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 (3) Fe
 (4) 取少量溶液于试管中,滴加 KSCN 溶液,如果溶液不显红色,证明溶液达标
 (5) 蒸发浓缩 冷却结晶
 (6) ① $8\text{Fe}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Fe}^{2+} + 10\text{H}^+$
 ② 升高温度,蛋白质变性,细菌失去催化能力
 (7) $\frac{166.8ab}{x}\%$

【解析】以硫铁矿(主要成分为 FeS_2)为原料制备硫酸亚铁晶体($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$):焙烧硫铁矿生成 SO_2 ,矿渣的成分为 Fe_2O_3 、 CuO 和 SiO_2 ,用硫酸溶解, Fe_2O_3 、 CuO 与硫酸反应而 SiO_2 不反应, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CuO} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$,过滤分离,滤渣为 SiO_2 ,滤液中含有 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 CuSO_4 及未反应的硫酸,加入铁粉将 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 还原为 Fe^{2+} 、 Cu ,过滤除 Cu 和过量 Fe,蒸发浓缩、冷却结晶等操作得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。(1)硫铁矿高温焙烧主要反应生成氧化铁和二氧化硫,根据原子守恒配平书写化学方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 。(2)烟气中的 SO_2 会污染环境,可用足量氨水吸收,离子方程式为 $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 。(3)加入的试剂 X 是 Fe,铁与硫酸铁反应生成硫酸亚铁,与 CuSO_4 反应生成 FeSO_4 和 Cu ,离子反应为 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ 。(4)铁离子与硫氰根离子发生络合反应生成红色络合物,离子方程式为 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$,检验“还原”得到的溶液是否达标就是看溶液中是否含有铁离子,用 KSCN 溶液检验是否含有 Fe^{3+} ,具体操作:取少量溶液于试管中,滴加 KSCN 溶液,如果溶液不显红色,证明溶液达标。(5)从“还原”得到的溶液中获得硫酸亚铁晶体的操作是蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥。(6)①过程 II 为 Fe^{3+} 与 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 反应生成 SO_4^{2-} 、 Fe^{2+} 和氢离子,反应为 $8\text{Fe}^{3+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 8\text{Fe}^{2+} + 10\text{H}^+$ 。②升高温度,蛋白质变性,细菌失去催化能力,故温度过高脱硫效率降低。(7) Fe^{2+} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 反应生成 Fe^{3+} 和 Cr^{3+} ,铁元素的化合价升高(+2 $\rightarrow$ +3),Cr 元素的化合价降低(+6 $\rightarrow$ +3),滴定反应的离子方程式为 $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$,可知

$$\frac{6\text{Fe}^{2+}}{6} \sim \frac{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}{1}$$

$$n(\text{Fe}^{2+}) = a \times b \times 10^{-3} \text{ mol}$$

 解得 $n(\text{Fe}^{2+}) = 6ab \times 10^{-3} \text{ mol}$,则硫酸亚铁晶体的质量为
 $m = nM = 6ab \times 10^{-3} \text{ mol} \times 278 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.668ab \text{ g}$,则 x g 样品中硫酸亚铁晶体的纯度为 $\frac{1.668ab \text{ g}}{x \text{ g}} \times 100\% = \frac{166.8ab}{x}\%$ 。

第 19 讲 氮及其化合物

1. D 【解析】氮在自然界中存在游离态,如空气中的 N_2 ,也有化合态,如蛋白质中的氮, A 项正确;氮气分子内存在氮氮三键,键能很高,氮气化学性质稳定,一般不和其他物质发生反应, B 项正确;在反应 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ 中, N 元素化合价降低, N_2 作氧化剂, C 项正确;放电条件下氮气与氧气反应生成一氧化氮, D 项错误。

2. C 【解析】能和碱反应生成一种盐和水的氧化物是酸性氧化物,一氧化氮和碱不反应,所以是不成盐氧化物, A 错误; N_2 和 O_2 在高温或放电条件下生成 NO , $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温或放电}} 2\text{NO}$, B 错误;一氧化氮是一种无色气体,具有还原性,能被氧气氧化产生二氧化氮, C 正确;一氧化氮是一种无色、难溶于

水的气体,在空气中易被氧化成红棕色的二氧化氮,故一氧化氮能用排水法收集,不能用排空气法收集, D 错误。

3. B 【解析】浓硝酸和铜反应生成硝酸铜、水和 NO_2 , A 正确; NO_2 的密度比空气大,应用向上排空气法收集,即导气管应长进短出, B 错误;根据题目所给信息可知, NO_2 可以和 NaOH 溶液反应得到可溶性盐,所以可以用 NaOH 溶液处理 NO_2 尾气, C 正确;试管中发生反应: $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$,可以使 NO_2 充分转化为 HNO_3 , D 正确。

4. A 【解析】液氨汽化时吸收大量的热导致周围温度急剧降低,所以液氨常用作制冷剂,故 A 正确;加热氯化铵会分解为 NH_3 和 HCl ,遇冷又生成 NH_4Cl ,加热时 I_2 会升华,所以不能用加热的方法除去 NH_4Cl 中的少量 I_2 ,故 B 错误;将蘸有浓氨水和挥发性酸(如盐酸和硝酸)的玻璃棒相互靠近,有白烟产生,而硫酸不是挥发性的酸,故 C 错误;氨通入紫色石蕊溶液后溶液应变蓝,而不是变红,故 D 错误。

5. C 【解析】 NH_3 极易溶于水, NaOH 稀溶液与 NH_4Cl 溶液混合生成 NaCl 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,不易释放出 NH_3 , A 错误; NH_3 可被浓硫酸吸收生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, B 错误; NH_3 与 CuO 在加热条件下反应,黑色固体变成红色, CuO 被还原为 Cu ,体现 NH_3 的还原性, C 正确; NH_3 极易溶于水,起不到防倒吸作用, D 错误。

6. D 【解析】 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热分解产生 NH_3 和 H_2O ,碱石灰吸水放热,促使该反应正向进行,有利于氨气的逸出, A 错误;检验氨气用湿润的红色石蕊试纸,遇碱性气体 NH_3 变蓝, B 错误;氨气极易溶于水,为了防止倒吸,从 b 口通入氨气, C 错误; CuSO_4 溶液中存在 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$,通入氨气后溶液变成深蓝色即产生 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$,推测 NH_3 的配位能力强于 H_2O , D 正确。

7. B 【解析】装置中制备氨气并作为反应物,加入药品前必须检查装置的气密性, A 正确;制备 NH_3 , a 中药品可能是 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体,不能是 NH_4Cl 固体, B 错误; b 中固体变红,氨气与 CuO 发生氧化还原反应, Cu_2O 中铜元素为 +1 价,故可能有 Cu_2O 生成, C 正确; c 中过量 NH_3 和生成的水能形成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,冷凝后能在冰水浴处收集到氨水,氧化还原反应时氨气中氮元素化合价升高, d 中可收集到 N_2 , D 正确。

8. B 【解析】由于 CO_2 可溶于水, NH_3 极易溶于水,应先通入足量 NH_3 ,使溶液呈碱性,然后再通入适量 CO_2 ,顺序不可以互换,故 A 错误;滤液中含 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,经加热浓缩、冷却结晶、过滤可得 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 晶体,故 B 正确;步骤②中反应的离子方程式为 $\text{CaSO}_4 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$,故 C 错误;反应过程中二氧化碳参与反应生成碳酸钙,碳酸钙分解生成二氧化碳,工艺流程中产生的 CO_2 可循环利用,但步骤②中应通适量二氧化碳,否则碳酸钙溶解,故 D 错误。

9. D 【解析】过量的铁粉中加入稀 HNO_3 生成 Fe^{2+} ,加入 KSCN 溶液时颜色不变,故①错误;浓 HNO_3 久置变黄是因为 HNO_3 分解产生的 NO_2 溶于浓 HNO_3 ,故②正确;铝箔遇浓 HNO_3 发生钝化,稀 HNO_3 会使铝箔溶解,故③错误;浓硝酸具有酸性和强氧化性,可使蓝色石蕊试纸先变红色后褪色,故④正确。

10. B 【解析】过程 I 中反应为 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) \rightleftharpoons 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,被还原硝酸的产物为 NO ,通过反应方程式可得出被还原的硝酸占反应硝酸总物质的量的 $\frac{1}{4}$, A 正确。二氧化氮与水反应生成硝酸和 NO ,化学方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$,由氮原子守恒可知,过程 III 中硝酸的浓度比过程 I 小,因为部分硝酸转化成 NO ,因此过程 III 反应速率比过程 I 快的原因不可能是 $c(\text{HNO}_3)$ 增大, B 错误。由 B 项分析可知, $c(\text{HNO}_3)$: I > III,但过程 II 生成 NO_2 , NO_2 可能对该反应具有催化作用,使反应速率加快, C 正确。当活塞不再移动时,再抽入空气, NO 与 O_2 反应生成 NO_2 , NO_2 溶于水生成稀硝酸,能够继续溶解铜, D 正确。

11. A 【解析】①中发生反应 $4\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,收集的气体中 O_2 体积的百分含量为 20%,与空气中 O_2 体积的百分含量(约 21%)接近,而空气不能使带火星的木条复燃,由此可推断 NO_2 能助燃, A 正确;浓硝酸能与红热的木炭反应生成 NO_2 ,不能证明浓硝酸具有不稳定性, B 错误;红热的木炭与试管中的氧气反应也能生成二氧化碳, C

错误;②③中生成的 NO_2 溶于水后生成 HNO_3 和 NO , NO 属于污染性气体, D 错误。

12. D 【解析】若实验之前不通入 N_2 , 则无法判断生成的红棕色气体 NO_2 是 NO 被空气中的 O_2 氧化得到的还是浓硝酸被还原得到的, 会干扰实验, A 错误; 若①中加入稀硝酸, 则会与铜生成无色气体 NO , 与实验现象不符, B 错误; 装置②中为水, 目的在于将反应生成的 NO_2 溶于水, 生成 NO : $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 装置③中为稀硝酸, 验证 NO 是否能被其氧化, C 错误; 装置⑤为尾气处理装置, 其中的溶液是氢氧化钠溶液, 经过装置④, 气体全部转化为 NO_2 , 因此装置⑤发生的反应为 $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$, D 正确。
13. D 【解析】沉淀量达到最大, 溶液中溶质为 NaNO_3 , 根据 N 原子守恒, 参加反应的 HNO_3 的物质的量为 $n(\text{NaNO}_3) + n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = (50 \times 10^{-3} \times 4 + \frac{2.24}{22.4}) \text{ mol} = 0.3 \text{ mol}$, 故 A 项错误; $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$, 根据离子方程式求出参加反应的 Cu 的物质的量为 $n(\text{Cu}) = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^{-3} \times 4 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$, 根据整个实验, Cu 失去的电子最终给了氧气, 根据得失电子数目守恒, 即 $n(\text{Cu}) \times 2 = n(\text{O}_2) \times 4$, 则 $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \times 0.1 \text{ mol} = 0.05 \text{ mol}$, 在标准状况下氧气的体积为 $0.05 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.12 \text{ L}$, 故 B 项错误; 铜和硝酸反应, 转移电子的物质的量为 $0.1 \text{ mol} \times 2 = 0.2 \text{ mol}$, 故 C 项错误; 设 NO 的物质的量为 $x \text{ mol}$, 则 NO_2 的物质的量为 $(0.1 - x) \text{ mol}$, 根据得失电子数目守恒, 即 $3x \text{ mol} + (0.1 - x) \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$, 解得 $x = 0.05$, 因此 NO_2 的体积(折算为标准状况)为 $(0.1 - 0.05) \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.12 \text{ L}$, 故 D 项正确。

第 20 讲 含氮化合物的转化及应用

1. D 【解析】氮的固定指将 N_2 转化为氮的化合物, 反应①将 N_2 转化为 NO , 属于氮的固定, 反应②属于自然固氮, A 正确; 由图可知, 氮循环过程中涉及氢、氧元素, B 正确; 反应④是 O_2 将 NH_3 氧化为 NO_3^- , N 元素化合价由 -3 价升高到 +5 价, 则 1 mol NO_3^- 生成失去电子 8 mol, 失去的电子被 O_2 得到, 根据转移电子关系 $\text{O}_2 \sim 4e^-$, 可知得 8 mol 电子需要 2 mol O_2 , C 正确; 反应③中 NO 转化为 NO_3^- , N 的化合价升高, 氮元素被氧化, 反应⑤中 NO_3^- 转化为 N_2 , N 的化合价降低, 氮元素被还原, D 错误。
2. A 【解析】氮的固定是将游离态的氮转化为化合态的氮, 氮气中氮元素化合价可升高可降低, A 正确; b 为 NO , 是无色气体, B 错误; 浓硝酸能使铝钝化, 可以盛放在铝制容器中, 稀硝酸与铝和氧化铝反应, 不可以保存在铝制容器中, C 错误; e 为硝酸盐, 其溶液不一定呈中性, 如硝酸铵溶液由于铵根离子水解, 溶液显酸性, D 错误。
3. D 【解析】A 为正盐, X 是一种强碱, 二者反应生成氯化物 B, 则 A 为铵盐, B 为 NH_3 ; B 连续与 Y 反应得到氧化物 D 与氧化物 E, E 的相对分子质量比 D 大 16, 则 Y 为 O_2 ; C 为 N_2 ; D 为 NO ; E 为 NO_2 , 通常条件下 Z 是无色液体, E 与 Z 反应得到含氧酸 F, 则 Z 为 H_2O ; F 为 HNO_3 , F 与 X 发生酸碱中和反应得到的 G 为硝酸盐。A 为铵盐, 属于离子化合物, 含有离子键, 铵根离子中还含有 N—H 共价键, 故 A 错误; B 为 NH_3 , Y 为 O_2 , E 为 NO_2 , 氨气与氧气反应不会直接生成 NO_2 , 故 B 错误; D 为 NO , NO 能够与氧气反应, 不能用排空气法收集, 故 C 错误; 一氧化氮不与 NaOH 溶液反应, 二氧化氮与氢氧化钠溶液反应, $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, 通过氢氧化钠溶液可以除去 NO 中含有的少量 NO_2 , 故 D 正确。
4. A 【解析】自然界“雷雨发庄稼”的第一步是将空气中的氮气转化为 NO , 工业生产硝酸的第一步是将氨气和氧气反应生成氨气, 氨气经催化氧化得到 NO , NO 被氧化为 NO_2 , NO_2 和水反应最后得到硝酸, A 项错误; 氮的固定是指将 N_2 转化为含氮化合物的过程, 其中氮的固定包括自然固氮、人工固氮, B 项正确; 氨气作为重要的工业原料可以制备化肥和纯碱等大宗化学品, C 项正确; 氮元素在自然界中既有游离态又有化合态, 多种形态的氮及其化合物间的转化形成了自然界的“氮循环”, D 项正确。
5. B 【解析】b、c、d 三个过程的转化都可以与 O_2 反应实现, A

正确; NO_2 溶于水反应产生 HNO_3 和 NO , 生成物中含有 NO_3^- , 在该过程中 N 元素化合价发生了变化, 因此不能根据过程 h 说明 NO_2 为酸性氧化物, B 错误; 汽车尾气中含有

NO , 在尾气排放管中发生反应: $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$, 实现了由 NO 向 N_2 的转化, 故过程 j 可能为汽车尾气的处理过程, C 正确; 氮的固定是指将氮气转化为氮的化合物的过程, 反应 c、k 都属于单质转变为化合物, D 正确。

6. D 【解析】汽车尾气的主要污染物有 CO 、 NO 等, N_2 不是污染物, A 错误; 由图可知, NO 、 O_2 、 CO 在催化剂表面反应生成 CO_2 和 N_2 , NO 、 O_2 是氧化剂, N_2 是还原产物, B 错误; NO 与空气中 O_2 相遇即可发生反应生成 NO_2 , 不需要催化剂, C 错误; NO 、 O_2 、 CO 在催化剂表面反应生成 CO_2 和 N_2 , 结合守恒规律写出化学方程式: $2\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$, D 正确。

7. B 【解析】甲是 N_2 , 与 H_2 化合生成 NH_3 ; 反应 V 是侯氏制碱法原理, 丁是 NaHCO_3 , 受热分解生成 Na_2CO_3 ; NH_3 发生催化氧化生成 NO , NO 与 O_2 反应生成 NO_2 , NO_2 溶于水生成 HNO_3 , HNO_3 和 NH_3 反应生成 NH_4NO_3 , 即乙是 NO , 丙是 NO_2 。甲、乙、丙三种物质中都含有氮元素, A 正确; 反应 IV 为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 氧化剂和还原剂均是 NO_2 , B 错误; NaHCO_3 分解生成的 CO_2 可以循环利用, C 正确。

8. C 【解析】吸收硝酸工业尾气的石灰乳不能用澄清石灰水替换, 因为石灰水中溶质太少, 不能很好地吸收尾气, 故 A 正确; 为使尾气中 NO_x 被充分吸收, 尾气与石灰乳采用气液逆流, 使得接触面积增大, 能充分吸收, 故 B 正确; 反应过程中有① $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$, ② $4\text{NO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 若尾气中, $n(\text{NO}_2) : n(\text{NO}) < 1 : 1$, 说明一氧化氮比二氧化氮多, 则尾气中 NO 含量较多, 以反应①为主, 但当 $n(\text{NO}_2) : n(\text{NO}) > 1 : 1$ 时, NO_2 含量较多, $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 产品中 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 含量升高, 故 C 错误; $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 在酸性溶液中分解, 亚硝酸根离子发生氧化还原反应即歧化反应, 其离子方程式为 $3\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ = \text{NO}_3^- + 2\text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 故 D 正确。

9. D 【解析】根据反应 I 和反应 II 可知, NO 和 NO_2 体积比为 1 : 1 时吸收率远大于 2 : 1, 故曲线 I 表示 NO 和 NO_2 体积比为 1 : 1 的混合气体吸收率的变化, A 正确; 当 NaOH 浓度高于 $1.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 吸收率下降的原因可能是 NaOH 黏稠度过高, 不利于氮氧化物气体的吸收, B 正确; 向 NO 和 NO_2 体积比为 2 : 1 的混合气体中通入少量 O_2 , O_2 可以将 NO 氧化为 NO_2 , 可提高氮氧化物气体的吸收率, C 正确; 将 1 mol NO 和 3 mol NO_2 混合气体通入足量 NaOH 溶液中完全吸收, 由反应 I 和 II 可知, 所得溶液中 $\frac{n(\text{NaNO}_2)}{n(\text{NaNO}_3)} = 3 : 1$, D 错误。

10. (1) $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ d
(2) $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 2.24
(3) a (4) 缺少尾气处理装置

【解析】(1) 由题给条件和实验装置图可知, 装置 A 是制备氧气的装置, 装置 B 是制备氨气的装置, 装置 A 的圆底烧瓶中

发生反应的化学方程式为 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。装置 E 可以使氨气和氧气充分混合, 观察装置 E 中气泡的速率可以控制通入氨气和氧气的体积比, 装置 E 还可以平衡装置内的压强; 因为氨气极易溶于水, 所以锥形瓶中液体不能是饱和食盐水, 选 d。(2) H 中 NO_2 和 H_2O 反应生成 HNO_3 : $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 铜与稀硫酸不反应, 溶液呈蓝色, 说明铜与硝酸发生了反应: $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.15 \text{ L} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.15 \text{ mol}$, $n(\text{H}^+) = 0.15 \text{ mol} \times 2 = 0.3 \text{ mol}$, $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.15 \text{ mol}$, 根据上述反应和题目要求, 可知 $3\text{SO}_4^{2-} \sim 3\text{Cu}^{2+} \sim 8\text{H}^+ \sim 2\text{NO}_3^-$, 故需要 H^+ 和 NO_3^- 分别为 0.4 mol 和 0.1 mol, H_2SO_4 已提供 0.3 mol H^+ , 则需要 HNO_3 的物质的量为 0.1 mol, 根据 $\text{NH}_3 \sim \text{NO} \sim \text{NO}_2 \sim \text{HNO}_3$, 可知需要 NH_3 的物质的量为 0.1 mol, 在标准状况下的体积为 2.24 L。(3) 过程 IV 的反应是 NH_3 与 HNO_3 的反应, 则应停止供 O_2 , 关闭 K_2 , 熄灭酒精灯, 使氨气进入 G 发生反应, 选 a。(4) 整套装置没有尾气处理装置。

第 21 讲 无机非金属材料

1. C 【解析】二氧化硅是酸性氧化物, 但是二氧化硅不溶于水,

- 与水不反应, A 错误; 二氧化硅制成的光导纤维, 由于其良好的光学特性而被用于制造光缆, B 错误; 碳酸的酸性强于硅酸, 二氧化硅不能与碳酸钠溶液反应, 但在高温时, 二氧化硅能够与碳酸钠固体反应生成硅酸钠和二氧化碳, C 正确; 由化学方程式 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, 可知当生成 2.24 L (标准状况) 即 0.1 mol CO 时, 得到 0.05 mol 即 1.4 g Si, D 错误。
2. C 【解析】 SiO_2 虽然既能与 NaOH 溶液反应, 又能与氢氟酸反应, 但 SiO_2 属于酸性氧化物, A 项错误; 高温下 SiO_2 能与 Na_2CO_3 固体反应生成 Na_2SiO_3 和 CO_2 , 二氧化碳气体逸出, 会促进反应进行, 并不能说明硅酸酸性强于碳酸, B 项错误; SiO_2 会与碱性溶液反应, C 项正确; $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3$ 不能直接一步转化, D 项错误。
3. D 【解析】①中 SiO_2 与 C 反应生成 Si 和 CO, 氧化剂是 SiO_2 , 还原剂是 C, 据得失电子守恒可知, SiO_2 和 C 的物质的量之比为 1:2, A 正确; ②中消耗 HCl 生成 H_2 , ③中消耗 H_2 生成 HCl, 故流程中 HCl 和 H_2 可以循环利用, B 正确; 反应①②③均符合“单质+化合物→新单质+新化合物”, 故均属于置换反应, C 正确; 反应③在 1100 °C 下, SiHCl_3 与 H_2 反应生成高纯硅和 HCl, 该反应为吸热反应, D 错误。
4. A 【解析】二氧化硅在高温下与 C 反应生成 CO, 即步骤①的化学方程式为 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, 故 A 错误; 步骤①中 Si 元素的化合价降低 4 价, 每生成 1 mol Si 转移 4 mol 电子, 故 B 正确; 高纯硅是半导体, 是制造集成电路、太阳能电池的常用材料, 二氧化硅是制造光导纤维的基本原料, 故 C 正确; 二者沸点相差较大, 可以采用蒸馏的方法分离, 故 D 正确。
5. C 【解析】本题制备高纯硅, 反应 $\text{H}_2 + \text{SiHCl}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ 在装置Ⅳ中进行, 装置Ⅰ的目的是制备氢气, 氢气中含有水蒸气, 会对后续实验产生干扰, 必须除去, 因此装置Ⅱ的作用是除去氢气中的水蒸气, 即装置Ⅱ中盛放浓硫酸, 装置Ⅲ的作用是提供 SiHCl_3 气体, 因此在水浴中加热, A 错误; 实验时应先通入氢气, 目的是排尽装置中的空气, 防止发生危险, B 错误; 硅单质不与盐酸反应, 铁与盐酸反应生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 被 H_2O_2 氧化成 Fe^{3+} , Fe^{3+} 与 KSCN 溶液反应, 溶液变红色, 可以鉴定是否含有铁单质, C 正确; 用稀 NaOH 溶液制备氨, 需要加热, 装置Ⅰ中没有加热装置, 因此不能制备氨, D 错误。
6. B 【解析】玻璃、陶瓷、水泥的主要成分是硅酸盐类, 都属于传统的无机非金属材料, A 正确; 碳纳米管、富勒烯、石墨烯都是新型无机非金属材料, B 不正确; 晶体硅的导电性介于导体与绝缘体之间, 是应用最广泛的半导体材料, C 正确; 光导纤维的主要成分是二氧化硅, D 正确。
7. B 【解析】氮化铝 (AlN) 是一种无机物, 所以氮化铝晶圆是无机非金属材料, A 正确; 计算机芯片的成分是硅晶体, 不是二氧化硅, B 错误; 石墨烯是单层石墨结构, 属于无机非金属材料, C 正确; 合金属于金属材料, D 正确。
8. B 【解析】石墨烯与金刚石为同种元素即碳元素形成的不同单质, 互为同素异形体, A 正确。和酸反应只生成一种盐和水, 的氧化物为碱性氧化物, 故氧化钠是碱性氧化物; CO 与碱、水等不反应, 为不成盐氧化物, B 错误。生产原理是 $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{一定条件}} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ (石墨烯), 有单质 C 生成, 不属于复分解反应, 反应中 C 元素化合价发生变化, 属于氧化还原反应, C、D 正确。
9. D 【解析】焦炭与石英砂发生反应 $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$, 焦炭被氧化成 CO, A 正确; “高温氮化”是 Si 与氮气化合生成 Si_3N_4 , 化学方程式为 $3\text{Si} + 2\text{N}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}_3\text{N}_4$, B 正确; 原料气中含有 N_2 和少量的 O_2 , 氧气能与 Cu 反应生成 CuO, N_2 不与 Cu 反应, 操作 X 可以得到纯净氮气, C 正确; 粗硅中含有少量 Fe 和 Cu, 即 Si_3N_4 中含有少量 Fe 和 Cu, Fe、Cu 与稀硝酸反应, 得到可溶于水的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 稀硝酸可以除去 Si_3N_4 中 Fe 和 Cu, 但 Cu 不溶于稀硫酸, 故不能用稀硫酸, D 错误。
10. (1) 第三周期第ⅣA 族 (2) Mg_2Si
(3) 适当加热、适当提高酸的浓度、搅拌等
(4) H_2 、 SiHCl_3
(5) $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1100 \sim 1200\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$ H_2 、HCl
【解析】以硅石 (SiO_2) 为原料, 经过与镁反应生成硅、MgO 和 Mg_2Si , 得到粗硅, 经过加入稀硫酸、过滤, 经 HCl 氧化后得到 SiHCl_3 , SiHCl_3 与 H_2 热解, 得到冶金级高纯硅。(1) 硅

元素为 14 号元素, 在元素周期表中的位置为第三周期第ⅣA 族。(2) SiO_2 与金属镁高温还原得 Si 和 MgO, 另外过量的镁可与生成的硅反应生成 Mg_2Si 。(3) 根据反应速率的影响因素可知, 加快“酸浸”速率的方法有将粗硅粉碎、适当升温、适当增大硫酸的浓度、搅拌等。(4) 根据题给条件知 SiHCl_3 中 Si 元素为 +4 价, H 元素为 -1 价, Cl 元素为 -1 价, 故 HCl 中 +1 价的 H 元素得电子后生成 SiHCl_3 和 H_2 , 二者均为还原产物。(5) 根据反应流程知“热解”过程所得产物为高纯硅和氯化氢气体, 该反应的化学方程式为 $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{1100 \sim 1200\text{ }^\circ\text{C}} \text{Si} + 3\text{HCl}$; 根据流程图可知循环利用的物质有 H_2 和 HCl。

11. (1) $\text{Si} + 3\text{HCl} \xrightarrow{300\text{ }^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$
(2) $\text{SiHCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2 \uparrow + 3\text{HCl}$
(3) $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
(4) 平衡压强, 使液体顺利流下 浓硫酸 使 SiCl_4 冷凝
(5) Al、P
【解析】(2) SiHCl_3 遇水剧烈反应生成 H_2SiO_3 、HCl 和 H_2 , 反应的化学方程式为 $\text{SiHCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2 \uparrow + 3\text{HCl}$ 。(4) 装置 A 中 g 管可以平衡压强, 使液体能顺利流下; 装置 C 中由浓硫酸吸收氯气中的水蒸气, 干燥气体; 装置 E 中的 h 瓶收集四氯化硅, 为使 SiCl_4 冷凝, 该装置需要冷却。(5) E 中收集的粗产物中混有 BCl_3 、 AlCl_3 、 FeCl_3 、 PCl_3 , 精馏 BCl_3 使其汽化, 除去 BCl_3 、 AlCl_3 、 FeCl_3 、 PCl_3 均留在瓶中, 精馏后的残留物中含有杂质元素 Fe、Al、P。

素养提升练 (五) 学科价值——化学与 STSE

1. B 【解析】小苏打的主要成分是 NaHCO_3 , B 错误。
2. B 【解析】二氧化硫与氧气反应, 二氧化硫表现出还原性, 所以少量的二氧化硫可用作葡萄酒的抗氧化剂, A 正确; 泡沫灭火器的瓶身内装有硫酸铝溶液和碳酸氢钠溶液, 灭火时两种溶液混合生成氢氧化铝和二氧化碳的泡沫混合液, B 错误; 过氧化钠和二氧化碳反应生成碳酸钠和氧气, 可用作呼吸面罩和潜水艇的供氧剂, C 正确; 维生素 C 具有还原性, 与补铁口服液一起服用可以防止 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 促进人体对铁元素的吸收, D 正确。
3. A 【解析】高锰酸钾溶液具有强氧化性, 可以吸收乙烯, 用作水果保鲜剂, A 正确; 烘焙面包利用的是小苏打受热易分解产生 CO_2 的性质, B 错误; 石灰石的主要成分是 CaCO_3 , CaCO_3 属于盐类, C 错误; 镁铝合金密度小、强度高、耐腐蚀, D 错误。
4. C 【解析】含氨基等基团的离子交换树脂为阴离子交换树脂, A 错误; 燃煤中加入 CaO 可以减少二氧化硫的排放, 不能减少二氧化碳的排放, B 错误; 新能源主要有太阳能、核能、风能等, C 正确; 纳米铁粉可以与污水中的 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 等重金属离子发生置换反应, D 错误。
5. D 【解析】黑暗的电影院中, 放映口发出的光会在影院中形成光柱是气溶胶产生了丁达尔效应, A 正确; 铝与氢氧化钠溶液反应生成四羟基合铝酸钠和氢气, 反应产生的氢气可疏通堵塞的下水管道, 且氢氧化钠具有腐蚀性, 故铝与氢氧化钠固体混合物可作下水管道的疏通剂, B 正确; 青瓷的颜色是由釉中所含的氧化亚铁产生出来的, 故氧化亚铁可应用于瓷器制作中使釉呈绿色, C 正确; 亚硝酸与氨基生成氮气的反应可用于蛋白质含量检测, 体现了亚硝酸的氧化性, D 错误。
6. A 【解析】维生素 C 具有还原性, 能与氧气反应, 故可作抗氧化剂, A 正确; Mg 可与 CO_2 反应继续燃烧, 故不可用泡沫灭火器, B 错误; 计算机芯片的主要成分是硅晶体, C 错误; 75% 的乙醇溶液使蛋白质变性而消毒, 84 消毒液是利用 NaClO 的强氧化性消毒, 两者消毒原理不相同, D 错误。
7. A 【解析】光化学烟雾是一次污染物 [如氮氧化物 (NO_x)、碳氢化合物等] 在光照条件下发生化学反应后生成的二次污染物, 主要含有臭氧、过氧硝酸酯等, A 正确; 蛋白质溶液中加入适量的饱和硫酸钠溶液, 引起蛋白质的盐析, B 错误; 碳纤维属于新型无机非金属材料, C 错误; 氢燃料电池是利用氢氧燃料电池即原电池的原理提供电能, D 错误。
8. A 【解析】利用的是 Fe_3O_4 具有磁性的性质, 可将印有磁性编码的货币投入磁码识读器中辨识真伪, A 错误; 钛合金具有强度高、耐腐蚀性好、耐热性高等优点, 属于被广泛应用的金属材料之一, B 正确; 有机涂料中的有机溶剂能挥发出有害物质, 而水性涂料是用水作溶剂或者作分散介质的涂料, 相对于有机涂料更环保, C 正确; 氢原子钟是一种精密的计时器具,

它利用原子能级跳跃时辐射出来的电磁波去控制校准石英钟,D正确。

9. C 【解析】钠以盐的形式广泛存在于海水、矿物中,因此钠离子电池相比于锂离子电池,具有原料储量丰富,价格低廉的优点,A正确;红外光谱仪可测定化合物中存在的基团,故通过红外光谱仪可检测球形核酸结构中是否存在磷酸基等官能团,B正确;纳米酶分散到水中形成的分散系为胶体,本质特征是分散质的粒子直径为 $1\sim 100\text{ nm}$,C错误;柔性纤维电池中,正极发生得电子的还原反应,D正确。
10. D 【解析】机身材料钛合金属于金属材料,故A正确;石墨可以导电,则天线材料中的石墨具有导电性,故B正确;硅是重要的半导体材料,高纯硅可以用于制造太阳能电池板,故C正确;热控材料纳米气凝胶属于胶体,胶粒直径为 $1\sim 100\text{ nm}$,故D错误。
11. B 【解析】 SiO_2 中Si原子形成4个 σ 键,无孤电子对,杂化方式为 sp^3 ,A正确; BaSO_4 难溶于水,但溶于水的 BaSO_4 完全电离,所以 BaSO_4 为强电解质,B错误;将纳米二氧化硅微球分散到蒸馏水中形成胶体,不能透过半透膜,能用渗析的方法将其分离出来,C正确;根据题干信息描述可知,该涂层在恶劣环境下能保持良好的性能,包括高温、水浸泡、机械磨损和阳光照射等,D正确。
12. D 【解析】钛合金属于金属材料,A正确;液氧甲烷火箭中甲烷为燃料,液氧为氧化剂,B正确;石墨烯与足球烯(C_{60})是由碳元素形成的不同单质,互为同素异形体,C正确;从空气中取水,即从空气中分离出水,发生物理变化,D错误。
13. D 【解析】宇航服使用聚酰胺纤维等多种合成纤维,A正确;聚乙烯是高分子材料,且结构中有单键和双键交替,具有电子容易流动的性质,可以导电,B正确;复合材料一般具有强度高、质量轻、耐高温、耐腐蚀等优异性能,其综合性能超过了单一材料,C正确;高吸水性树脂是含有羧基、羟基等强亲水基团并具有一定交联的网状高分子化合物,不一定都含有羟基,D错误。
14. A 【解析】“气溶胶”属于胶体,其分散质粒子直径为 $1\sim 100\text{ nm}$,A错误;火山喷发会有大量 SO_2 生成,进入大气中形成硫酸型酸雨,B正确;火山周围存在大量的矿产资源,其中黄铁矿的主要成分为 FeS_2 ,可以用于工业制硫酸,C正确;岩浆中含有各种金属的硅酸盐,且玉石是各种金属的硅酸盐经过复杂的物理、化学变化形成的,D正确。
15. C 【解析】推进风力发电、光伏发电,可减少煤炭的使用,从而减少大气中二氧化碳的排放,A不符合题意;资源化利用二氧化碳,可减少大气中二氧化碳的含量,同时减少其他资源的使用,有利于节能减排,B不符合题意;将燃煤进行脱硫脱硝,可减少大气中二氧化硫及氮氧化物的排放,但没有减少大气中二氧化碳的排放,对碳达峰或碳中和没有促进作用,C符合题意;植树造林、节能减排,有利于大气中二氧化碳的转化与利用,从而减少大气中二氧化碳的含量,有利于促进碳达峰或碳中和,D不符合题意。
16. C 【解析】植物可通过光合作用吸收 CO_2 ,故植树造林可降低 CO_2 含量,A正确; CaO 或氨水均具有碱性,能与酸性气体 CO_2 反应,B正确; CO_2 分解反应需要吸收热量,C错误;将 CO_2 转化为 CH_4 ,可实现 CO_2 的资源化利用,D正确。
17. A 【解析】剩菜剩饭、菜根菜叶等厨余垃圾可经生物技术就地处理堆肥,废物利用,减少污染,A正确;聚乙烯、聚氯乙烯塑料露天焚烧,会产生有害气体和烟尘,污染大气,B错误;废旧电池、灯管、过期药品等垃圾,应分类回收处理,C错误;丝、毛的成分为蛋白质,含有氮、碳、氧、氢等元素,灼烧除了生成 CO_2 和 H_2O 外,还会生成氮气或氮氧化物,D错误。

素养提升练(六) 科学探究——以非金属及其化合物为主体的“微实验”和“微流程”

1. C 【解析】制取 NO_2 要选用Cu与浓硝酸反应,不能选用稀硝酸,A错误; NH_4Cl 受热分解生成 NH_3 和 HCl ,遇冷重新化合生成 NH_4Cl ,不能用于制取 NH_3 ,B错误; H_2O_2 在 MnO_2 催化下分解生成 H_2O 和 O_2 ,用排水法收集 O_2 ,C正确; KMnO_4 和浓盐酸在常温下反应生成 Cl_2 , Cl_2 的密度大于空气的密度,采用向上排空气法收集,选择装置c,D错误。
2. D 【解析】导气管直接插入溶液可能会因为压强变化较大发生倒吸,反应生成的气体可能会有 NO ,不能被氢氧化钠溶液吸收,A正确;配制70%硫酸溶液是将浓硫酸加入水中稀释,需要的玻璃仪器有量筒、烧杯、玻璃棒,B正确;为排除空气对

实验的干扰,滴加浓硫酸之前应先通入氮气,目的是排尽装置内的空气,C正确;装置B中产生的白色沉淀为 BaSO_4 ,可能是 Fe^{3+} 将 SO_2 氧化成 SO_4^{2-} ,也可能是 NO_3^- 将 SO_2 氧化成 SO_4^{2-} ,D错误。

3. C 【解析】①中发生反应 $2\text{NaClO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,S元素的化合价升高, Na_2SO_3 为还原剂; $2\text{ClO}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 中O元素化合价也升高, H_2O_2 为还原剂,A正确;装置②④的作用分别是防倒吸、吸收生成的 ClO_2 ,防止污染空气,B正确; ClO_2 与氢氧化钠溶液的反应为 $6\text{ClO}_2 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + 5\text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,氯酸钠提取工艺以蒸发冷却结晶法和盐析法为主,C错误;反应结束时,通氮气的目的是将仪器中残留的气体排入④中,排空污染气体,保证实验安全结束,D正确。
4. D 【解析】甲装置中制备 H_2S ,乙装置通入 H_2S 前先利用 KOH 和 I_2 反应制备 KIO_3 ,化学方程式为 $3\text{I}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{\Delta} \text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$;然后通入 H_2S , H_2S 和 KIO_3 发生反应 $3\text{H}_2\text{S} + \text{KIO}_3 \xrightarrow{\Delta} 3\text{S} \downarrow + \text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$,据此分析作答。仪器a、b为恒压滴液漏斗,利用碘酸钾与硫化氢气体反应制备碘化钾,由于碘酸钾为溶液,硫化氢为气体,需先关闭K制备碘酸钾,然后将硫化氢通入碘酸钾溶液制备碘化钾,A正确;碘单质溶解后溶液呈棕黄色,随着碘单质与氢氧化钠反应生成无色的碘化钾和碘酸钾,溶液逐渐变为无色,B正确;硫化氢为弱电解质,加入稀硫酸能抑制硫化氢的电离,降低其溶解度,使其逸出吸收,C正确;由上述分析可知,黄色沉淀为S,4.8 g S的物质的量为0.15 mol,由反应的化学方程式可知硫元素由-2价升高为0价,0.15 mol S转移0.3 mol电子,则每生成1 mol KI转移1 mol电子,故共生成0.3 mol KI,其质量为49.8 g,D错误。
5. B 【解析】装置乙用于制取 N_2 ,反应的化学方程式为 $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2 \uparrow + \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$,A正确;装置乙中产生的 N_2 先干燥,再通入丙中反应,故仪器连接顺序为c→b→a→d→e→g→f,B错误;实验时,先点燃装置乙中的酒精灯,制取 N_2 并排尽装置内的空气,再点燃装置丙中的酒精喷灯进行反应,C正确;由于 Ba_3N_2 遇水反应, BaH_2 在潮湿空气中能自燃,遇水反应,所以装置甲和装置丁的作用相同,都用于吸收水蒸气,防止水蒸气进入装置丙中,D正确。
6. C 【解析】装置X的作用是除去二氧化碳中混有的 HCl 杂质,其中盛放的试剂应为饱和 NaHCO_3 溶液,A正确;装置Y用于制氨气,氨气极易溶于水,通入 LaCl_3 溶液时要注意防倒吸,则C连E,装置W用于制二氧化碳,制取的二氧化碳中混有 HCl 杂质,需通过装置X除去 HCl 气体,则F连接B,A连接D,导管的连接方式为F→B,A→D,E→C,B正确;装置W用于制取二氧化碳,将盐酸用稀硫酸代替,生成的 CaSO_4 会附着在石灰石表面,不利于气体的产生,C错误;实验开始时,先打开Y中分液漏斗的旋塞,先通入氨气,使 LaCl_3 溶液呈碱性以吸收更多的二氧化碳,一段时间后再打开W中分液漏斗的旋塞,D正确。
7. A 【解析】电解 NH_4Cl 溶液和稀盐酸混合液得到 NCl_3 溶液和气体X, $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NCl}_3$ 发生氧化反应, NCl_3 是氧化产物,酸性条件下不能生成 NH_3 ,气体X必然是还原产物,则X应为 H_2 ,电解方程式为 $\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{HCl} \xrightarrow{\text{电解}} 3\text{H}_2 \uparrow + \text{NCl}_3$; NCl_3 溶液中加入 NaClO_2 溶液,得到 ClO_2 、气体Y和溶液Z,化学方程式为 $6\text{NaClO}_2 + \text{NCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 6\text{ClO}_2 \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{NaCl} + 3\text{NaOH}$,则Y为 NH_3 ,Z为 NaCl 和 NaOH 的混合溶液。气体X为 H_2 ,为阴极的还原产物,气体Y为 NH_3 ,既不是氧化产物,也不是还原产物,A错误。由上述分析可知,Cl在2个反应中均有化合价的变化,B正确。有0.1 mol NH_4Cl 参与反应,生成0.3 mol H_2 和0.1 mol NCl_3 ,0.1 mol NCl_3 与 NaClO_2 反应,生成0.1 mol NH_3 ,由于每步反应不一定进行完全且可能有副反应,则有 $n(\text{X}) + n(\text{Y}) \leq 0.40\text{ mol}$,C正确。制取1 mol ClO_2 ,需要 $\frac{1}{6}$ mol NCl_3 ,据N原子守恒可知,至少需要 $\frac{1}{6}$ mol NH_4Cl ,D正确。
8. A 【解析】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 晶体中Na元素为+1价,S元素为+4价,O元素为-2价,故该晶体中无过氧键,故A错误; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 中S元素为+4价,久置空气中可以被 O_2 氧化为+6价,发生反应: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2\text{NaHSO}_4$,故B

正确;反应Ⅱ中加入 Na_2CO_3 中和 NaHSO_3 , 化学方程式为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaHSO}_3 = 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 故 C 正确;根据题意可知 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 可由 NaHSO_3 过饱和溶液经结晶脱水制得, 故反应Ⅲ中充入 SO_2 是为了得到 NaHSO_3 过饱和溶液, 故 D 正确。

9. A 【解析】 SiO_2 不溶于 H_2SO_4 溶液, SiO_2 溶于 HF 溶液, 故 A 错误;合成 1 中反应为 $\text{Na} + \text{Al} + 2\text{H}_2 = \text{NaAlH}_4$, Na 、 Al 元素化合价升高, H 元素化合价降低, Na 、 Al 是还原剂, H_2 是氧化剂, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1:1, 故 B 正确;根据元素守恒, 合成 2 的反应为 $\text{SiF}_4 + \text{NaAlH}_4 = \text{SiH}_4 + \text{NaAlF}_4$, 故 C 正确;净化、热解中 Si 元素化合价降低发生还原反应, 生成的多晶硅为还原产物, 故 D 正确。
10. D 【解析】反应 1 中 NaClO_3 与 SO_2 发生氧化还原反应生成 ClO_2 , 根据反应规律推测氧化产物为 Na_2SO_4 , 故母液中主要成分是 Na_2SO_4 , A 正确;反应 2 中氧化剂是 ClO_2 , 还原剂是 H_2O_2 , 反应生成 NaClO_2 , 据得失电子守恒可知, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2:1, B 正确; NaClO_2 受热易分解, 故减压蒸发可以降低蒸发时的温度, 提高产品产率, C 正确;1 mol ClO_2 生成 Cl^- 时转移 5 mol 电子, 1 mol Cl_2 生成 Cl^- 时转移 2 mol 电子, 故以生成 Cl^- 时转移电子数目来衡量, 相同物质的量时 ClO_2 的消毒能力是 Cl_2 的 2.5 倍, 相同质量则不是, D 错误。
11. D 【解析】“合成”过程中 I_2 与 NaOH 溶液主要发生反应: $\text{I}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaI} + \text{NaIO} + \text{H}_2\text{O}$, 结合信息可知还有副产物 IO_3^- , 则所得溶液中主要含有 I^- 、 IO^- 、 IO_3^- 和 Na^+ , A 正确;“还原”过程水合肼将 IO_3^- 还原为 I^- , 水合肼则被氧化为 N_2 , B 正确;由 B 项分析可知, $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 被氧化后的产物为 N_2 和 H_2O , 不引入杂质, C 正确;氧化剂: $\text{NaIO}_3 \rightarrow \text{I}^- \sim 6e^-$, 还原剂: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \sim 2e^-$, 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 1:3, D 错误。

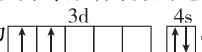
第 22 讲 原子结构 原子核外电子排布

1. A 【解析】 ^{204}Pb 和 ^{206}Pb 是 Pb 元素形成的两种核素, 二者互为同位素, A 错误; Pb 是 82 号元素, Pb 的质子数为 82, 则 ^{204}Pb 含有中子数为 $204 - 82 = 122$, B 正确;质谱法的最大作用是准确测定物质的相对分子质量, ^{204}Pb 和 ^{206}Pb 的质量数不同, 故可以用质谱法区分, C 正确; Pb 和 Ge 是同主族元素, Pb 是第六周期元素, Ge 是第四周期元素, 则 Pb 的原子半径比 Ge 大, D 正确。
2. A 【解析】 H 、 D 、 T 是氢元素形成的 3 种不同核素, 互为同位素, A 正确; H 、 D 、 T 的物理性质不同, 化学性质基本相同, B 错误; H 、 D 、 T 之间的转化不属于化学变化, C 错误;由 ${}_6^{11}\text{Li} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_4^7\text{Be}$ 可知, 生产氦的过程中同时生成 ${}_2^4\text{He}$, D 错误。
3. A 【解析】 Sr 的原子序数为 38, 第四周期最后一种元素 Kr 的原子序数为 36, 故 Sr 位于周期表的第五周期、第ⅡA族, A 错误; ^{87}Sr 和 ^{86}Sr 的质量数不同, 可以用质谱法进行区分, B 正确; ^{87}Sr 和 ^{86}Sr 的质量数分别为 87、86, 质子数均为 38, 故含有中子数分别为 49 和 48, C 正确;在同一地域土壤中 $\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}$ 值不变, 故同一地域产出的同种土壤生物中 $\frac{{}^{87}\text{Sr}}{{}^{86}\text{Sr}}$ 值相同, D 正确。
4. D 【解析】根据 ${}_6^X\text{X} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^Y\text{Y} + {}_0^1\text{n}$ 得到 ${}_6^X\text{X}$ 的质量数为 $3 + 4 - 1 = 6$, 质子数为 $2 + 1 - 0 = 3$, 则 ${}_6^X\text{X}$ 的中子数为 $6 - 3 = 3$, A 正确; ${}_1^1\text{H}$ 、 ${}_1^2\text{H}$ 、 ${}_1^3\text{H}$ 是质子数相同、中子数不相同的原子, 三者互为同位素, B 正确; ${}_{11}^{23}\text{Na} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{11}^m\text{Y} + {}_0^1\text{n}$, 则 ${}_m^Y\text{Y}$ 的质量数为 $1 + 14 - 3 = 12$, 质子数为 $7 - 1 = 6$, ${}_{12}^6\text{C}$ 可用于测定相对原子质量, C 正确;基态 N 原子核外有 7 个电子, 故基态 N 原子核外电子的运动状态有 7 种, D 错误。
5. B 【解析】 ${}_{60}^{140}\text{Nd}$ 和 ${}_{60}^{142}\text{Nd}$ 是同种元素的不同核素, 互为同位素, A 错误; ${}_{60}^{140}\text{Nd}$ 和 ${}_{60}^{142}\text{Nd}$ 的核外电子数均为 60, 核外电子排布相同, 化学性质相同, B 正确; ${}_{60}^{140}\text{Nd}$ 原子的中子数为 80、质子数为 60, 二者之差为 20, C 错误;元素的相对原子质量是按照该元素的各种天然同位素所占的一定百分比计算出的平均值, 则 14 g 钕元素对应的钕原子的物质的量不一定是 0.1 mol, 含有电子的物质的量也不一定是 6 mol, D 错误。
6. D 【解析】由题给的四种元素基态原子的轨道表示式可知, 在一个原子轨道里, 最多能容纳 2 个电子, 符合泡利原理, A 正确;电子排在同一能级的不同轨道时, 总是优先单独占据一个轨道, 符合洪特规则, B 正确;任意能层的能级总是从 s 能级开始, 而且每个能层所具有的能级数等于该能层序数, C 正

确;若在同一原子轨道里有 2 个电子, 则它们的自旋相反, 若在同一能级的不同轨道里有 2 个电子, 则自旋平行, D 错误。

7. B 【解析】由题图可知, 基态铅原子的价层电子排布为 $6s^2 6p^2$, 根据洪特规则可知, $6p$ 轨道上 2 个电子分占 2 个轨道, 且自旋平行, 故铅原子 $6p$ 能级有 2 个未成对电子, A、D 正确;同一能级轨道上电子的能量相同, 故铅原子最外层的 $6s$ 轨道上电子能量相同, $6p$ 轨道上电子能量相同, 但 $6s$ 轨道与 $6p$ 轨道上的电子能量不同, B 错误;铅元素的相对原子质量是 207.2, C 正确。
8. C 【解析】基态 O 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 电子共占据 5 个原子轨道, 故其核外电子的空间运动状态有 5 种, A 正确; F 原子核外有 9 个电子, 其基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^5$, B 正确; As 与 P 同主族, 在 P 的下一周期, 则基态 As 原子的简化电子排布式为 $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^3$, C 错误;基态 Fe 原子的核外电子排布式为 $[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$, 则其价层电子排布为 $3d^6 4s^2$, D 正确。
9. C 【解析】基态 F 原子核外电子的排布式为 $1s^2 2s^2 2p^5$, 则其空间运动状态有 5 种, A 正确;基态 S 原子的价层电子排布为 $3s^2 3p^4$, 其价层电子轨道表示式为 $\begin{array}{c} 3s \quad 3p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \uparrow \end{array}$, B 正确;离核越远, 能量越高, 故 $2s$ 能级的能量 $> 1s$ 能级的能量, C 错误;基态 N 原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 根据洪特规则, $2p$ 轨道的 3 个电子分占 3 个不同轨道, 有 3 个未成对电子, 基态 O 和 S 原子有 2 个未成对电子, F 有 1 个未成对电子, 故基态 N 原子核外未成对电子数最多, D 正确。
10. D 【解析】某元素基态原子的最外层电子数为 2, 价层电子数为 5, 并且是同族中原子序数最小的元素, 则其基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ 或 $[\text{Ar}] 3d^3 4s^2$, 应为钒 (V) 原子, 其中只有 $3d$ 轨道有 3 个未成对电子。
11. C 【解析】基态碳原子核外电子占据 $1s$ 、 $2s$ 轨道和 2 个 $2p$ 轨道, 故其核外电子的空间运动状态有 4 种, A 正确;基态 N 原子核外有 7 个电子, 其运动状态均不相同, 故核外有 7 种运动状态不同的电子, B 正确;基态原子中未成对电子数: $\text{N} > \text{C} > \text{O} > \text{Al} = \text{H}$, C 错误;基态 O 原子的价层电子排布为 $2s^2 2p^4$, 故其价层电子轨道表示式为 $\begin{array}{c} 2s \quad 2p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \uparrow \end{array}$, D 正确。
12. A 【解析】用 α 粒子 (${}_2^4\text{He}$) 分别轰击 ${}_Z^AX$ 和 ${}_Z^AY$, 发生核反应: ${}_Z^AX + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_Z^mX + {}_0^1\text{n}$ 和 ${}_Z^AY + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_Z^mY + {}_0^1\text{n}$, ${}_Z^mX$ 原子质量数为 $11 + 4 - 1 = 14$, 且基态 ${}_Z^mX$ 原子的能级数与未成对电子数相等, 则 Z 为 N, $u = 7$, $a = 7 + 0 - 2 = 5$, 则 X 为 B, ${}_Z^mY$ 的质量数为 $22 + 1 - 4 = 19$, 质子数为 $10 + 1 - 2 = 9$, 则 Y 为 F。用 α 粒子轰击 ${}_Z^AX$ 原子核发生变化, 不属于化学变化, A 错误; Y 为 F, 核外有 9 个电子, 各电子的运动状态均不同, B 正确; X 为 B, Y 为 F, 基态 X 和 Y 原子核外未成对电子数之比为 1:1, C 正确;非金属性越强, 其简单氢化物还原性越弱, 则 Y 、 Z 简单氢化物的还原性: $Z > Y$, D 正确。
13. (1) 球形 (2) $\begin{array}{c} 1s \quad 2s \quad 2p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow\uparrow\uparrow \end{array}$
(3) ① 6 ② N ③ 哑铃
(4) ① $1s^2 2s^1$ ② $<$ Fe^{3+} 的 $3d$ 轨道处于半充满的稳定状态, 其稳定性强于 Fe^{2+}
【解析】(1) 基态氢原子的核外电子排布式为 $1s^1$, $1s$ 原子轨道为球形。(2) 基态氮原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, 轨道表示式为 $\begin{array}{c} 1s \quad 2s \quad 2p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow\uparrow\uparrow \end{array}$ 。(3) ① 基态 Mg 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, 故核外电子的空间运动状态有 6 种。基态 Al 原子核外有 13 个电子, 各电子的运动状态均不同, 故其核外电子的运动状态有 13 种。② 基态 K 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$, 电子占据的最高能层为 N 层;基态 K^+ 的最高能级为 $3p$ 能级, $3p_x$ 、 $3p_y$ 、 $3p_z$ 原子轨道为哑铃形。(4) ① 基态 Li 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^1$ 。② 基态 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的价层电子排布分别为 $3d^6$ 、 $3d^5$, Fe^{3+} 的 $3d$ 轨道处于半充满的稳定状态, 其稳定性强于 Fe^{2+} 。
14. (1) B (2) B D
(3) 22 球形 $\begin{array}{c} 3d \quad 4s \\ \uparrow\uparrow \quad \uparrow\downarrow \end{array}$ $3d^5 4s^1$ 或 $3d^{10} 4s^1$
【解析】(1) 钠在火焰上灼烧时, 原子中的电子吸收了能量, 从能量较低的轨道跃迁到能量较高的轨道, 但处于能量较高轨道的电子是不稳定的, 很快跃迁回能量较低的轨道, 这就将多余的能量以黄光的形式放出, 属于发射光谱, 选 B。(2)

基态原子具有的能量最低,吸收能量后,电子发生跃迁,从低能级轨道跃迁到高能级轨道,所以能量最高的是B,能量最低的是D。(3)基态Ti原子核外有22个电子,每个电子运动状态都不同,所以原子核外运动状态不同的电子共有22种;其核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$,最高能层电子为4s能级电子,电子云轮廓图形状为球形;其价层电子排布为 $3d^2 4s^2$,价层电子轨道表示式为



与Ti同周期的所有过渡元素的基态原子中,最外层电子数与钛不同,结合构造原理与洪特规则,符合条件的元素原子价层电子排布为 $3d^5 4s^1$ 、 $3d^{10} 4s^1$ 。

15. (1) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 或 $[\text{Ar}]3s^2 3p^2$

(2)4 哑铃

(3) $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$

(4) $3d^{10} 4s^1$ N

【解析】前四周期元素A、B、C、D、E的原子序数依次增大,A是形成化合物种类最多的元素,则A为碳元素。B与A同周期(第二周期),其原子核外s能级上的电子总数与p能级上的电子总数相等,则基态B原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$,B为氧元素。C为第三周期元素,其离子半径在该周期中最小,则C为铝元素。D原子核外p能级上的电子总数比s能级上的电子总数多2且D的核电荷数大于13,则基态D原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$,D为硅元素。E的单质为紫红色金属,则E为铜元素。

第23讲 元素周期表 元素周期律

1. A 【解析】第9列元素是过渡元素,过渡元素都是金属元素,没有非金属元素,A正确;第15列元素的基态原子最外层有5个电子,其最外层电子排布式是 $ns^2 np^3$,B错误;最外层电子排布式为 ns^2 的元素可能是第IIA族元素,也可能是过渡元素或0族的He元素,C错误;元素周期表第一周期元素原子最外层电子排布式从 $1s^1$ 过渡到 $1s^2$,D错误。

2. C 【解析】最外层有1个电子的原子,可能属于主族元素(第IA族),也可能属于副族元素,如Cr(价层电子排布为 $3d^5 4s^1$)、Cu(价层电子排布为 $3d^{10} 4s^1$)等,A错误;最外层电子排布式为 ns^2 的原子可能是主族元素(第IIA族),可能是0族(如He)或副族元素,如Mn(价层电子排布为 $3d^5 4s^2$)、Zn(价层电子排布为 $3d^{10} 4s^2$)等,B错误;最外层有3个未成对电子的原子,其价层电子排布为 $ns^2 np^3$,属于第VA族元素,C正确;次外层无未成对电子的原子,可能属于主族元素(如O、N等),可能属于0族(如He、Ne等)或副族(如Cu、Zn等),D错误。

3. B 【解析】原子最外电子层上全部都是s电子,对应元素可能是第IA族、第IIA族,也可能是过渡元素,如Cu(价层电子排布为 $3d^{10} 4s^1$)等,不一定处于同周期,A错误;3p能级上电子数为奇数的原子可能是Al(价层电子排布为 $3s^2 3p^1$)、P(价层电子排布为 $3s^2 3p^3$)、Cl(价层电子排布为 $3s^2 3p^5$),对应元素均处于第三周期,B正确;4s能级上有2个电子,若4s能级是最高能级,可能是第四周期的元素,如Ca(价层电子排布为 $4s^2$)、Zn(价层电子排布为 $3d^{10} 4s^2$)等,若4s能级不是最高能级,可能是第五、六、七周期的元素,C错误;原子的次外层电子数为8的元素可能是第三周期元素,如Na、Mg等,也可能是第四周期元素,如K、Ca等,不一定处于同周期,D错误。

4. C 【解析】基态原子的N层上只有一个电子的元素,其基态原子的核外电子排布式可能为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$,即该元素可能在第IA族、第VIB族或第IB族,不一定位于s区,故A错误;基态原子的价层电子排布为 $(n-1)d^{6-8} ns^2$ 的元素是第VIII族元素,位于d区,故B错误;原子核外最外层有三个未成对电子的元素,其p能级有3个电子,一定属于主族元素,故C正确;基态原子的价层电子排布为 $(n-1)d^x ns^y$ 的元素,其族序数可能为 $x+y$ ($x+y \leq 7$)、也可能为 y ($x=10, y=1$ 或 2),该元素还可能在第VIII族($10 \geq x+y > 7$),故D错误。

5. C 【解析】由题图可知,X处于第二周期,其余元素位于第三周期。X原子的最外层电子数是次外层电子数的3倍,则X是O,结合四种元素的相对位置关系推知,Y、Z、W分别为Si、P、Cl。X是O,处于第二周期第VIA族,A错误;非金属性:Si<P,B错误;原子半径:P>N,N>O,故P原子半径大于O,C正确;W是Cl,其含氧酸有多种,如HClO是弱酸,D错误。

6. B 【解析】根据电负性变化规律,电负性:Na<P,N>P,N<

O,故元素的电负性:Na<P<O,A正确;同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势,P原子的3p轨道处于半充满稳定状态,其第一电离能大于S,则第一电离能:P>S>Si,B错误;基态Mn、Cr、V的价层电子排布分别为 $3d^5 4s^2$ 、 $3d^5 4s^1$ 、 $3d^5 4s^2$,其最高化合价分别为+7、+6、+5,C正确;一般电子层数越多,离子半径越大,电子层结构相同时,核电荷数越小,离子半径越大,则离子半径: $\text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{Na}^+$,D正确。

7. C 【解析】基态原子的核外电子排布式:① $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 、② $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ 、③ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$,代表元素分别为S、P、Cl,这三种元素位于同一周期,非金属性:P<S<Cl,所以其最高价氧化物对应水化物的酸性:③>①>②,但其含氧酸的酸性不一定遵循该规律,如HClO是弱酸,故A错误;同一周期主族元素,原子半径随着原子序数增大而减小,则原子半径:②>①>③,故B错误;同一周期元素,其第一电离能随着原子序数增大总体上呈增大趋势,但第IIA族、第VA族元素第一电离能大于同周期相邻元素,S、P、Cl依次位于第VIA族、第VA族、第VIIA族,所以第一电离能:③>②>①,故C正确;同一周期主族元素,随着原子序数增大,电负性增大,所以电负性:③>①>②,故D错误。

8. B 【解析】同主族由上而下,非金属性逐渐减弱,元素电负性减弱,电负性:Cl>Br,A错误;一般电子层数越多离子半径越大,电子层结构相同时,核电荷数越大,离子半径越小,钠离子半径大于镁离子半径,B正确;同一周期随着原子序数变大,第一电离能呈增大趋势,故Na的第一电离能比Mg小,C错误;根据非金属性越强,其最高价氧化物对应水化物的酸性越强,酸性强弱: $\text{HClO}_4 > \text{HBrO}_4$,D错误。

9. C 【解析】短周期主族元素X、Y、Z、W的原子序数依次增大,Z与X能形成淡黄色化合物 Z_2X_2 ,该淡黄色化合物为 Na_2O_2 ,则X为O元素,Z为Na元素,基态O原子的核外电子总数是其最高能级电子数的2倍;Y与W的最外层电子数相同,结合Y的原子序数在O与Na之间,则Y为F元素,W为Cl元素。同一周期从左向右第一电离能呈增大趋势,同一主族从上到下第一电离能逐渐减小,故第一电离能:Y>X,Y>W>Z,A错误;非金属性越强,元素的电负性越大,则电负性为Y>W>Z,B错误;一般电子层数越多,简单离子半径越大,具有相同电子排布的简单离子中原子序数越大,离子半径越小,故四种元素中简单离子半径从大到小的顺序为 $\text{Cl}^- > \text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+$,即W>X>Y>Z,C正确;F元素的非金属性强于Cl元素,则形成氢化物后,F原子吸引H原子的能力强于Cl原子,在水溶液中HF不容易发生电离,则HCl的酸性强于HF,即Y<W,D错误。

10. B 【解析】同一主族元素的性质相似, CaCO_3 和 BaCO_3 都难溶于水,因此 SrCO_3 也难溶于水,A项正确;在元素周期表中,位于金属和非金属分界线处的元素能作半导体材料,B项错误;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:Cl>Br>I,所以气态氢化物的稳定性: $\text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$,则HBr的分解温度介于二者之间,C项正确;元素的非金属性越强,其单质与氢气反应越容易,非金属性:S>P>Si,所以P与 H_2 在高温时能反应,D项正确。

11. B 【解析】Y的s能级电子数是p能级的两倍,核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$,则Y为C;X的2s轨道全充满,即为Be或B;M是地壳中含量最多的元素,即为O,则Z是N;Q是纯碱中的一种元素,且其原子序数大于O,则Q为Na。电负性为N>Be(或B),A项正确;N的最高正价是+5价,O无最高正价,OF₂中O为+2价,B项错误; Na_2O_2 中含有非极性键,C项正确;非金属性为N>C,故最高价氧化物对应水化物的酸性为 $\text{HNO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$,D项正确。

12. C 【解析】X、Z、W的原子序数依次递减且核外电子的空间运动状态数相同,即占有的原子轨道数相同,Y的原子序数是Z的两倍,X、Z、W分别为F、O、N,占据5个原子轨道,Y为S。O元素的电负性大于S,则分子的极性: $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$,A错误;电负性:O>N,但是N原子的2p能级为半满稳定状态,第一电离能大于O,B错误;第二周期元素中,F的非金属性最大,故在第二周期中,HF最稳定,C正确;基态S原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$,未成对电子数为2,在第三周期主族元素中,比其未成对电子数少的主族元素有Na、Mg、Al、Cl共4种元素,D错误。

13. B 【解析】Y元素基态原子的价层电子排布中出现了np能级,故其ns能级已经充满且只能有2个电子,则 $n-1=2$, $n=3$,即Y元素基态原子的价层电子排布为 $3s^2 3p^1$,为S元

素,位于第三周期第ⅥA族,A项正确,B项错误;Y为S元素,X为F元素,Z为As元素,第二周期所含非金属元素最多,C项正确;Z为As元素,其基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$,D项正确。

14. D 【解析】由题给信息推知,X、Y、Z、W、M分别为Al、C、N、O、S。同周期主族元素从左到右,元素的电负性逐渐增大,则电负性: $O>N>C$,A正确;最高价氧化物对应水化物的酸性: $H_2SO_4>H_2CO_3$,B正确;工业上通过电解熔融的 Al_2O_3 可以得到Al,C正确;将 N_2O_4 通入烧瓶后会发生可逆反应: $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$,故容器内会出现红棕色,D错误。

15. B 【解析】该物质是由原子序数依次增大的五种短周期主族元素X、Y、Z、Q、W形成的,基态Q原子核外成对电子数是未成对电子数的3倍,则Q为O;根据物质结构中各原子成键数目及原子序数大小关系推知,X为H,Y为C,Z为N,W为Na。简单气态氢化物的稳定性: $H_2O>NH_3$,A错误;根据同电子层结构的“核多径小”规律,简单离子半径: $N^{3-}>O^{2-}>Na^+$,B正确;根据同周期从左到右第一电离能呈增大趋势,但第ⅡA族大于第ⅢA族,第ⅤA族大于第ⅥA族,同主族从上到下第一电离能逐渐减小,故第一电离能: $N>O>Na$,C错误;根据非金属性越弱,对应离子的还原性越强,故简单阴离子的还原性: $H^->N^{3-}>O^{2-}$,D错误。

16. (1) $>$ (2) $<$ (3) $2s^2$

(3)  Fe^{3+}

(4) $ds \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 或 $[Ar] 3d^{10} 4s^1$

(5) A

(6) $>$ $>$ Mg的第一电离能失去3s能级的电子,Al的第一电离能失去3p能级的电子, $E(3p)>E(3s)$,3p电子更易失去

【解析】前四周期的A、B、C、D、E、F、G七种元素,原子序数依次增大。A元素基态原子的价层电子排布为 $ns^2 np^{n+1}$, $n=2$,即 $2s^2 2p^3$,则A是N;C元素为最活泼的非金属元素,则C是F,那么B是O;D元素原子核外有三个电子层,最外层电子数是核外电子总数的 $\frac{1}{6}$,则D是Mg;E元素正三价

离子的3d轨道为半充满状态,则E是Fe;F元素基态原子的M层全充满,N层没有成对电子,只有一个未成对电子,则F是Cu;G元素与A元素位于同一主族,其某种氧化物有剧毒,则G是As。(1)由于N的2p能级电子处于半充满的稳定状态,失去电子比O难,所以元素的第一电离能 $A>B$;一般情况下同一周期的主族元素,原子序数越大,元素的电负性越大,所以A、B、C三种元素的电负性由小到大的顺序为 $N<O<F$ 。(2)镁元素基态原子的价层电子排布是 $3s^2$ 。(3)C元素是F,其基态原子核外电子的轨道表示式为

$1s \quad 2s \quad 2p$



;E是Fe, E^{3+} 的离子符号为 Fe^{3+} 。(4)F是Cu,Cu位于元素周期表的ds区,其基态原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ 或 $[Ar] 3d^{10} 4s^1$ 。(5)G为As,位于金属与非金属的分界线处,其单质可作半导体,其电负性小于磷,原子半径小于锗,第一电离能大于硒,A正确。(6)元素D为Mg,活泼性 $Mg>Al$; $I_1(Mg)>I_1(Al)$,因为Mg的第一电离能失去3s能级的电子,Al的第一电离能失去3p能级的电子, $E(3p)>E(3s)$,3p电子更易失去,故第一电离能 $I_1(Mg)>I_1(Al)$ 。

素养提升练(七) 证据推理——元素综合推断

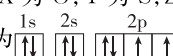
1. C 【解析】短周期基态X、Z、W原子均有两个单电子,则核外电子排布式可能为 $1s^2 2s^2 2p^2$ 、 $1s^2 2s^2 2p^4$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$,即可能为C、O、Si、S,W与Z同主族且Z的原子序数小于W,故X为C,Z为O,W为S,Y为N。基态N的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$,2p轨道为半充满稳定状态,则第一电离能: $N>O$,A正确; S^{2-} 的还原性大于 O^{2-} ,B正确;未强调最高价氧化物对应的水化物,无法比较,C错误;C的氢化物 C_2H_6 中存在C—C非极性键,N的氢化物 N_2H_4 中存在N—N非极性键,D正确。

2. C 【解析】X、Y、Z、W为原子序数依次增大的四种短周期元素,X的核外电子总数与其周期数相同,则X为氢元素;Z的最外层电子数为其内层电子数的3倍,则Z为氧元素;Z与W同主族,则W为硫元素;Y的基态原子的价层电子中有3个未成对电子,则Y为氮元素。电子层结构相同的离子,核电荷

数越大离子半径越小,则简单离子半径: $O^{2-}<N^{3-}$,A错误; H_2O 和 H_2S 的中心原子均有2个孤电子对,但氧的电负性比硫大,O原子周围电子密度大,成键电子对之间的斥力大,故键角: $H_2O>H_2S$,B错误;非金属性: $O>S$,则气态氢化物的热稳定性: $H_2O>H_2S$,C正确;电负性: $N<O$,D错误。

3. D 【解析】基态X原子的2p轨道上,有1个电子的自旋方向与其他电子的自旋方向相反,则X为O元素;基态W原子的电子总数是其最高能级电子数的4倍,则W为S元素;Y原子M层上有两个未成对电子,则Y为Si;短周期主族元素X、Y、Z、W的原子序数依次增大,则Z为P元素。Z为P,W为S,Y为Si,P原子3p轨道电子为半充满稳定状态,故第一电离能: $Z>W>Y$,A正确;非金属性越强,单质氧化性越强,而相应简单阴离子的还原性越弱,则简单离子还原性: $Z>W>X$,B正确;同一周期主族元素从左到右原子半径逐渐变小,Y和W为第三周期元素,X为第二周期元素,则原子半径: $Y>W>X$,C正确;Y为Si,简单氢化物为 SiH_4 ,W为S,简单氢化物为 H_2S , H_2S 的相对分子质量大于 SiH_4 ,则简单氢化物的沸点: $W>Y$,D错误。

4. A 【解析】W、X、Y、Z为四种原子序数依次增大的短周期非金属主族元素,其中只有X、Y位于同周期,则W位于第一周期,W为H;X、Y位于第二周期,Z位于第三周期,X和W可以形成 $[XW_4]^+$,则X为N,W与X的最外层电子数之和等于Y的最外层电子数,则Y为O;Z和Y可以形成 $[ZY_4]^-$,则Z为Cl。W、X、Y、Z分别为H、N、O、Cl,O没有+6价,其化合价最高为+2价,A错误;X为N,氮的气态氢化物为 NH_3 ,液氨常用来作制冷剂,是因为氨分子之间存在分子间氢键,汽化时吸收大量的热,B正确;非金属性越强,其简单阴离子还原性越弱,非金属性: $O>N$,则简单阴离子的还原性: $X>Y$,C正确;H、N、Cl均可与O形成两种或两种以上的化合物: H_2O 、 H_2O_2 、 NO 、 NO_2 、 N_2O_5 等, Cl_2O 、 ClO_2 等,D正确。

5. D 【解析】短周期元素W的简单气态氢化物与其最高价氧化物对应的水化物能相互反应,则W为N;根据各元素在周期表中的相对位置可知,X为O,Y为S,Z为Cl。X为O,基态O原子的轨道表示式为 $1s \quad 2s \quad 2p$ ,A正确;W为N,X为O,同一周期从左到右,元素的第一电离能呈增大趋势,但是第ⅤA族元素的第一电离能高于第ⅥA族元素,故第一电离能: $N>O$,B正确;X为O,Y为S,同一主族,从上到下,元素的非金属性逐渐减弱,元素的简单氢化物的稳定性逐渐减弱,故稳定性: $H_2O>H_2S$,C正确;Z为Cl元素,其氧化物对应的水化物不一定是强酸,如 $HClO$ 是弱酸,D错误。

6. D 【解析】X、Y、Z、W为短周期元素,Y元素的原子最外层电子数是其电子层数的3倍,则Y为O元素,根据X、Y、Z、W、T在元素周期表中的相对位置关系可知,X为C元素,Z为S元素,W为Cl元素,T为Ge元素。Y的氢化物为 H_2O 、 H_2O_2 , H_2O 、 H_2O_2 常温下都呈液态,X的氢化物为烃,烃分子中碳原子数不同,沸点差别很大,故Y的氢化物的沸点不一定比X氢化物的沸点高,A项错误;Z的氧化物对应的水化物可能是硫酸或亚硫酸,W的氧化物对应的水化物可能是次氯酸、氯酸或高氯酸等,因此Z的氧化物对应水化物的酸性不一定比W的弱,如 $HClO$ 属于弱酸, H_2SO_4 属于强酸,B项错误; SO_2 、 CCl_4 所含化学键类型为极性共价键,而 Na_2S 所含化学键类型为离子键,C项错误;Ge与C同族,根据元素周期律可知,存在 GeS_2 和 $GeCl_4$,D项正确。

7. B 【解析】X、Y、Z、W、Q均为短周期元素,Q的最高价氧化物对应的水化物是一种二元酸,则Q为S元素,根据其相对位置可知,X为C元素,Y为Al元素,Z为Si元素,W为P元素。同一周期随着原子序数增大,第一电离能呈增大趋势,P的3p轨道为半充满稳定状态,第一电离能大于同周期相邻元素,故第一电离能: $P>S>Si$,A错误;乙炔(C_2H_2)属于直线形分子,B正确;C元素形成的单质可能是共价晶体如金刚石,也可能是混合型晶体如石墨,可能是分子晶体如 C_{60} ,C错误; SO_2 和 SO_3 中硫原子均为 sp^2 杂化,但是二氧化硫分子的中心S原子存在一个孤电子对,孤电子对与成键电子对之间的斥力大于成键电子对之间的斥力,故两者的键角不相等,D错误。

8. C 【解析】已知前四周期元素X、Y、Q、R、Z和W在周期表中的位置如题图所示,基态W原子的价电子中,在不同形状的原子轨道中运动的电子数相等,其价层电子排布为 $4s^2 4p^2$,则W为Ge元素;其中Z位于ds区,根据相对位置,则Z是Zn元素,根据元素相对位置,可知X是N,Y是O,Q是P,R是

S,然后根据元素周期律及物质的性质分析解答。一般主族元素的最高正化合价与族序数相等,等于原子最外层电子数,同一主族元素的最高正化合价相等,但O元素无+6价,A错误;Z是Zn元素,根据构造原理可知基态Zn原子的价层电子排布为 $3d^{10}4s^2$,B错误;一般情况下同一周期元素的第一电离能随原子序数的增大呈增大趋势,但当元素处于第ⅤA族时,其第一电离能大于同一周期相邻元素,X是N,Q是P,二者属于第ⅤA族元素,Y是O,R是S,二者属于第ⅥA族元素,故X和Q的第一电离能都大于同周期相邻元素,C正确;R是S,其最高价氧化物对应的水化物是 H_2SO_4 ,最低价氢化物是 H_2S ,浓 H_2SO_4 具有强的氧化性,会与具有还原性的 H_2S 发生氧化还原反应,D错误。

9. B 【解析】基态N原子核外电子有5种空间运动状态,并有1个单电子,推测N元素为F元素,结合物质的结构图可知M只能形成一个共价键且原子半径比F小,推测M为H,Z形成2个共价键且半径比F大,推测Z为O元素,Y形成3个共价键且半径比O大,推测Y为N元素,X形成4个共价键且半径比N大,推测X为C元素,T与F形成 TN_2^+ ,结合T的原子半径比C大,推测T为B元素。Y是氮元素,与氮元素同周期且比氮元素第一电离能大的元素有F、Ne两种元素,A错误;该化合物中有阴、阳离子,存在离子键,阳离子内部原子之间以共价键相连,阴离子 BF_4^- 内部存在配位键,B正确;氟元素的非金属性最强,但是F没有含氧酸,O没有最高正价,故N的最高价含氧酸的酸性最强,C错误;M与X形成的化合物种类有很多,如苯的沸点比M与Y形成的 NH_3 的沸点要高,D错误。

10. C 【解析】X原子的核外电子只有一种运动状态,X是H元素;元素Y、Z、W、E原子序数依次增大,基态W与E价层电子排布均为 ns^2np^5 ,W是F元素,E是Cl元素;Y形成4个共价键,Y是C元素;Z形成2个共价键,Z是O元素。同周期主族元素从左到右,金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强,元素的电负性逐渐增强,元素电负性大小: $C < F$,故A正确; H_2O 存在分子间氢键,故 H_2O 的沸点高于 CH_4 ,故B正确;原子半径: $Cl > C > F$,所以气态氢化物分子的键长大小: $H-F < C-H < H-Cl$,故C错误;同周期元素从左到右,第一电离能呈增大趋势,第一电离能大小: $C < O < F$,故D正确。

11. A 【解析】根据同周期元素原子W、X、Y、Z构成的一种阴离子结构,可知Y能形成2个共价键,Y是第ⅥA族元素,Y的最外层电子数等于X的核外电子总数,则X是C元素、Y是O元素;Z形成1个共价键,Z是F元素;四种原子最外层电子数之和为20,则W是B元素。同周期元素从左到右,第一电离能总体呈增大趋势,第一电离能由大到小依次是 $F > O > C > B$,A正确; O^{2-} 、 F^- 电子层排布相同,核电荷数越大离子半径越小,简单离子的半径: $O^{2-} > F^-$,B错误;元素非金属性越强,最高价氧化物对应水化物的酸性越强,酸性 $H_2CO_3 > H_3BO_3$,C错误;B、F形成的化合物 BF_3 分子中,B原子不满足8电子稳定结构,D错误。

12. D 【解析】短周期元素W只形成1个共价键,其中W、X、Y、Z的原子序数依次增大且X与Y、Z均相邻,则W是H元素;由化合物的结构可知,X形成4个共价键且阳离子带一个单位正电荷,则X是N元素,Y能够形成2个共价键,且可以与H形成共价键,则Y是O;根据Z在周期表中与N元素相邻,原子序数大于O,则Z是P元素。根据物质结构可知该化合物的化学式是 $NH_4H_2PO_4$,其中P元素的化合价为+5价,A正确。X是N,Z是P,二者位于同一主族,它们形成的简单氢化物 NH_3 、 PH_3 都是由分子构成的物质,但由于 NH_3 分子之间存在氢键,增加了分子之间的作用力,导致物质的沸点升高,故简单氢化物的沸点: $NH_3 > PH_3$,B正确。同一周期主族元素,原子序数越大,原子半径越小;不同周期元素,一般电子层数越多,原子半径就越大,则四种元素的原子半径大小关系为 $Z(P) > X(N) > Y(O) > W(H)$,C正确。Z是P元素,P的最高价氧化物对应的水化物是 H_3PO_4 , H_3PO_4 属于中强酸,不属于强酸,D错误。

13. B 【解析】根据结构式中W、X、Y、Z的成键特征及原子序数大小可得X为C,W为H,只有X和Y同周期,Y为N,Z的价层电子数等于X的原子序数,Z为S。第一电离能: $N > C$,A错误;H、N、S可形成离子化合物 NH_4HS ,B正确;该分子中与S原子相连的N原子为 sp^3 杂化,故所有原子不可能都共平面,C错误;C、N、S的简单氢化物分别为 CH_4 、 NH_3 、

H_2S ,三者都不是强酸,D错误。

14. C 【解析】由题干信息可知,X、Y、Z、W、M为原子序数依次增大的5种短周期主族元素,Y、Z、W、M位于同一周期,根据部分晶体结构可知,X只能形成一个共价键,结合原子序数可知,X为H,W形成3个共价键, $[Z(WX_2)_3]^+$ 中Z形成3个共价键,且 $[Z(WX_2)_3]^+$ 中所有原子共平面,说明Z、W采取 sp^2 杂化形成平面结构,所以Z为C,W为N,N原子周围剩余电子参与形成大 π 键,M可以形成2个共价键且能形成氢键,故M为O,结合原子序数及成键方式可知,Y为B,据此分析解题。由分析可知,X为H,Z为C,W为N,故 $[Z(WX_2)_3]^+$ 的化学式为 $[C(NH_2)_3]^+$,A正确。由分析可知,Z为C,W为N,M为O,根据同一周期从左往右元素第一电离能呈增大趋势,第ⅤA族元素的第一电离能高于同周期相邻元素,故基态原子的第一电离能为 $C < O < N$ 即 $Z < M < W$,B正确。 $[C(NH_2)_3]^+$ 为平面结构,则其中的C和N原子轨道杂化类型为 sp^2 ; $[B(OCH_3)_4]^-$ 中B与4个O形成了4个 σ 键,B没有孤电子对,则B的原子轨道杂化类型为 sp^3 ; $[B(OCH_3)_4]^-$ 中O分别与B和C形成2个 σ 键,O原子还有2个孤电子对,则O的原子轨道杂化类型为 sp^2 ;综上所述,晶体中B、N、O的杂化方式不完全相同,C错误。由晶体结构图可知, $[C(NH_2)_3]^+$ 中 $-NH_2$ 的H与 $[B(OCH_3)_4]^-$ 中的O形成氢键,因此,该晶体中存在 $N-H \cdots O$ 氢键,D正确。

第24讲 化学键 分子结构与性质

1. C 【解析】 H_2O_2 中只含单键,A错误; Na_2O_2 中存在离子键和非极性键, C_2H_4 、 H_2O_2 中都存在非极性键和极性键,B错误; N_2 分子含有三键, C_2H_4 含有双键,故二者都存在 σ 键和 π 键,C正确; $NaOH$ 和 NH_4Cl 含有离子键和极性键, Na_2O_2 中存在离子键和非极性键,D错误。

2. C 【解析】只含共价键的化合物为共价化合物,则 P_4S_3 属于共价化合物,A正确;由题图可知,分子中存在极性键(P—S)和非极性键(P—P),B正确;P原子半径大于S原子半径,则P—P的键长大于P—S,故P—S更稳定,C错误;1个 P_4S_3 分子中有6个P—S、3个P—P,则1 mol P_4S_3 分子中含有9 mol σ 键,D正确。

3. C 【解析】 PH_3 分子中只存在P—H、 NH_3 分子中只存在N—H,故只含 σ 键,不存在 π 键,A错误。 PH_3 和 NH_3 的中心原子价层电子对数均为 $3+1=4$,都含1个孤电子对,则其空间结构均为三角锥形,B错误。由于N的电负性大于P,所以 NH_3 中N原子的成键电子对偏向N的程度大于 PH_3 中P原子的成键电子对偏向P的程度, NH_3 分子中N原子的成键电子对的排斥作用力大于 PH_3 ,故 NH_3 的键角大于 PH_3 ,C正确。P原子半径大于N原子,则P—H的键长大于 NH_3 中N—H的键长,P—H的键能小于N—H,D错误。

4. (1)abd (2)11:3

【解析】(1)Si—Cl极性更大,则Si—Cl更易断裂,因此, $SiCl_4$ 比 CCl_4 易水解,a有关;Si的原子半径更大,因此, $SiCl_4$ 中的共用电子对更加偏向于Cl,从而导致Si—Cl极性更大,且Si原子更易受到水电离出的 OH^- 的进攻,因此 $SiCl_4$ 比 CCl_4 易水解,b有关;通常键能越大,化学键越稳定且不易断裂,因此,Si—Cl键能更大不能说明Si—Cl更易断裂,故不能说明 $SiCl_4$ 比 CCl_4 易水解,c无关;Si有更多的价层轨道,因此更易与水电离出的 OH^- 形成化学键,从而导致 $SiCl_4$ 比 CCl_4 易水解,d有关。(2)由结构模型可知,富马酸的结构简式为 $HOOCCH=CHCOOH$,分子中的单键为 σ 键,双键中含有1个 σ 键和1个 π 键,则分子中 σ 键和 π 键的数目比为11:3。

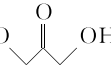
5. C 【解析】基态 Cl^- 的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$,电子占据轨道总数为 $1+1+3+1+3=9$,故其核外电子的空间运动状态有9种,A正确; ClO_2^- 、 ClO_3^- 、 ClO_4^- 的中心Cl原子价层电子对数均为4,含有孤电子对数分别为2、1、0,中心原子所含孤电子对数越多,对成键电子对排斥力越大,键角越小,故键角: $ClO_2^- < ClO_3^- < ClO_4^-$,B正确; ClO_2^- 的中心原子是O,价层电子对数为4,C错误; ClO_3^- 的中心Cl原子价层电子对数为4,含1个孤电子对,则其VSEPR模型为四面体形,略去孤电子对,可知其空间结构为三角锥形,D正确。

6. D 【解析】 $FeCl_3$ 双聚分子的结构式为

$$\begin{array}{c} \text{Cl} & & \text{Cl} & & \text{Cl} \\ & \diagdown & & \diagup & \\ & \text{Fe} & & \text{Fe} & \\ & \diagup & & \diagdown & \\ \text{Cl} & & \text{Cl} & & \text{Cl} \end{array}$$

存在共价键, A 正确; NH_4^+ 的中心 N 原子价层电子对数为 4, 无孤电子对, 采取 sp^3 杂化, 则 NH_4^+ 的空间结构为正四面体形, B 正确; LiCl 属于离子晶体, 熔点高于分子晶体, 苯胺和甲苯同属于分子晶体, 苯胺分子间能形成氢键, 故其熔点比甲苯高, C 正确; 苯胺中 C 和 N 原子的价层电子对数分别为 3、4, 则 C 原子采取 sp^2 杂化, N 原子采取 sp^3 杂化, D 错误。

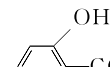
7. C 【解析】 CO_2 的结构式为 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, 双键含 1 个 σ 键和 1 个 π 键, 故 CO_2 分子中 σ 键和 π 键个数比为 1:1, A 正确; CH_3OH 中碳原子采取 sp^3 杂化, HCHO 中碳原子采取 sp^2 杂化, 故步骤 II 中碳原子的杂化方式由 sp^3 变为 sp^2 , B 正确; H_2O_2 中 O 原子的价层电子对数为 $2 + \frac{1}{2} \times (6 - 1 - 1) = 4$, 故 O 原子采取 sp^3 杂化, H_2O_2 的空间结构不是直线形, C 错误;

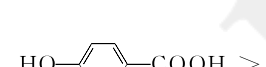
 中羰基碳原子采取 sp^2 杂化, $-\text{CH}_2-$ 中碳原子采取 sp^3 杂化, D 正确。

8. (1) $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 中 Ga 为 sp^2 杂化, 为平面结构, 而 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 中 Ga 为 sp^3 杂化, 为四面体结构
(2) $\text{sp}^2 > \text{ClO}_2$ 分子中 $\text{Cl}-\text{O}$ 的键长小于 Cl_2O 中 $\text{Cl}-\text{O}$ 的键长, ClO_2 分子中既存在 σ 键, 又存在大 π 键, 原子轨道重叠的程度较大, 而 Cl_2O 只存在 σ 键, 因此 ClO_2 中 $\text{Cl}-\text{O}$ 的键长较小

【解析】(1) 分子中的 $\text{C}-\text{Ga}-\text{C}$ 键角: $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 > \text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$, 其原因是 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ 中 Ga 为 sp^2 杂化, 为平面结构, 而 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3(\text{Et}_2\text{O})$ 中 Ga 为 sp^3 杂化, 为四面体结构, sp^3 杂化轨道的夹角小于 sp^2 杂化轨道。(2) 由 ClO_2 中存在 π 键可以推断, 其中 Cl 原子提供 1 对电子, 有一个 O 原子提供 1 个电子, 另一个 O 原子提供 1 对电子, 这 5 个电子处于相互平行的 p 轨道中形成大 π 键, Cl 原子提供孤电子对与其中一个 O 原子形成配位键, 与另一个 O 原子形成的是普通的共价键 (σ 键, 这个 O 原子只提供了一个电子参与形成大 π 键), 则 Cl 原子还有 1 个孤电子对, Cl 原子的价层电子对数为 3, 则 Cl 原子的轨道杂化方式为 sp^2 ; Cl_2O 中心原子为 O, O 原子的价层电子对数为 $2 + \frac{6 - 2 \times 1}{2} = 4$, 有 2 个孤电子对, 因此, O 原子的杂化方式为 sp^3 , 根据价层电子对互斥模型可知, 价层电子对数 = 4 时, VSEPR 模型为四面体形, 价层电子对数 = 3 时, VSEPR 模型为平面三角形, sp^2 杂化的键角一定大于 sp^3 的, 因此, 虽然 ClO_2 和 Cl_2O 均为 V 形结构, 但 $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$ 键角大于 $\text{Cl}-\text{O}-\text{Cl}$ 键角, 孤电子对对成键电子对的排斥作用也改变不了这个结论。 ClO_2 分子中既存在 σ 键, 又存在大 π 键, 原子轨道重叠的程度较大, 而 Cl_2O 只存在 σ 键, 因此 ClO_2 中 $\text{Cl}-\text{O}$ 的键长较小。

9. B 【解析】卤代烃难溶于水、乙醇与水互溶, 所以溶解度: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$, A 错误; $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ 形

成分子间氢键,  形成分子内氢键, 所以沸点:

 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} > \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{COOH}$, B 正确; BCl_3 的空间结构为平面三角形, 为非极性分子, NCl_3 的分子空间结构为三角锥形, NCl_3 是极性分子, 分子极性: $\text{BCl}_3 < \text{NCl}_3$, C 错误; F 原子电负性大于 Cl, 使 $\text{F}_3\text{C}-$ 的极性大于 $\text{Cl}_3\text{C}-$ 的极性, 导致三氟乙酸中羟基的极性更大, 更易电离出氢离子, 所以溶液酸性 $\text{CF}_3\text{COOH} > \text{CCl}_3\text{COOH}$, D 错误。

10. B 【解析】第 IV A 族元素简单氢化物分子间只存在范德华力, 随相对分子质量增大, 范德华力增大, 其沸点逐渐升高, A 正确; H_2O 、 HF 和 NH_3 均形成氢键, 但 NH_3 的沸点在同类元素简单氢化物中并不是最高的, B 错误; HF 和 H_2O 中 H_2O 分子间形成的氢键多, 故其沸点高, C 正确; 据图可知, 横坐标的数值表示中心原子所在周期数, D 正确。

11. C 【解析】碘是非极性分子, 易溶于非极性溶剂四氯化碳, 甲烷属于非极性分子, 难溶于极性溶剂水, 所以都可用“相似相溶”规律解释, A 正确; 水在结冰时体积膨胀, 是由于冰晶体中水分子之间形成的氢键比液态水中多, B 正确; 碳元素的电负性大于硅元素, 因此 Si-Cl 间的电负性差别较大, Si-Cl 的极性大, C 错误; 手性碳原子是指连有 4 个不同的原子或原子团的碳原子, 根据青蒿素的结构图知, 该分子中

包含 7 个手性碳原子, D 正确。

12. D 【解析】T 的最外层电子数是次外层电子数的 2 倍, 则 T 是 C 元素; X 基态原子的 L 层有 3 个未成对电子, 则基态 X 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$, X 是 N 元素; 基态 Y 原子的 L 层 p 电子数比 L 层 s 电子数多 2 个, 则基态 Y 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, Y 是 O 元素; Z 元素的最高正价为 +7 且为短周期元素, 则 Z 是 Cl 元素。 XY_3^- 为 NO_3^- , 中心 N 原子的价层电子对数 = $3 + \frac{1}{2} \times (5 + 1 - 3 \times 2) = 3$,

无孤电子对, 则 NO_3^- 的空间结构为平面三角形, A 错误; HCN 的中心 C 原子形成 2 个 σ 键, 不含孤电子对, 则 C 原子采取 sp 杂化, B 错误; NH_3 与 H_2O 形成分子间氢键且二者均为极性分子, 则 NH_3 易溶于水, CH_4 是非极性分子, 不易溶于水, 故 NH_3 在水中的溶解度大, C 错误; XZ_3 、 TY_2 分别为 NCl_3 、 CO_2 , 其分子结构分别为三角锥形、直线形, 故 NCl_3 是极性分子, CO_2 是非极性分子, D 正确。

13. D 【解析】随着孤电子对数增多, 孤电子对与成键电子对之间的斥力增大, 键角减小, H_2O 和 NH_3 的键角大小为 $\text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3$, 故 A 错误; 非金属性越强, 对应的气态氢化物越稳定, 所以 HF 和 HCl 的稳定性大小为 $\text{HF} > \text{HCl}$, 但解释错误, 故 B 错误; 共价晶体中, 键长越短, 键能越大, 熔点越高, 碳化硅和金刚石的熔点大小均为金刚石 $>$ 碳化硅, 故 C 错误; C-F 的极性大于 C-Br 的极性, 导致 CF_3COOH 的羧基中的羟基极性更大, 更容易电离出氢离子, CF_3COOH 的酸性大于 CBr_3COOH , 故 D 正确。

14. (1) ① sp^2 、 sp^3 sp^2
(3) N_A N_A
(4) ① H-O 的键能大于 H-N 的键能
② V 形、三角锥形、直线形 sp^3 、 sp^3 、 sp

【解析】(1) 根据构造原理可知, 氯元素基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, 所以未成对电子数为 1。(2) 根据氯吡苯胺的结构简式可知, 有 2 个氮原子均形成 3 个单键, 孤电子对数为 1, 属于 sp^3 杂化; 剩余 1 个氮原子形成 2 个 σ 键, 孤电子对数为 1, 属于 sp^2 杂化; 吡啶环、苯环及碳氧双键中碳原子均采取 sp^2 杂化。(3) 根据反应方程式可以看出, 断裂的化学键为异氰酸苯酯分子中 $\text{N}=\text{C}$ 中的 π 键和 2-氯-4-氨基吡啶分子中的 $\text{N}-\text{H}$ σ 键。(4) ① O、N 属于同周期元素, H-O 的键能大于 H-N 的键能, 所以 H_2O 分子比 NH_3 分子稳定。② H_2O 分子中 O 原子的价层电子对数 = $2 + \frac{6 - 2 \times 1}{2} = 4$, 孤电子对数为 2, 所以为 V 形结构, O 原子采用

sp^3 杂化; NH_3 分子中 N 原子的价层电子对数 = $3 + \frac{5 - 3 \times 1}{2} = 4$, 孤电子对数为 1, 所以为三角锥形结构, N 原子采用 sp^3 杂化; CO_2 分子中 C 原子的价层电子对数 = $2 + \frac{4 - 2 \times 2}{2} = 2$, 不含孤电子对, 所以是直线形结构, C 原子采用 sp 杂化。

第 25 讲 晶体结构与性质 配合物与超分子

1. B 【解析】Ge 是 32 号元素, 基态 Ge 原子的价层电子排布为 $4s^2 4p^2$, A 正确; GeCl_4 与 SiCl_4 晶体都属于分子晶体, GeCl_4 的相对分子质量大, GeCl_4 晶体内的分子间作用力大, 则 GeCl_4 的熔点比 SiCl_4 高, B 错误; GeCl_4 在常温下呈液态, 则其熔点较低, 故属于分子晶体, C 正确; 元素非金属性越强, 其第一电离能越大, 非金属性大小为 $\text{Cl} > \text{Si} > \text{Ge}$, 则第一电离能大小: $\text{Cl} > \text{Si} > \text{Ge}$, D 正确。

2. D 【解析】 SiO_2 晶体的熔点高、硬度大, 属于共价晶体, SiO_2 晶体可用于制造光导纤维, I 和 II 无因果关系, A 错误; 晶体碘属于分子晶体, 其沸点低、易升华, 与碘晶体中的 I-I 键能无关, B 错误; NaCl 和 CsCl 的晶胞结构不同, NaCl 晶体中 Na^+ 、 Cl^- 的配位数均为 6, CsCl 晶体中 Cs^+ 、 Cl^- 的配位数均为 8, C 错误; 金刚石和硅晶体都是共价晶体, 原子间通过共价键形成三维骨架结构, D 正确。

3. B 【解析】 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 都是分子晶体, 结构相似, 相对分子质量越大, 分子间作用力越大, 沸点越高, 故沸点顺序为 $\text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$, A 正确; 邻羟基苯甲醛存在分子内氢键, 而对羟基苯甲醛存在分子间氢键, 分子间氢键使分子间作用力增大, 沸点升高, 因此沸点顺序: 邻羟基苯甲醛 $<$ 对羟基苯甲醛, B 错误; 有机物链状同系物中随碳原子数递增, 沸点升高, 故沸点顺序为 $\text{CH}_3\text{Cl} < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, C 正确; 金刚石、碳

- 化硅、硅晶体都为共价晶体,半径越小,共价键越短,键能越大,沸点越高,键长:Si—Si>C—Si>C—C,故沸点顺序:金刚石>碳化硅>硅晶体,D正确。
4. A 【解析】化合物①熔点为-40.4℃,不导电,易溶于氯仿,则①是分子晶体;化合物②熔点为801℃,固体不导电,熔化时能导电,则②是离子晶体;单质③熔点为1410℃,不导电,硬度大,则③是共价晶体;单质④熔点为30℃,易导电,则④是金属晶体。
5. D 【解析】Re处在第六周期第ⅦB族,基态Re原子的价层电子排布为5d⁵6s²,A正确;Ti在晶胞的顶角,Re占据Ti的位置,则Re在顶角处,离Re最近且等距离的O有6个,则Re的配位数为6,B正确;Re在体心,则根据Re和O在晶胞中的位置关系可知,O位于面心,C正确;Re的最高价为+7价,ReO₃中Re元素为+6价,Re单质为0价,则ReO₃中Re元素的化合价既可以升高,又可以降低,能发生歧化反应,D错误。
6. C 【解析】由俯视图可知,一个钙离子形成键结合3个氯离子,同样一个氯离子形成键结合3个钙离子,则该二维晶体的化学式为CaCl₂,A错误;结合侧视图可知,Ca—Cl—Ca构成的为非平面六边形,其Ca—Cl—Ca的键角不是60°,B错误;Ca²⁺、Cl⁻周围最近的离子数均为3,故配位数均为3,C正确;钙在氯气中燃烧生成CaCl₂,不能得到该晶体,D错误。
7. A 【解析】由于电负性:F>Cl>Br>I,则TiF₄形成离子晶体,而TiCl₄、TiBr₄、TiI₄形成分子晶体,TiF₄的熔点反常升高是因为TiF₄形成离子晶体,而TiCl₄、TiBr₄、TiI₄形成分子晶体,不是因为TiF₄中键能较大,A错误;NaX中只含有离子键,则NaX均为离子化合物,均形成离子晶体,B正确;NaX是离子晶体,离子键越强、熔点越高,X⁻电子层数越多,离子半径越大,离子键越弱,则随X⁻半径的增大,NaX的离子键强度减弱,熔点逐渐降低,C正确;TiCl₄、TiBr₄、TiI₄均为分子晶体,故随着相对分子质量依次增大,范德华力增大,熔点逐渐升高,D正确。
8. A 【解析】Co与Si之间的最短距离为体对角线的 $\frac{1}{4}$,A正确;根据均摊法可知,每个晶胞中,Co原子有 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 个,Si原子有8个,Co和Si原子个数比为1:2,B错误;由题图可知,硅处于4个Co原子构成的四面体中,与Si最邻近的Co原子数为4,C错误;因是立方晶胞,且晶胞参数为a pm,故晶胞体积为 $a^3 \times 10^{-30}$ cm³,D错误。
9. C 【解析】依据均摊法计算,晶胞中Si的个数为 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$,A正确;1个Si原子周围有8个紧邻的Mg原子,B正确;Mg原子被Si原子围绕在晶胞内部,不可能存在一种晶胞的表示中,Si原子均位于晶胞内,Mg原子处于顶角和体心,C错误;一个晶胞中含有Si原子为 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 个,Mg原子8个,即1 mol晶胞中含有4 mol Mg₂Si,故Mg₂Si晶体的密度为 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{304}{a^3 N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,D正确。
10. C 【解析】根据晶胞图,1个晶胞中有4个Zn²⁺和4个O²⁻,晶胞的质量为 $\frac{4 \times 81}{N_A} \text{ g}$,A正确;锌离子间的最短距离为面心到顶角的距离,已知晶胞参数为a pm,则其面心到顶角的距离为 $\frac{\sqrt{(a \text{ pm})^2 + (a \text{ pm})^2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} a \text{ pm}$,B正确;氧元素原子序数为8,基态氧原子核外有8个电子,每个电子的运动状态均不同,共有8种运动状态,C错误;Zn为过渡元素,在元素周期表中位于第四周期第ⅡB族,属于ds区元素,O位于p区,D正确。
11. D 【解析】观察晶胞图示,钡离子位于体心,8个位于顶角的钛离子与钡离子距离最近,A正确;已知晶胞边长为a pm,O²⁻的半径为b pm,根据图示,晶胞边长=2r(Ti⁴⁺)+2r(O²⁻)=a pm,则 $r(\text{Ti}^{4+}) = \frac{a - 2r(\text{O}^{2-})}{2} = \frac{a - 2b}{2} \text{ pm}$,B正确;根据晶胞图示,Ti位于晶胞的顶角,Ti的数目为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$,Ba位于晶胞的内部,数目为1,O位于晶胞的棱上,其数目为 $12 \times \frac{1}{4} = 3$,则钛酸钡的化学式为BaTiO₃,C正确;该

晶胞为立方体,晶体密度 $\rho = \frac{137 + 48 + 16 \times 3}{a^3 N_A} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,D错误。

12. B 【解析】配合物[TiCl₂(H₂O)₄]Cl·2H₂O电离产生[TiCl₂(H₂O)₄]⁺和Cl⁻,[TiCl₂(H₂O)₄]⁺中配体Cl⁻不易发生电离,A错误;配合物Ni(CO)₄常温下呈液态,熔点低,易溶于CCl₄、苯等有机溶剂,所以固体Ni(CO)₄属于分子晶体,B正确;配合物[Cu(NH₃)₄]SO₄·H₂O的配体为NH₃,C错误;[Ag(NH₃)₂]OH的中心离子是Ag⁺,配体为NH₃,配位数为2,D错误。
13. C 【解析】Fe²⁺是中心离子,配合物中中心离子提供空轨道,配体提供孤电子对,A错误;该配合物中阴离子为SO₄²⁻,其空间结构为正四面体形,B错误;[Fe(NO)(H₂O)₅]²⁺的中心离子的配体有两种:NO、H₂O,故中心离子的配位数为6,C正确;该配合物中所含非金属元素有N、O、H、S,H位于s区,N、O、S位于p区,D错误。
14. D 【解析】“杯酚”含有酚羟基,易被氧化,故A正确;“杯酚”分子存在苯环结构,所以存在大π键,故B正确;C₇₀分子不能进入“杯酚”空腔,所以C₇₀比C₆₀分子大,故C正确;“杯酚”与C₆₀不符合形成氢键的条件,故D错误。
15. D 【解析】该超分子中N原子核外有5个原子轨道上填充有电子,故核外电子有5种空间运动状态,A错误;该超分子中不存在配位键,B错误;该超分子中—CH₃中心原子C和—NH₂中心原子N均为sp³杂化,但N原子有一个孤电子对,故∠HNH的夹角小些,C错误;该超分子中有氨基,可与酸反应,含有酰胺基,可与碱反应,D正确。
16. (1)3d⁵
(2)①(CH₃)₃SiF F的电负性大,Si周围电子云密度减小,C—Si成键电子对之间的斥力增大,C—Si—C键角变大
②Π₅⁺ ③3
(3)①1:1 KFe₂(CN)₆ ② $\frac{\sqrt{3}}{4} a \frac{1228}{a^3 N_A} \times 10^{30}$

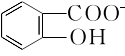
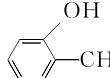
【解析】(2)①成键电子对之间的斥力越大,则键角越大,在(CH₃)₃SiF中F的电负性大,Si周围电子云密度减小,C—Si成键电子对之间的斥力增大,C—Si—C键角变大,故键角最大的是(CH₃)₃SiF。②由C₅H₅⁻结构可知,每个碳原子中还有1个电子未参与成键,且又得到一个电子,共有6个电子参与形成大π键,则C₅H₅⁻中大π键表示为Π₅⁺。③根据该铁的配合物的结构可知,其中碳的杂化方式有sp³、sp²、sp共3种。(3)①亚铁离子位于体心和棱心,则一共有4个,铁离子位于顶角和面心,一共有4个,故二者个数比为1:1;晶胞中有4个钾离子,根据电荷守恒可知,CN⁻个数为4+4×2+4×3=24,故化学式为KFe₂(CN)₆。②钾离子位于小立方体的体心,亚铁离子位于小立方体的顶角,则K⁺与Fe²⁺之间最近距离为 $\sqrt{\left(\frac{1}{2}a \text{ pm}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}a \text{ pm}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}a \text{ pm}\right)^2} \times \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} a \text{ pm}$;晶体的密度为 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times [39 + 56 \times 2 + (12 + 14) \times 6]}{N_A a^3} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{1228}{a^3 N_A} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

17. (1)A CD
(2)氟离子半径小于碘离子,氢氟键键能更大,更容易形成,故氟更易夺取铵根离子中的氢生成HF
(3)C K₂[Ni(CN)₄]为离子晶体,而Ni(CO)₄为分子晶体
(4)混合型晶体 $\frac{4 \times 25}{\rho a^3}$

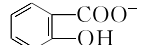
【解析】(1)基态硼原子核外电子排布式为1s²2s²2p¹;A为基态B⁺,B为基态B原子,C为激发态B⁺,D为激发态B原子,第二电离能大于第一电离能,基态比激发态稳定,故A失去一个电子需要吸收能量最多;
 $\begin{array}{c} 1s \quad 2s \quad 2p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \end{array}$ 、 $\begin{array}{c} 1s \quad 2s \quad 2p \\ \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \quad \uparrow\downarrow \end{array}$ 中电子处于激发态,电子跃迁回低能量态时会释放能量形成发射光谱。(2)氟离子半径小于碘离子,氢氟键键能更大,更容易形成,故氟更易夺取铵根离子中的氢生成HF,导致NH₄F比NH₄I更易分解。(3)K₂[Ni(CN)₄]中Ni²⁺可以提供空轨道,C的电负性比N小,碳原子更易提供孤电子对形成配位键,故配位原子是C;K₂[Ni(CN)₄]的熔

点高于 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 的原因是 $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ 为离子晶体,而 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 为分子晶体,离子晶体熔点一般高于分子晶体。
(4)六方氮化硼的晶体结构类似石墨晶体,为混合型晶体;根据“均摊法”,晶胞中含 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 个 B、4 个 N,则晶胞密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{4 \times 25}{N_A a^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,则 $N_A = \frac{4 \times 25}{\rho a^3}$ 。

素养提升练(八) 证据推理——应用相关理论解释物质结构与性质的关系

- (1) $\text{O} > \text{C} > \text{H} > \text{Fe}$
(2)小于 O 原子半径更小,更难失去电子
(3) $\text{F} > \text{O} > \text{Cl}$
- (1) $\text{N} > \text{C} > \text{H}$
(2)N 原子 2p 轨道半充满,比同周期相邻的 O 原子更稳定,更难失去电子;O、S 同主族,S 原子半径大于 O 原子,更易失去电子
- (1)大于 Zn 核外电子排布为全满稳定状态,较难失去电子,Cu 的价层电子排布为 $3d^{10}4s^1$,易失去 4s 电子变为 $3d^{10}$ 全满稳定结构
(2)Na 与 Li 同族,Na 电子层数多,原子半径大,易失电子 Li、Be、B 同周期,核电荷数依次增加,B 的第一电离能失去的电子是 2p 能级的,该能级电子的能量比 Be 失去的 2s 能级电子的高,所以 Be 的第一电离能最大;与 Li 相比,B 的核电荷数大,原子半径小,较难失去电子,第一电离能较大
【解析】(1)基态 Zn 原子的价层电子排布为 $3d^{10}4s^2$,3d、4s 轨道均处于全充满的稳定状态,较难失去电子,基态 Cu 原子的价层电子排布为 $3d^{10}4s^1$,易失去最外层的 1 个电子变为 $3d^{10}$ 的全充满稳定结构,则 Zn 第一电离能较大。基态 Cu 原子的价层电子排布为 $3d^{10}4s^1$,较易失去 4s 轨道的 1 个电子,故有 $I_1(\text{Zn}) > I_1(\text{Cu})$ 。(2)Na 与 Li 同族,Na 的电子层数多,原子半径大,易失电子,所以 Li 的第一电离能大于 Na;Li、Be、B 同周期,核电荷数依次增加,B 的第一电离能失去的电子是 2p 能级的,该能级电子的能量比 Be 失去的 2s 能级电子的高,所以 Be 的第一电离能最大;与 Li 相比,B 的核电荷数较大,原子半径较小,较难失去电子,第一电离能较大,所以第一电离能从大到小的顺序为 $\text{Be} > \text{B} > \text{Li}$ 。
- (1)Cu 的第二电离能失去的是全充满的 $3d^{10}$ 电子,Ni 的第二电离能失去的是 $4s^1$ 电子
(2)b
【解析】(2)C 原子的价层电子排布为 $2s^2 2p^2$,Si 原子的价层电子排布为 $3s^2 3p^2$,P 原子的价层电子排布为 $3s^2 3p^3$,由第一电离能规律可知,第一电离能: $\text{C} > \text{Si}$, $\text{P} > \text{Si}$,由于 C 的第一电离能失去 2p 电子,而 P 的第一电离能失去 3p 电子,则第一电离能: $\text{C} > \text{P} > \text{Si}$;当 P 原子失去 3 个电子后,再失去的一个电子为比 3p 能级能量低的 3s 能级的电子,需要的能量较多,即第四电离能较大,故符合此情况的曲线为 b。
- (1)两者均为分子晶体, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ 可以形成分子间氢键,使分子间作用力增大,而 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$ 不能
(2)两者熔化时需克服的均为离子键,由于 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$ 的半径大于 NH_4^+ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3$ 的离子键弱于 NH_4NO_3 ,故熔点低
- (1)甲苯分子间只存在范德华力,苯胺分子之间存在氢键
(2) $>$ P_2H_4 分子间只存在范德华力, N_2H_4 分子间存在氢键
(3) S_8 相对分子质量大,分子间范德华力强
(4) $\text{H}_2\text{O} > \text{CH}_3\text{OH} > \text{CO}_2 > \text{H}_2$ H_2O 与 CH_3OH 分子间均含氢键,沸点较高,前者氢键更多,沸点更高, CO_2 与 H_2 分子间为范德华力, CO_2 的相对分子质量更大,范德华力更强,沸点更高
- (1)平面三角 加成产物 CH_3OH 分子之间能形成氢键
(2)ⅥA 两者均为分子晶体且结构相似, H_2Te 相对分子质量比 H_2S 大,分子间作用力更强 两者均为分子晶体, H_2O 分子之间存在氢键
- (1) $<$  能形成分子内氢键,使—OH 更难电离出 H^+
(2) NH_3 分子间能形成氢键
(3) $\text{O}-\text{H} > \text{氢键} > \text{范德华力}$  形成分子内氢键,而 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$ 形成分子间氢键,分子间氢键使分

子间作用力增大,沸点升高

【解析】(1)氧的电负性较大,则  中形成分子内氢键,即 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{O}$ (或 $-\text{COO}^-$ 中双键氧原子与羟基氢原子之间形成氢键),其大小介于化学键和范德华力之间,使—OH 更难电离出 H^+ ,则水杨酸第二级电离平衡常数小于苯酚的电离平衡常数。(2)分子间氢键能使分子间作用力增大,使物质的熔点、沸点升高。(3)氢键弱于共价键而强于范德华力。对羟基苯甲醛形成分子间氢键,邻羟基苯甲醛形成分子内氢键。

- (1)氮元素电负性大,能与氢原子形成氢键
(2)8-羟基喹啉能形成分子内氢键,7-羟基喹啉、6-羟基喹啉可以形成分子间氢键
(3)①大 π ② $\text{O}-\text{H} \cdots \text{O}$ 、 $\text{C}-\text{H} \cdots \text{O}$ 、 $\text{C}-\text{H} \cdots \text{N}$
- 【解析】(1)氮元素电负性大,能与氢原子形成氢键,所以 8-羟基喹啉分子间可形成 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{N}$ 氢键。(2)由于 8-羟基喹啉能形成分子内氢键,7-羟基喹啉、6-羟基喹啉可以形成分子间氢键,所以 8-羟基喹啉的熔点明显低于 7-羟基喹啉、6-羟基喹啉的熔点。(3)①8-羟基喹啉与苯相似,除含有 σ 键外,还含有大 π 键,使 C、N 原子的性质与普通的烷烃、烯烃、胺明显不同。②8-羟基喹啉分子间含有羟基,根据示意图可判断 8-羟基喹啉分子间除 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{N}$ 氢键外,还存在 $\text{O}-\text{H} \cdots \text{O}$ 、 $\text{C}-\text{H} \cdots \text{O}$ 、 $\text{C}-\text{H} \cdots \text{N}$ 等氢键。
- (1)K 原子半径较大且价层电子数较少,金属键较弱
(2) GaF_3 为离子晶体, GaCl_3 为分子晶体
(3)① SiX_4 属于分子晶体,相对分子质量越大,沸点越高
②减弱 增强
- 【解析】(1)K 和 Cr 都是金属晶体,其熔点、沸点与金属键的强弱有关。K 和 Cr 处于同一周期,且核外最外层电子排布相同,但 K 的原子半径比 Cr 大,且 K 的价层电子数比 Cr 少,则 K 的金属键比 Cr 弱,因此 K 的熔点、沸点比 Cr 低。(2) GaF_3 的熔点高于 1000°C , GaCl_3 的熔点为 77.9°C ,其原因是二者所属晶体类型不同, GaF_3 是离子晶体, GaCl_3 是分子晶体,而一般离子晶体的熔点高于分子晶体的熔点。(3)①由题图可知四卤化硅的熔点逐渐升高,且均低于 400°C ,则四种物质均为分子晶体,其沸点与范德华力有关,相对分子质量越大,范德华力越大,其沸点越高。② PbX_2 的熔点逐渐降低,其中 PbF_2 的熔点超过 800°C ,其余低于 600°C ,则 PbF_2 为离子晶体, PbBr_2 、 PbI_2 为分子晶体,据此推知,依 F、Cl、Br、I 次序, PbX_2 中的化学键的离子性减弱,共价性增强。
- (1) AlCl_3 是分子晶体,而 AlF_3 是离子晶体
(2)氧离子半径小于硫离子半径,所以 CuO 的离子键强,熔点较高
(3) Li_2O 、 MgO 为离子晶体, P_4O_6 、 SO_2 为分子晶体; MgO 的离子键比 Li_2O 强,分子间作用力: $\text{P}_4\text{O}_6 > \text{SO}_2$
- (1)As 1
(2) $5s^2 5p^3$ V 形
(3)cd
(4)两者均属于共价晶体,半径 $\text{N} < \text{P}$,键长 $\text{Ga}-\text{N} < \text{Ga}-\text{P}$,键能 $\text{Ga}-\text{N} > \text{Ga}-\text{P}$,故 GaN 熔点高

【解析】(3) N_2H_4 分子的结构为 ,有 4 个 $\text{N}-\text{H}$ σ 键,不含 π 键,一个 $\text{N}-\text{N}$ σ 键,故 a 错误;基态 P 原子中,核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$,确定最高能级为 3p 能级,最高能层为 M,故 b 错误;Sb 最后排入的电子的能级为 5p,根据元素周期表的分区确定 Sb 位于 p 区,故 c 正确;升温实现液氮 $\rightarrow$ 氮气 $\rightarrow$ 氮气和氢气变化的阶段中,液氮 $\rightarrow$ 氮气,由液态变成气态,微粒间破坏的主要作用力是氢键,氮气 $\rightarrow$ 氮气和氢气破坏的是极性共价键,故 d 正确。

素养提升练(九) 模型认知——晶胞的有关计算

- D 【解析】乙酸的同分异构体不一定易溶于水,如 HCOOCH_3 与乙酸互为同分异构体,属于酯类,难溶于水, A 错误;该晶胞中有 8 个 Cu 位于顶角,含有 Cu 个数为 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$,Pd 位于体心,含有 Pd 个数为 1,则晶胞的化学式为 CuPd , B 错误;由晶胞结构可知,Cu 均位于顶角,距离 Cu 最近的 Cu 有 6 个, C 错误;晶胞质量为 $\frac{64+106}{N_A} \text{ g}$,该晶胞的体对角线有三个原子相切, $2a \text{ pm} + 2b \text{ pm} = \sqrt{3} l$ (l 为边长), $l = \frac{2a+2b}{\sqrt{3}} \text{ pm}$,

则晶胞体积为 $\left(\frac{2a+2b}{\sqrt{3}}\right)^3 \times 10^{-30} \text{ cm}^3$, 该晶体的密度 $\rho = \frac{64+106}{N_A \times \left(\frac{2a+2b}{\sqrt{3}}\right)^3} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, D 正确。

2. D 【解析】根据物质结构可知该晶胞中含有 Mo 原子数目为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$, 含有的 N 原子数目为 $1 + 4 \times \frac{1}{4} = 2$, $N(\text{Mo}) : N(\text{N}) = 4 : 2 = 2 : 1$, 则氮化钼的化学式为 Mo_2N , A 错误; 根据晶胞结构可知: 在该晶体中 2 个最近的 N 原子的距离为面对角线的一半, 则其距离是 $\frac{\sqrt{2}}{2}a \text{ nm}$, B 错误; 该晶胞的密度 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times 96 + 2 \times 14}{N_A (a \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{412}{N_A a^3 \times 10^{-21}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, C 错误; 以顶角的 Mo 原子为研究对象, 通过该顶角能够形成 8 个晶胞, 在一个晶胞中与该 Mo 原子等距离的 Mo 原子有 3 个, 分别位于通过该 Mo 原子三个平面的面心上, 每个 Mo 原子被重复计算了 2 次, 则每个钼原子周围与其距离最近的钼原子有 $\frac{8 \times 3}{2} = 12$ 个, D 正确。

3. D 【解析】氮化镓硬度很大, 熔点很高, 属于共价晶体, A 错误; 图示结构中, 位于棱上和体心的 N 原子个数为 $6 \times \frac{1}{3} + 4 = 6$, B 错误; 由题图可知, Ga 呈六方最密堆积, Ga 原子周围等距离且最近的 Ga 原子数为 12, C 错误; 在该结构中, Ga 原子位于顶角、面上和体内, 含有 Ga 原子个数为 $12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$, N 原子位于棱上和体内, 含有 N 原子个数为 $6 \times \frac{1}{3} + \frac{6 \times (70+14)}{N_A} \times c \times 10^{-30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{112\sqrt{3}}{a^2 c N_A} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, D 正确。

4. (1) $\sqrt[3]{\frac{4M}{\rho N_A}} \times 10^7$ (2) $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ (3) 50
【解析】(1) 由晶胞结构图可知, 该晶胞中含有 4 个 Ce^{4+} 、8 个 O^{2-} , 相当于 4 个 CeO_2 , 则晶胞的质量为 $\frac{M}{N_A} \times 4 \text{ g}$, 体积为 $\frac{M}{N_A} \times 4 \text{ cm}^3$, 则晶胞边长为 $\sqrt[3]{\frac{4M}{\rho N_A}} \times 10^7 \text{ nm}$ 。(2) 由图可知, B 离子距离左侧面、前侧面、下底面的长度均为 $\frac{3}{4}a \text{ nm}$, 则 B 离子的坐标为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ 。(3) 根据题意可知, 边长为 $2a \text{ nm}$ 的立方体晶粒中, 6 个面上各有 5 个 Ce^{4+} 、顶角有 8 个 Ce^{4+} 、棱心有 12 个 Ce^{4+} , 则位于表面的 Ce^{4+} 最多有 50 个。

5. D 【解析】该晶胞含 X 原子个数为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$, 含 Y 原子个数为 $8 \times \frac{1}{2} + 1 = 5$, 含 Z 原子个数为 $8 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} = 3$, 对照晶胞的化学式 LaNi_5H_8 , 可得 Z 表示的微粒为 H_2 , A 正确; 从图中可以看出, 每个 X 原子周围最近且等距离的 X 原子在顶角上, 数目为 6, B 正确; 若 A 的分数坐标为 $(0, 0.5, 0.5)$, B 的分数坐标为 $(0.75, 0.75, 0)$, 则坐标原点为底面左下角的 X 原子, 则 C 的分数坐标为 $(1, 0.5, 1)$, C 正确; 若四条竖直棱的棱心位置均插入 Z, 则与原晶胞相比, 增加 Z 的个数为 $4 \times \frac{1}{4} = 1$, 而 Z 为 H_2 , 故晶体的化学式为 LaNi_5H_8 , D 错误。

6. (1) $\frac{1}{2}$ ($\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$)
(2) $\frac{155}{6.02 \times 10^{23} \times (0.5485 \times 10^{-7})^3}$
【解析】(1) A 点的原子坐标参数为 $(0, 0, 0)$, B 是面心, B 点的原子坐标参数为 $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$, C 是体心, 则 C 点的原子坐标参

数为 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 。(2) 立方晶胞顶角粒子占 $\frac{1}{8}$, 面上粒子占 $\frac{1}{2}$, 晶胞内部粒子为整个晶胞所有, 一个晶胞中含有 Ti^{4+} 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$, O^{2-} 的个数为 $6 \times \frac{1}{2} = 3$, Co^{2+} 的个数为 1, CoTiO_3 的摩尔质量为 $155 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 晶胞参数 $a = 0.5485 \text{ nm} = 0.5485 \times 10^{-7} \text{ cm}$, 则一个晶胞的体积 $V = (0.5485 \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3$, 故晶胞的密度 $\rho = \frac{m}{V} =$

$$\frac{155}{6.02 \times 10^{23} \times (0.5485 \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

7. (1) $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$

$$(2) \frac{4 \times 99.5}{N_A \times (\frac{4 \times 298 \times 10^{-10}}{\sqrt{3}})^3}$$

【解析】(1) A、B、C 的原子坐标分别为 $(0, 0, 0)$, $(0, 1, 1)$, $(1, 1, 0)$, C 和 D 的连线处于晶胞的体对角线上, 且 C、D 间的距离等于体对角线长度的 $\frac{1}{4}$, 则 D 原子的坐标参数为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$ 。

(2) 晶胞中 C、D 两原子核间距为 298 pm , 则晶胞体对角线的长度为 $4 \times 298 \text{ pm}$; 根据勾股定理知, 晶胞体对角线长度等于晶胞棱长的 $\sqrt{3}$ 倍, 晶胞中 Cu 原子个数为 4, Cl 原子个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$, 晶胞的质量 $m = \frac{4 \times (64 + 35.5)}{N_A} \text{ g}$, 则晶

$$\text{体的密度 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{4 \times (64 + 35.5)}{N_A} \text{ g}}{(\frac{4 \times 298 \times 10^{-10}}{\sqrt{3}})^3 \text{ cm}^3} =$$

$$\frac{4 \times 99.5}{N_A \times (\frac{4 \times 298 \times 10^{-10}}{\sqrt{3}})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

8. B 【解析】由晶胞结构可知, 晶体中 N 的配位数为 4, A 错误; 立方相氮化硼晶体与金刚石类似, 1 mol BN 中有 4 mol 共价键, B 正确; 立方相氮化硼晶体与金刚石类似, 属于共价晶体, 不能导电, C 错误; 若 1 号 B 原子的原子坐标参数为 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$, 则 2 号 B 原子的原子坐标参数为 $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$, D 错误。

9. B 【解析】由晶胞截面图可知, 硫离子位于晶胞的顶角和面心, 晶胞中硫离子个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$, Zn^{2+} 位于 S^{2-} 的正四面体空隙内, 每个晶胞中含有的 Zn^{2+} 数目为 4, A 正确; Zn^{2+} 位于 S^{2-} 的正四面体空隙, 与 Zn^{2+} 距离最近且相等的 S^{2-} 有 4 个, B 错误; 与顶角 S^{2-} 距离最近的 Zn^{2+} 位于体对角线的 $\frac{1}{4}$ 处, 则二者核间距的计算表达式为 $\frac{\sqrt{3}}{4}d \text{ pm}$, C 正确; ZnS 晶体的密度为 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times (32 + 65)}{N_A \times (d \times 10^{-10})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{388}{d^3 N_A} \times 10^{30} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, D 正确。

10. C 【解析】基态 Zn 原子的价层电子排布为 $3d^{10}4s^2$, 位于元素周期表的 ds 区, A 正确; 基态 Se 原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$, 电子的空间运动状态数等于电子所占原子轨道数, s、p、d 原子轨道数分别为 1、3、5, 故基态 Se 原子核外有 18 种不同空间运动状态的电子, B 正确; A 点原子的分数坐标为 $(0, 0, 0)$, 由图乙可知, B 点原子的分数坐标为 $(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$, C 错误; 该晶胞中, 位于晶胞内部的 Zn 原子个数为 4, 位于顶角和面心的 Se 原子个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times$

$$\frac{1}{2} = 4, \text{ 则 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{(65 + 79) \times 4}{(a \times 10^{-10})^3 N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, \text{ D 正确。}$$

11. (1) KFe_2Se_2 (2) 4
(3) $\frac{2 \times (39 + 56 \times 2 + 79 \times 2)}{N_A \times 0.4^2 \times 1.4 \times 10^{-21}}$

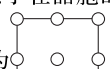
【解析】(1)由平面投影图可知,晶胞中钾原子位于顶角和体心,钾原子个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$,铁原子位于4个侧面上,且每个侧面有2个铁原子,则晶胞中铁原子的个数为 $2 \times 4 \times \frac{1}{2} = 4$,硒原子位于4条侧棱上(每条侧棱上有2个)和体内(在体心钾原子上下各有1个),则晶胞中硒原子的个数为 $2 \times 4 \times \frac{1}{4} + 2 = 4$,则该超导材料的最简化学式为 KFe_2Se_2 。

(2)以右侧面上部的铁原子为例,与之最近的硒原子有同侧面上部2个、体内上部1个,还有相邻晶胞中体内上部1个,所以铁原子的配位数为4。(3)设晶体的密度为 $d \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,由晶胞的质量公式可得 $\frac{2 \times (39 + 56 \times 2 + 79 \times 2)}{N_A} \text{ g} = abc \times 10^{-21} \text{ cm}^3 \times d \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,解得 $d = \frac{2 \times (39 + 56 \times 2 + 79 \times 2)}{N_A \times 0.4^2 \times 1.4 \times 10^{-21}}$ 。

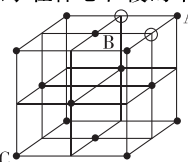
12. (1)b

(2) $(1, \frac{1}{2}, 1)$ 和 $(\frac{1}{2}, 1, 1)$ $3[r(\text{Cr}) + r(\text{N})]$

【解析】(1)氯化铈的晶胞结构与 NaCl 的相同,根据N原子在晶胞中的位置,推出Cr原子在晶胞的位置为体心和棱上,

Cr原子沿x轴方向的投影为,故选项b符合题意。

(2)Cr原子在体心和棱的中心,距A、B最近的Cr有两个,如图

所示:,其坐标分别为 $(1, \frac{1}{2}, 1)$ 、 $(\frac{1}{2}, 1, 1)$;

C点到这两个点距离相同,令晶胞的参数等于 $2x$,因为Cr原子与N原子相切,则有 $x = r(\text{Cr}) \text{ nm} + r(\text{N}) \text{ nm}$,则面对角线距离为 $2\sqrt{2}x$,因此C点到这两点的距离是 $\sqrt{(2\sqrt{2}x)^2 + x^2} = 3x$,故距离为 $3[r(\text{Cr}) + r(\text{N})] \text{ nm}$ 。

第26讲 化学反应的热效应

1. C **【解析】**需要加热才能发生的反应不一定是吸热反应,如铝热反应为放热反应,但该反应在高温条件下才能进行,故A错误;吸热反应属于化学反应,水汽化属于物质状态之间的转化,是物理变化,所以水的汽化不属于吸热反应,故B错误; $\text{X(s)} \rightarrow \text{Y(s)}$ 是放热反应,生成物总能量低于反应物总能量,能量越低越稳定,所以Y(s)比X(s)稳定,故C正确;吸热反应的生成物总能量高于反应物总能量,故D错误。

2. A **【解析】**使用不同的催化剂,反应的活化能不同,故A正确;反应物的总能量高于生成物的总能量,为放热反应,故B错误;反应过程b中使用了催化剂,故C错误; E_1 、 E_2 分别代表反应过程中各步反应的活化能,整个反应的活化能不能是各步反应活化能之和,故D错误。

3. C **【解析】**过程II可看成是氢原子之间成键形成 H_2 ,原子团 HO 之间成键形成 H_2O_2 ,成键放出能量,A正确;水分解产生 H_2 和 O_2 , H_2 燃烧又能生成 H_2O ,故氢能属于可再生能源,B正确;该过程总反应为水分解反应,水分解为吸热反应,焓变数值大于0,C错误;过程I、II为 H_2O 转化为 H_2O_2 和 H_2 ,故总反应为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{光照}} \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2 \uparrow$,D正确。

4. B **【解析】**图甲所示热化学方程式为 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) \rightarrow 5\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = \text{正反应活化能} - \text{逆反应活化能} = (a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,故A错误;由图乙可知,该反应过程中断裂氮氢键、氮氧键、氧氧键,形成氮氮键、氧氢键,非极性共价键为氧氧键、氮氮键,故B正确;由图乙可知,反应①的离子方程式为 $\text{NH}_3 + \text{Fe}^{3+} \rightarrow (\text{FeNH}_2)^{2+} + \text{H}^+$,氧化剂为 Fe^{3+} ,还原剂为 NH_3 ,则氧化剂与还原剂物质的量之比为1:1,故C错误;催化剂不能改变反应的焓变,则脱硝过程中使用催化剂的目的不是改变反应的焓变,故D错误。

5. C **【解析】**由题图可知, $\text{CH}_3\text{OHCHOHCH}_3 + \text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ 具有的总能量高于 $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3 + \text{CH}_2\text{OHCH}_3$ 具有的总能量,说明

$\text{CH}_3\text{OHCHOHCH}_3$ 断裂a处碳碳键生成 $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3 + \cdot\text{CH}_2\text{OH}$ 所需能量低,A错误;1,2-丙二醇具有的总能量高于 CH_3COCH_3 和 H_2O 具有的总能量,此过程为放热反应,B错误;图中 $\text{CH}_3\text{OHCHOHCH}_3 \rightarrow \text{TS4}$ 的活化能最大,则反应速率最慢,C正确;由题图可知,脱水生成物中 CH_3COCH_3 具有的能量最低,其稳定性最强,D错误。

6. C **【解析】** CO 的燃烧热为 $282.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,依据燃烧热概念, CO 燃烧热的热化学方程式为 $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -282.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A错误;氢气的燃烧热为 $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, H_2 燃烧的热化学方程式为 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,选项中不是 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$,B错误; H_2 和 CO 组成的混合气体56.0 L(标准状况),物质的量为2.5 mol,经充分燃烧后,放出总热量为710 kJ,并生成液态水,依据 H_2 和 CO 燃烧热的热化学方程式计算,设 H_2 的物质的量为 x , CO 的物质的量为 y ,则 $x + y = 2.5 \text{ mol}$, $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times x + 282.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times y = 710 \text{ kJ}$,联立解得 $x = 1 \text{ mol}$, $y = 1.5 \text{ mol}$,燃烧前混合气体中 H_2 的体积百分数为 $\frac{1}{2.5} \times 100\% = 40\%$,C正确;1 mol H_2 、1.5 mol CO 燃烧生成 H_2O 和 CO_2 分别为1 mol、1.5 mol, Na_2O_2 与水、 CO_2 的反应为歧化反应,则该过程转移电子的物质的量为2.5 mol,电子转移总数为 $2.5N_A$,D错误。

7. C **【解析】**1 mol $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ 燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$,放出的热量要小于1 560.8 kJ,A错误;由表中燃烧热数据可知,1 mol 正丁烷、异丁烷分别完全燃烧时,正丁烷放出的热量多,说明等量的两种物质,正丁烷具有的能量高于异丁烷,则异丁烷更稳定,B错误;由表中数据可知,碳原子数越多,烷烃的燃烧热越大,正丁烷的燃烧热为 $2 878.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,故正戊烷的燃烧热大于 $2 878.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,C正确;由表中数据分析可知,相同质量的烷烃,碳的质量分数越大,燃烧放出的热量越少,D错误。

8. B **【解析】**浓硫酸稀释时放出大量的热,选用 NaOH 溶液和浓硫酸进行实验,反应放出的热量偏高,A正确;盐酸、硝酸都是强酸,与 NaOH 溶液反应的实质都是 $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$,故反应热相同,B错误;实验需要记录反应前初始温度及反应后溶液达到的最高温度,根据 $Q = cm\Delta t$ 计算反应热,C正确;玻璃搅拌器上下搅拌,使溶液充分混合,有助于反应充分,隔热层起保温、隔热作用,防止热量散失,D正确。

9. D **【解析】**根据盖斯定律,由① $\times 3 + ③ - ②$ 可得: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = [Q_2 - (3Q_1 + Q_3)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,根据燃烧热的定义,酒精的燃烧热 $\Delta H = [Q_2 - (3Q_1 + Q_3)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A错误。反应③是放热反应,反应物具有的总能量高于生成物具有的总能量,不能判断某种物质具有的能量高低,B错误。 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 释放出热量,该过程是物理变化,不属于放热反应,C错误。根据A项分析,23 g 液体酒精的物质的量为0.5 mol,故完全燃烧生成 $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$,释放热量为 $0.5 \text{ mol} \times (3Q_1 - Q_2 + Q_3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = (0.5Q_3 - 0.5Q_2 + 1.5Q_1) \text{ kJ}$,D正确。

10. C **【解析】**1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的能量高于1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$,反应物的总能量相同,根据能量守恒定律,若温度不变,反应过程中生成1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ 时,放出的热量大于90.5 kJ,故A正确;根据盖斯定律,① $- ②$ 得 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 = (-90.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-41.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -49.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,故B正确;催化剂可降低 CO_2 与 H_2 合成甲醇反应的活化能,但不改变反应的焓变,故C错误;由B项分析可知,反应④ $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_4 = -49.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,根据盖斯定律④ $\times 2 - ③ \times 3$ 得 $2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = 2\Delta H_4 - 3\Delta H_3 = (-49.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 - (-483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 3 = +1352 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > 0$,则该反应需要吸收能量,故D正确。

11. C **【解析】**根据燃烧热的定义及题给数据计算燃烧热, CH_4 的燃烧热为 $\Delta H_1 = -(55.6 \times 16) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -889.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; C_2H_2 的燃烧热为 $\Delta H_2 = -(99.6 \times \frac{26.00}{2.00}) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -1 294.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A正确。燃烧热(ΔH)均为负

值,结合A项分析,CH₄和C₂H₂的燃烧热大小关系:ΔH₁>ΔH₂,B正确。等量的水蒸气具有的能量高于液态水具有的能量,故等量的C₂H₂完全燃烧生成水蒸气和CO₂放出的热量比生成液态水和CO₂放出的热量少,C错误。完全燃烧1 mol CH₄和1 mol C₂H₂,放出的热量分别为889.6 kJ、1 294.8 kJ,故燃烧等物质的量的CH₄和C₂H₂生成液态水和CO₂,C₂H₂放出的热量多,D正确。

12. A 【解析】已知:①C(石墨,s)+O₂(g)====CO₂(g) ΔH(石墨);②H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====H₂O(l) ΔH(H₂),6×①+

3×②得:6C(石墨,s)+3H₂(g)+ $\frac{15}{2}$ O₂(g)====6CO₂(g)+3H₂O(l) ΔH₂,则ΔH₂=6×ΔH(石墨)+3×ΔH(H₂),A正确;C₆H₆与氧气反应生成CO₂(g)和H₂O(l)是放热反应,说明反应物的总能量高于生成物的总能量,反应物还有O₂,故不能判断C₆H₆的能量与CO₂(g)和H₂O(l)的能量高低,B错误;C₆H₆(苯,g)是气态,能量要高于C₆H₆(苯,l),1 mol C₆H₆(苯,g)燃烧时放出的能量要高,但是ΔH要更小,故1 mol C₆H₆(苯,g)完全燃烧生成CO₂(g)和H₂O(l)的ΔH<ΔH₃,C错误;由题中图像,结合盖斯定律的原理,有ΔH₂=ΔH₁+ΔH₃,D错误。

13. C 【解析】ΔH₂、ΔH₅分别表示异丁烷与正丁烷的燃烧热,因ΔH₂>ΔH₅,则燃烧1 mol两种物质时,前者释放的热量比后者少,据此可知正丁烷转化为异丁烷是放热反应,ΔH₁<0,A错误;燃烧热是1 mol纯物质完全燃烧生成指定产物时放出的热量,含H元素的物质燃烧生成的指定产物为液态水,故ΔH₃的值不是正丁烷的燃烧热,B错误;ΔH₁+ΔH₂和ΔH₃+ΔH₄的始态和终态相同,由盖斯定律可知,ΔH₁+ΔH₂=ΔH₃+ΔH₄,C正确;相同条件下,能量越低越稳定,则稳定性:正丁烷<异丁烷,D错误。

14. A 【解析】设ΔH₁、ΔH₂、ΔH₃、ΔH₄、ΔH₅、ΔH₆对应的过程分别为1、2、3、4、5、6。由题图可知,氯化钠和溴化钠固体通过过程1、2、6得到的微粒和通过过程3、4、5得到的微粒都是Na⁺(g)、Br⁻(aq)、Na⁺(aq)、Cl⁻(aq),故两部分的反应热相同,则有ΔH₃+ΔH₄+ΔH₅=ΔH₁+ΔH₂+ΔH₆,即ΔH₄=ΔH₁+ΔH₂-ΔH₃-ΔH₅+ΔH₆。

15. A 【解析】分析②与③,碳完全燃烧生成二氧化碳放出的热量多,但焓变反而小,因此ΔH₃<ΔH₂,故A错误;根据图中信息,得到能量转化方式主要为太阳能转化为化学能,故B正确;根据盖斯定律分析,2×③-2×②得反应2CO(g)+O₂(g)====2CO₂(g),则ΔH=2(ΔH₃-ΔH₂),故C正确;根据盖斯定律分析, $\frac{1}{2}$ ×①-③+②得反应H₂(g)+CO₂(g)====CO(g)+H₂O(g),则ΔH=ΔH₂-ΔH₃+ $\frac{1}{2}$ ΔH₁,故D正确。

16. (1)-(b-a) kJ·mol⁻¹ 803
(2)-130.8 (3)50

【解析】(1)根据反应热等于正反应的活化能-逆反应的活化能分析,该反应的反应热为-(b-a) kJ·mol⁻¹。根据反应热=反应物的键能总和-生成物的键能总和计算,有

2x kJ·mol⁻¹+3×436 kJ·mol⁻¹- $\frac{1}{2}$ ×(764 kJ·mol⁻¹+414 kJ·mol⁻¹×4)-4×464 kJ·mol⁻¹=-152 kJ·mol⁻¹,解得x=803。

(2)根据盖斯定律分析,①CO₂(g)+3H₂(g)====CH₃OH(g)+H₂O(g) ΔH₁=-53.7 kJ·mol⁻¹,②CH₃OCH₃(g)+H₂O(g)====2CH₃OH(g) ΔH₂=+23.4 kJ·mol⁻¹,由①×2-②得2CO₂(g)+6H₂(g)====CH₃OCH₃(g)+3H₂O(g) ΔH₃=(-53.7 kJ·mol⁻¹)×2-23.4 kJ·mol⁻¹=-130.8 kJ·mol⁻¹。(3)用N_A表示阿伏伽德罗常数的值,在C₂H₂(g)完全燃烧生成CO₂和液态水的反应中,每有5N_A个电子转移时,说明有0.5 mol乙炔反应,放出650 kJ的热量,则1 mol乙炔完全燃烧放出的热量为1300 kJ,则C₂H₂的热值为 $\frac{1300 \text{ kJ}}{26 \text{ g}}$ =50 kJ·g⁻¹。

素养提升练(十) 模型认知——反应热的计算

1. D 【解析】根据反应热ΔH=反应物总键能-生成物总键能,则H₂(g)+Cl₂(g)====2HCl(g)的ΔH=+436 kJ·mol⁻¹+

243 kJ·mol⁻¹-2×432 kJ·mol⁻¹=-185 kJ·mol⁻¹,A正确;Cl原子半径小于Br原子,H—Cl的键长比H—Br键长短,H—Cl的键能比H—Br大,进而推测a<432,B正确;Cl₂比Br₂活泼,越活泼,反应越剧烈,放出的能量越多,生成2 mol HCl(g)时放出热量为185 kJ,故生成2 mol HBr(g)时,放出热量小于185 kJ,C正确;常温下Cl₂和Br₂的状态由分子间作用力决定,D错误。

2. B 【解析】反应①②都是放热反应,等量CH₄(g)完全燃烧生成H₂O(l)比生成H₂O(g)放出的热量多,则有a<b,A错误;根据反应热与键能的关系可知,反应②的ΔH₂=(413 kJ·mol⁻¹×4+2x kJ·mol⁻¹)-(798 kJ·mol⁻¹×2+463 kJ·mol⁻¹×4)=b kJ·mol⁻¹,则有x= $\frac{1}{2}$ ×(1796+b),B正确;

根据盖斯定律,由①× $\frac{1}{2}$ -②× $\frac{1}{2}$ 可得H₂O(g)====H₂O(l),

则有ΔH= $\frac{1}{2}$ (a-b) kJ·mol⁻¹,C错误;当有4N_A个C—H断裂时,反应中消耗1 mol CH₄(g),若生成H₂O(l)放出|a| kJ热量,若生成H₂O(g)则放出|b| kJ热量,D错误。

3. (1)-1326 kJ·mol⁻¹ (2)-724 kJ·mol⁻¹

【解析】(1)根据题图所示,1分子P₄、PCl₃中分别含有6个P—P、3个P—Cl,反应热为断裂6 mol P—P、6 mol Cl—Cl吸收的总能量与形成12 mol P—Cl放出的总能量之差,即ΔH=6×198 kJ·mol⁻¹+6×243 kJ·mol⁻¹-12×331 kJ·mol⁻¹=-1326 kJ·mol⁻¹。(2)1 mol N₄气体转化为2 mol N₂时,要断裂6 mol N—N、形成2 mol N≡N,已知断裂1 mol N—N吸收193 kJ热量,断裂1 mol N≡N吸收941 kJ热量,则1 mol N₄气体转化为2 mol N₂时的ΔH=(193×6-941×2) kJ·mol⁻¹=-724 kJ·mol⁻¹。

4. A 【解析】H₂燃烧的热化学方程式为①H₂(g)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====H₂O(l) ΔH=-285.8 kJ·mol⁻¹;CH₃OH(l)燃烧的热化学方程式为②CH₃OH(l)+ $\frac{3}{2}$ O₂(g)====CO₂(g)+2H₂O(l) ΔH=-726.5 kJ·mol⁻¹;③CH₃OH(l)====CH₃OH(g) ΔH=+35.2 kJ·mol⁻¹;④H₂O(l)====H₂O(g) ΔH=+44 kJ·mol⁻¹。根据盖斯定律,由①×3-②+③+④可得CO₂(g)+3H₂(g)====CH₃OH(g)+H₂O(g)的ΔH=-51.7 kJ·mol⁻¹。

5. D 【解析】分析已知热化学方程式,根据盖斯定律,由3×①-②+③可得C₂H₅OH(l)+3O₂(g)====2CO₂(g)+3H₂O(l),则有ΔH=(3Q₁-Q₂+Q₃) kJ·mol⁻¹。

6. A 【解析】由反应②-①可得目标反应MnO₂(s)+SO₂(g)====MnSO₄(s),根据盖斯定律可知ΔH=ΔH₂-ΔH₁=(-768 kJ·mol⁻¹)-(-520 kJ·mol⁻¹)=-248 kJ·mol⁻¹。

7. (1)C₄H₈(g)+6O₂(g)====4CO₂(g)+4H₂O(l)
ΔH=-2539 kJ·mol⁻¹
(2)+148 (3)+135

【解析】(1)根据燃烧热写出三种烃燃烧的热化学方程式:

①C₄H₈(g)+6O₂(g)====4CO₂(g)+4H₂O(l) ΔH=-2539 kJ·mol⁻¹;②C₂H₄(g)+3O₂(g)====2CO₂(g)+2H₂O(l) ΔH=-1411 kJ·mol⁻¹;③2C₃H₆(g)+9O₂(g)====6CO₂(g)+6H₂O(l) ΔH=-4098 kJ·mol⁻¹。(2)根据盖斯定律,由①+②-③可得反应I,则有ΔH₁=(-2539 kJ·mol⁻¹)+(-1411 kJ·mol⁻¹)-(-4098 kJ·mol⁻¹)=+148 kJ·mol⁻¹。(3)结合(1)中②③热化学方程式,由③-②×3可得反应2C₃H₆(g)====3C₂H₄(g),则ΔH=(-4098 kJ·mol⁻¹)-(-1411 kJ·mol⁻¹)×3=+135 kJ·mol⁻¹。

8. A 【解析】由题图可知,总反应为CO(g)+2H₂(g)====CH₃OH(g),反应过程中有碳氧极性键的断裂和C—H、O—H极性键的形成,A正确;过渡态物质的总能量与反应物总能量的差值为活化能,决定总反应速率的是慢反应,活化能越大反应越慢,据图可知反应的快速步骤为Ⅱ→Ⅲ,B错误;催化剂改变反应速率,但是不改变反应的焓变,C错误;生成物总能量低于反应物的总能量,该反应为放热反应,单个CO分子合成甲醇放热1.0 eV,则反应消耗1 mol CO(g)放热为N_A eV,D错误。

9. A 【解析】据图可得热化学方程式:①C(s)====C(g) ΔH₁=

+717 kJ·mol⁻¹; ②2H₂(g)====4H(g) ΔH₂=+864 kJ·mol⁻¹; ③C(s)+2H₂(g)====CH₄(g) ΔH₃=-75 kJ·mol⁻¹。根据反应热与键能的关系,反应③的ΔH=反应物总键能-生成物总键能,则-75 kJ·mol⁻¹=717 kJ·mol⁻¹+864 kJ·mol⁻¹-4E(C-H),解得E(C-H)=414 kJ·mol⁻¹。

10. A 【解析】从图中可以看出,在正向进行的三个吸热反应中,其能垒分别为[-1.23-(-2.16)] eV=0.93 eV、[-1.55-(-1.77)] eV=0.22 eV、[-1.02-(-2.21)] eV=1.19 eV。从以上分析知,该历程中最小能垒为0.22 eV,是由(CH₃)₂NCH₂OH⁺转化为(CH₃)₂NCH₂的反应,化学方程式为(CH₃)₂NCH₂OH⁺====(CH₃)₂NCH₂+OH⁺,A正确;该历程中最大能垒(活化能)为1.19 eV,B错误;该反应的总反应是由(CH₃)₂NCHO(g)转化为N(CH₃)₃(g),但1.02 eV为单个(CH₃)₂NCHO(g)反应时放出的热量,故热化学方程式为(CH₃)₂NCHO(g)+2H₂(g)====N(CH₃)₃(g)+H₂O(g) ΔH=-1.02N_A eV·mol⁻¹,C错误;增大压强或升高温度均能加快反应速率,但升高温度,平衡逆向移动,不能增大DMF的平衡转化率,D错误。

11. (1) ①NO₂(g)+CO(g)====NO(g)+CO₂(g)
ΔH=-234 kJ·mol⁻¹
②H₂Se(g)====Se(s)+H₂(g) ΔH=-84 kJ·mol⁻¹
(2) ①放热 ②NH₄⁺(aq)+2O₂(g)====NO₃⁻(aq)+2H⁺(aq)+H₂O(l) ΔH=-346 kJ·mol⁻¹
【解析】(1) ①根据NO₂(g)和CO(g)反应生成CO₂(g)和NO(g)过程中能量变化示意图可知,反应物总能量高于生成物总能量,反应是放热反应,反应焓变=E₁-E₂=134 kJ·mol⁻¹-368 kJ·mol⁻¹=-234 kJ·mol⁻¹,则NO₂和CO反应的热化学方程式为NO₂(g)+CO(g)====NO(g)+CO₂(g) ΔH=-234 kJ·mol⁻¹。②根据元素周期律,同一主族元素非金属性越强,生成气态氢化物越容易,气态氢化物越稳定,而能量越低越稳定,所以a、b、c、d依次为H₂Te、H₂Se、H₂S、H₂O;b为气态硒化氢的生成热数据,则气态硒化氢分解放热,ΔH=-84 kJ·mol⁻¹,所以H₂Se发生分解反应的热化学方程式为H₂Se(g)====Se(s)+H₂(g) ΔH=-84 kJ·mol⁻¹。
(2) 由能量变化示意图可知第一步为NH₄⁺(aq)+ $\frac{3}{2}$ O₂(g)====NO₃⁻(aq)+2H⁺(aq)+H₂O(l) ΔH=-273 kJ·mol⁻¹,是放热反应;第二步为NO₃⁻(aq)+ $\frac{1}{2}$ O₂(g)====NO₃⁻(aq) ΔH=-73 kJ·mol⁻¹,则1 mol NH₄⁺(aq)全部被氧化成NO₃⁻(aq)的热化学方程式为NH₄⁺(aq)+2O₂(g)====NO₃⁻(aq)+2H⁺(aq)+H₂O(l) ΔH=-346 kJ·mol⁻¹。

第27讲 原电池 化学电源

1. D 【解析】图甲为原电池装置,铜为正极,氢离子得电子生成氢气,电极反应式是2H⁺+2e⁻====H₂↑,A正确;图乙装置中铜电极上无气体产生,铬电极上产生大量有色气体,说明铜电极为负极,铬电极为正极,负极反应式为Cu-2e⁻====Cu²⁺,B正确;图乙装置中铜电极上无气体产生,铬电极上产生大量有色气体,正极上应是硝酸被还原生成二氧化氮气体,电极反应式为NO₃⁻+2H⁺+e⁻====NO₂↑+H₂O,C正确;图甲中,电子由Cr电极经导线流向Cu电极,图乙中电子由Cu电极经导线流向Cr电极,D错误。
2. D 【解析】装置I中Zn作负极,电极反应式为Zn-2e⁻====Zn²⁺;装置II中Fe作负极,电极反应式为Fe-2e⁻====Fe²⁺,A错误。装置I中Fe作正极,电极反应式为O₂+2H₂O+4e⁻====4OH⁻;装置II中Cu作正极,电极反应式为2H⁺+2e⁻====H₂↑,B错误。装置I的盐桥中阳离子向左侧烧杯移动,装置II的盐桥中阳离子向右侧烧杯移动,以保持烧杯中电解质溶液呈电中性,C错误。装置I左侧烧杯中Fe电极反应生成OH⁻,装置II右侧烧杯中Cu电极反应消耗H⁺,故两烧杯中溶液的pH均增大,D正确。
3. A 【解析】在盐桥中,为维持两个烧杯中溶液的电荷平衡,两个盐桥中阴离子的迁移率应尽可能接近,由表格可知,K⁺和Cl⁻、NO₃⁻的电迁移率最接近,NO₃⁻在酸性条件下可将Fe²⁺氧化,故应选择KCl作为电解质,A错误;铁电极为负极,石墨电极为正极,盐桥中阳离子向正极移动,则盐桥中的阳离子进入右侧烧杯溶液中,B正确;电流表读数不变时,说明右侧铁离子反应完,此时向右侧烧杯中加入硫酸铁固体,则Fe³⁺

可以继续参与反应,指针会继续偏转,C正确;铁电极发生的反应为Fe-2e⁻====Fe²⁺,石墨电极发生的反应为Fe³⁺+e⁻====Fe²⁺,当铁电极溶液中c(Fe²⁺)增加了0.01 mol·L⁻¹时,根据得失电子守恒可计算出石墨电极增加的c(Fe²⁺)为0.02 mol·L⁻¹,原溶液中c(Fe²⁺)为0.05 mol·L⁻¹,故反应后c(Fe²⁺)=0.02 mol·L⁻¹+0.05 mol·L⁻¹=0.07 mol·L⁻¹,D正确。

4. B 【解析】原电池中,负极金属的活动性一般强于正极金属,Zn比Fe活泼,形成原电池时Zn作负极,A、C均错误;使用盐桥,形成双液原电池时,为得到稳定电流,正极、负极半电池中电解质溶液一般是电极金属材料形成的盐溶液,D错误,B正确。
5. C 【解析】b电极中锌变为氧化锌,Zn元素化合价升高,则b电极为负极,则OH⁻通过阴离子交换膜向b电极移动,A错误;左侧极室中a电极的电极反应式为C₂H₂+2H₂O+2e⁻====C₂H₄+2OH⁻,若有2 mol电子转移,从左室迁移到右室的氢氧根离子为2 mol,反应生成的氢氧根离子为2 mol,左室内氢氧根离子数目不变,但溶液体积减小,c(KOH)增大,B错误,C正确;每转移2 mol e⁻,有2 mol OH⁻移动到右侧极室,根据Zn-2e⁻+2OH⁻====ZnO+H₂O,则右侧极室中溶液质量增大为1 mol H₂O的质量即18 g,D错误。
6. B 【解析】由题图可知,用碳化钼(Mo₂C)作Li极催化剂时CO₂的放电产物为Li₂C₂O₄,Li元素价态升高,Li极为负极,CO₂通入一极为正极。由分析可知,Li极作负极,故A正确;Li能与水反应,不能选择水溶液作电解质溶液,故B错误;根据上述分析,CO₂通入一极作正极,得到电子发生还原反应,则CO₂放电的电极反应式为2CO₂+2e⁻+2Li⁺====Li₂C₂O₄,故C正确;根据原电池原理分析,电池“吸入”CO₂时即CO₂放电参加反应,将化学能转化为电能,故D正确。
7. C 【解析】硅能与氢氧化钠溶液发生反应,所以不能将电解液换成NaOH溶液,A错误;Si@C电极上发生的电极反应为Si+2H₂O-4e⁻====SiO₂+4H⁺,B错误;正极反应式为MnO₂+2e⁻+4H⁺====Mn²⁺+2H₂O,若电路中转移4 mol电子,负极生成4 mol H⁺,正极消耗8 mol H⁺,同时有4 mol H⁺从负极区迁移到正极区,负极区溶液中n(H⁺)不变,水的量减少,c(H⁺)增大,pH减小,正极区溶液中n(H⁺)减小,水的量增多,c(H⁺)减小,pH增大,C正确;导线上每通过1 mol e⁻,正极上溶解了0.5 mol MnO₂,有1 mol H⁺从负极区迁移到正极区,溶液增加的质量为($\frac{87}{2}$ +1) g=44.5 g,D错误。
8. A 【解析】电池工作时,通入氧气的一极为正极,氧气在正极上得到电子发生还原反应生成氢氧根离子,正极附近c(OH⁻)增大,溶液碱性增强,A正确;通入乙烷的电极为负极,碱性条件下,乙烷在负极失去电子发生氧化反应生成碳酸根离子和水,电极反应式为C₂H₆+18OH⁻-14e⁻====2CO₃²⁻+12H₂O,B错误;未指明气体是否处于标准状况下,无法计算5.6 L O₂完全反应后转移电子的物质的量,C错误;乙烷燃料电池工作时,不需要点燃乙烷,D错误。
9. D 【解析】电极P为燃料电池的负极,一氧化碳和氢气分别在负极失去电子发生氧化反应生成二氧化碳和水,A错误;电极R为正极,在CO₂存在下,氧气在正极得到电子发生还原反应生成碳酸根离子,电极反应式为2CO₂+O₂+4e⁻====2CO₃²⁻,B错误;电极P为燃料电池的负极,电极R为正极,则K⁺、Na⁺往正极(电极R)移动,C错误;电极P为燃料电池的负极,电极R为正极,电池工作时,外电路电流的流动方向为正极(电极R)→用电器→负极(电极P),D正确。
10. B 【解析】NaBH₄-H₂O₂燃料电池中,H₂O₂是氧化剂,在正极得到电子被还原,b为正极,电极反应式为H₂O₂+2e⁻====2OH⁻,A正确;NaBH₄为还原剂,在负极失去电子,呈-1价的H被氧化,B不正确;放电过程中,b极区产生氢氧根离子,钠离子透过离子交换膜向正极移动,则b极区NaOH浓度增大,C正确;左侧钠离子进料量大于出料量,右侧钠离子出料量大于进料量,钠元素守恒,则电池中的离子交换膜为阳离子交换膜,D正确。
11. C 【解析】由原理可知,放电时Mg作负极,电极反应式为Mg-2e⁻====Mg²⁺,石墨作正极,电极反应式为3CO₂+2Mg²⁺+2H₂O+4e⁻====2MgCO₃·H₂O+C。充电时,Mg作阴极,接外电源的负极,A错误;放电时为原电池,电子经导线由负极传导到正极,不能进入电解质溶液,B错误;充电时,石墨作阳极,电极反应式为2MgCO₃·H₂O+C-4e⁻

$\text{---}3\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, C 正确; 放电时, CO_2 在正极被还原为 C, C 元素由 +4 价变为 0 价, 未指明 6.72 L CO_2 是否处于标准状况下, 不能确定转移电子数, D 错误。

12. D 【解析】根据电池反应为 $\text{AlLi} + \text{C}_x\text{PF}_6 \xrightarrow[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Al} + x\text{C} + \text{Li}^+ + \text{PF}_6^-$, Li 元素化合价升高, 则 AlLi 作负极, C_xPF_6 作正极, A 错误; 放电时阴离子向负极移动, 则 PF_6^- 移向负极, B 错误; 充电时, 阴极反应式为 $\text{Li}^+ + \text{e}^- + \text{Al} \text{---} \text{AlLi}$, 电路中转移 1 mol 电子, 阴极生成 1 mol AlLi, 其质量增加 7 g, C 错误; 放电时, 正极反应为 $\text{C}_x\text{PF}_6 + \text{e}^- \text{---} x\text{C} + \text{PF}_6^-$, 则充电时, 阳极反应为 $x\text{C} + \text{PF}_6^- - \text{e}^- \text{---} \text{C}_x\text{PF}_6$, D 正确。

13. C 【解析】放电时, Zn 是负极, MnO_2 是正极, 正极反应为 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \text{---} \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$, A 正确; 放电时, Zn 是负极, 充电时, Zn 作阴极, 阴极反应式为 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{e}^- \text{---} \text{Zn} + 4\text{OH}^-$, B 正确; 此电池为二次电池, 放电过程中, 正极区 SO_4^{2-} 通过离子交换膜 a 进入硫酸钾溶液, 负极区 K^+ 通过离子交换膜 b 进入硫酸钾溶液, 充电过程中, 中间的 K^+ 、 SO_4^{2-} 分别通过离子交换膜 b、a 进入阴极室和阳极室, 则 a 和 b 分别为阴离子交换膜和阳离子交换膜, C 错误; 充电过程中, K^+ 通过离子交换膜 b 进入阴极区, SO_4^{2-} 通过离子交换膜 a 进入阳极区, 故 K_2SO_4 溶液的浓度逐渐降低, D 正确。

14. A 【解析】闭合 K_1 时, Pd 电极上物质转化为 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{HCOOH}$, 则 Pd 电极反应为 $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \text{---} \text{HCOOH}$, A 正确; 闭合 K_1 时, Zn 电极反应为 $\text{Zn} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \text{---} [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, 复合膜层间的 H_2O 解离成 H^+ 和 OH^- , 移动向两极的 H^+ 和 OH^- 的物质的量相等, 两电极转移电子数相等, 则右侧消耗 H^+ 少, 左侧消耗 OH^- 多, 还要额外消耗 KOH 溶液中的 OH^- , 故复合膜两侧溶液的 pH 左侧降低, 右侧不变, B 错误; 闭合 K_2 时, 该装置为电解池, 左侧为阴极, 右侧为阳极, H^+ 通过 a 膜流向 Zn 电极, C 错误; 没有指明气体是否为标准状况, 无法计算 CO_2 的体积, D 错误。

15. D 【解析】由总反应可知, 放电时, Zn 为负极, 发生氧化反应, A 错误; 6 mol BiOI 参加反应生成 2 mol Bi 时转移 6 mol 电子, 则 1 mol BiOI 参与反应, 转移 1 mol e^- , B 错误; 充电时, Zn 电极作阴极, BiOI 电极作阳极, 溶液中阳离子向阴极移动, 则 Zn^{2+} 通过阳离子交换膜从 BiOI 电极移向 Zn 电极, C 错误; 充电时的总反应为 $2\text{Bi} + 2\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{ZnI}_2 \text{---} 3\text{Zn} + 6\text{BiOI}$, 阳极发生反应为 $\text{Bi} + \text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{I}^- - 3\text{e}^- \text{---} 3\text{BiOI}$, D 正确。

16. A 【解析】 Li_2CO_3 和 MnO_2 按物质的量之比 1 : 2 反应合成 LiMn_2O_4 , Mn 元素化合价降低, 根据得失电子守恒, 氧元素化合价升高, 可能有 O_2 产生, A 正确; 放电时, 锂离子向正极移动, 正极的电极反应式为 $\text{Li}_{(1-x)}\text{Mn}_2\text{O}_4 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- \text{---} \text{LiMn}_2\text{O}_4$, B 错误; 放电时 AC 电极作负极, 充电时 AC 电极作阴极, 应与电源负极相连, C 错误; 放电时, 需要 Li^+ 参与正极反应, 故不能用 Na_2SO_4 溶液代替 Li_2SO_4 溶液作电解质, D 错误。

第 28 讲 电解池 金属的腐蚀与防护

1. C 【解析】等物质的量的 Na_2SO_4 、 AgNO_3 、 KCl 混合液中 Cl^- 与 Ag^+ 等物质的量反应生成 AgCl 沉淀, 溶液变为 Na_2SO_4 、 KNO_3 混合溶液, 则电解时相当于电解水, 阴极和阳极析出的物质分别为 H_2 、 O_2 , C 项正确。

2. A 【解析】通电后发现 a 极质量增加, 金属阳离子在 a 极上得电子, a 极是阴极, 溶液中金属元素在金属活动性顺序中处于氢元素后边; b 极是阳极, b 极处有无色无味气体放出, 即溶液中氢氧根离子或水放电生成氧气, 电极必须是惰性电极, 电解质溶液中的阴离子必须是 OH^- 或含氧酸根离子, A 符合题意。

3. B 【解析】 AgNO_3 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 CuSO_4 溶液随电解的进行, 有酸产生, 溶液 pH 降低; KCl 、 CaCl_2 溶液随电解的进行, 有碱产生, 溶液 pH 升高; 电解 CuCl_2 、 HCl 溶液, 相当于电解电解质本身, 溶液中 CuCl_2 、 HCl 减少, 对应的 H^+ 减少, 溶液的 pH 升高; 电解 KOH 、 HNO_3 、 Na_2SO_4 溶液相当于电解 H_2O , 电解质溶液浓度增大, 对应碱溶液的碱性更强, 酸溶液的酸性更强, 中性溶液的 pH 不变, B 符合题意。

4. (1) ① $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \text{---} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ 产生气泡, 溶液变红
② $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \text{---} \text{Cl}_2 \uparrow$ 将湿润的淀粉-KI 试纸接近 Y 极出气口, 试纸变蓝

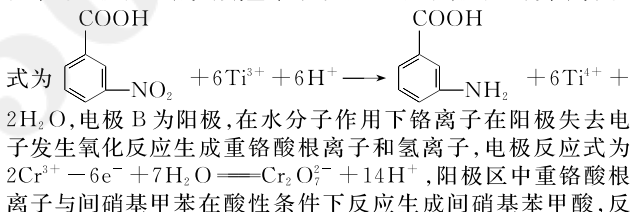
(2) ① 纯铜 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \text{---} \text{Cu}$ ② 粗铜 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \text{---} \text{Cu}^{2+}$

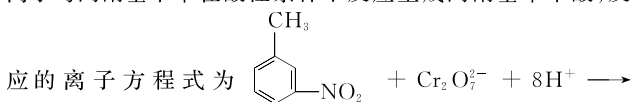
【解析】(1) ① 若 X、Y 是惰性电极, a 是饱和 NaCl 溶液, X 极与电源负极相连, 则 X 极是阴极, 发生还原反应, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \text{---} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$, 由于生成 OH^- , X 极附近溶液呈碱性, 观察到 X 极产生气泡, 溶液变成红色。② Y 极与电源的正极相连, 则 Y 极是阳极, Cl^- 在阳极上发生氧化反应生成 Cl_2 , 电极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \text{---} \text{Cl}_2 \uparrow$; 利用湿润的淀粉-KI 试纸检验生成的 Cl_2 , 试纸变成蓝色。(2) ① 电解精炼粗铜时, 纯铜作阴极, 粗铜作阳极, 则 X 极是纯铜, Cu^{2+} 在该电极上发生还原反应生成 Cu, 电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \text{---} \text{Cu}$ 。② Y 极是粗铜, 自身失电子发生氧化反应, 则电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \text{---} \text{Cu}^{2+}$ 。

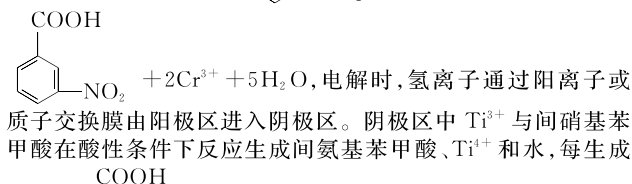
5. B 【解析】碱性介质中, 电解尿素可制氢, 电解过程总反应为 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{电解}} \text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2 \uparrow$, 电解过程中, 不断消耗 OH^- , 溶液 pH 不断减小, A 项正确; 根据方程式可知电池工作时, 相同条件下产生的 H_2 和 N_2 的体积比: $V(\text{H}_2) : V(\text{N}_2) = 3 : 1$, B 项错误; 阳极发生失去电子的氧化反应, 电极反应式为 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 8\text{OH}^- - 6\text{e}^- \text{---} \text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, C 项正确; 根据以上分析可知富含尿素的废水进行电解处理, 既可治理废水富营养化, 又可获得氢能, D 项正确。

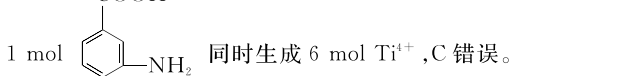
6. B 【解析】该装置为电解池, 电极 a 上甘油被氧化生成甘油醛, 则电极 a 为阳极, 电极 b 为阴极, 则电极 b 与电源负极相连, A 正确; 催化电极 a 为阳极, 电极反应式为 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 2\text{CO}_3^{2-} - 2\text{e}^- \text{---} \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 2\text{HCO}_3^-$, CO_3^{2-} 的水解程度大于 HCO_3^- , 则催化电极 a 附近溶液的 pH 减小, B 错误; 催化电极 a 为阳极, 则电解时阴离子透过交换膜向阳极 a 极迁移, C 正确; 电极 b 为阴极, CO_2 和 H_2O 在阴极得电子被还原生成 CO 和 H_2 , D 正确。

7. C 【解析】由图可知, 与电源负极相连的电极 A 为电解池的阴极, Ti^{4+} 在阴极得到电子发生还原反应生成 Ti^{3+} , 电极反应式为 $\text{Ti}^{4+} + \text{e}^- \text{---} \text{Ti}^{3+}$, 阴极区中 Ti^{3+} 与间硝基苯甲酸在酸性条件下反应生成间氨基苯甲酸、 Ti^{4+} 和水, 反应的离子方程

式为  式为 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2) + 6\text{Ti}^{3+} + 6\text{H}^+ \text{---} \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NH}_2) + 6\text{Ti}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 电极 B 为阳极, 在水分子作用下铬离子在阳极失去电子发生氧化反应生成重铬酸根离子和氢离子, 电极反应式为 $2\text{Cr}^{3+} - 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \text{---} \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$, 阳极区中重铬酸根离子与间硝基苯甲酸在酸性条件下反应生成间硝基苯甲酸, 反

应的离子方程式为  应的离子方程式为 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ \text{---}$

 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{NO}_2) + 2\text{Cr}^{3+} + 5\text{H}_2\text{O}$, 电解时, 氢离子通过阳离子或质子交换膜由阳极区进入阴极区。阴极区中 Ti^{3+} 与间硝基苯甲酸在酸性条件下反应生成间氨基苯甲酸、 Ti^{4+} 和水, 每生成

1 mol  同时生成 6 mol Ti^{4+} , C 错误。

8. D 【解析】季铵盐属于盐类, 能电离, 作电解质, 根据装置图可判断丙烯腈可溶于季铵盐溶液中, 还有利于丙烯腈的溶解, A 正确; 阳极是水放电生成氧气, 电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \text{---} 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$, 生成的氢离子通过质子交换膜进入阴极室, 电解过程中阳极室溶剂减少, 硫酸的物质的量不变, 因此电解过程中稀硫酸的浓度逐渐增大, B 正确; 丙烯腈在阴极得到电子生成己二腈, 生成己二腈的电极反应式为 $2\text{CH}_2=\text{CHCN} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \text{---} \text{NC}(\text{CH}_2)_4\text{CN}$, C 正确; 生成丙腈的电极反应式为 $\text{CH}_2=\text{CHCN} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \text{---} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$, 季铵盐的浓度为 $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 己二腈和丙腈的生成速率分别为 $3.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.8 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$, 则每小时通过质子交换膜的氢离子的物质的量最少为 $3.4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1} \times 1 \text{ h} \times 2 + 0.8 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1} \times 1 \text{ h} \times 2 = 8.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$, D 错误。

9. D 【解析】Y 电极为阳极, 电极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \text{---} \text{Cl}_2 \uparrow$, 要使海水淡化, M、N 之间海水中的阴离子需透过离子

素养提升练(十一) 模型认知—— 电化学中的“多池”与“多室”

- 交换膜 N 进入右侧溶液,则 N 为阴离子交换膜,A 正确;电解时,Y 电极上产生的 Cl_2 为有色气体,B 正确;X 电极为阴极,发生还原反应,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大,海水中通过离子交换膜的阳离子 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 易产生 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沉淀而使 X 电极区域出现浑浊,C 正确,D 错误。
10. B 【解析】b 电极为阳极,电极反应式为 $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}^+$,A 正确;电解一段时间后,电解池右侧消耗水,生成弱酸 CH_3COOH 和 H^+ , H^+ 通过质子交换膜移向左侧,总的结果是 pH 减小,B 错误;若以 CH_4 -空气燃料电池为直流电源,燃料电池的 a 极应该通入 CH_4 ,C 正确;由阳极反应式可知,理论上阴、阳极同时处理 1 mol 乙醛,有 2 mol 电子发生转移,将有 2 mol H^+ 通过质子交换膜,则处理 1 mol 乙醛,将有 1 mol H^+ 通过质子交换膜,D 正确。
11. D 【解析】阴极发生还原反应,亚硫酸氢根离子得电子生成 $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$,a 是直流电源的负极,A 正确;阴极发生还原反应,电极反应式为 $2\text{HSO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$,阴极得到 2 mol 电子时,通过阳离子交换膜的 H^+ 为 2 mol,B 正确; $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ 与一氧化氮发生氧化还原反应,生成氮气,离子反应方程式为 $2\text{NO} + 2\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 4\text{HSO}_3^-$,C 正确;阳极发生失去电子的氧化反应,D 错误。
12. D 【解析】左侧区溶液立即变为浅绿色,可知左侧电极发生反应: $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$,左侧铁电极为阳极, Fe^{2+} 还原 NaNO_2 的反应为 $6\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_2^- \rightleftharpoons 6\text{Fe}^{3+} + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$;右侧铁电极为阴极,主要发生反应: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ 。由图中信息可知左侧最终得到含硫酸钠的标准水质,则左侧生成的 Fe^{3+} 应能够通过 a 膜进入右侧,故 a 应为阳离子交换膜,A 错误;左侧铁电极为阳极,电解时 M 应连接电源的正极,即应与铅酸蓄电池的二氧化铅电极相连,B 错误;由分析可知产生 1 mol N_2 时消耗 6 mol Fe^{2+} ,对应电极反应转移 12 mol 电子,结合阴极反应可知转移 12 mol 电子生成 6 mol H_2 ,两极产生的 N_2 和 H_2 物质的量之比为 1:6,C 错误;由分析可知 6 mol Fe^{2+} 消耗 2 mol NO_2^- ,16.8 g 的 Fe 为 0.3 mol,消耗的亚硝酸钠为 0.1 mol,质量为 6.9 g,理论上可以处理含 5% NaNO_2 的污水 $\frac{6.9 \text{ g}}{5\%} = 138 \text{ g}$,D 正确。
13. B 【解析】利用电解池原理可将 CO_2 转化为燃料或者化学品,反应过程中碳元素的化合价降低,得到电子,则 a 极为阴极,b 极为阳极,辛酸转化为辛腈。装置中 b 电极为阳极,失去电子,发生氧化反应,A 错误;电极 a 为阴极,电极反应可能为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{OH}^-$,B 正确;中间的离子交换膜可以是阴离子交换膜,C 错误;电解过程中,a 极 CO_2 转化为燃料或者化学品,b 极辛酸转化为辛腈,由于电极 a 的产物不确定,则反应物的物质的量之比不确定,D 错误。
14. C 【解析】钢管桩接电源的负极,高硅铸铁接电源的正极,通电后,外电路中的电子从高硅铸铁(阳极)流向正极,从负极流向钢管桩(阴极),A、B 均正确;题给信息高硅铸铁为“惰性辅助阳极”,不损耗,C 错误。
15. D 【解析】 NaCl 和 Na_2SO_4 都是强酸强碱盐,①与④⑤比较,水中加入盐,增强了溶液的导电性,加快了吸氧腐蚀速率,A 正确;②与③都是铵盐,④与⑤都是钠盐,二者所含阴离子种类不同,说明吸氧腐蚀速率可能与阴离子种类有关,B 正确;③与⑤相比,等浓度 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液中吸氧腐蚀速率快,故⑤中加入少量 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 固体,吸氧腐蚀速率加快,C 正确;②和③相比,所含阴离子种类不同, Cl^- 对吸氧腐蚀速率影响更大,故②中加等体积的 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液, $c(\text{NH}_4^+)$ 不变,吸氧腐蚀速率变慢,D 错误。
16. B 【解析】正极反应得电子,反应①中,三氯乙烯(C_2HCl_3)中 C 为 +1 价,乙烯(C_2H_4)中 C 为 -2 价,C 的化合价降低,得电子;反应②中, H^+ 生成 H_2 ,H 的化合价由 +1 价变为 0 价,化合价降低,得电子;反应③中, O_2 转化为 OH^- ,O 由 0 价降为 -2 价,得电子;反应④中, NO_3^- 转化为 NH_4^+ ,N 由 +5 价降为 -3 价,得电子,A 项正确。三氯乙烯(C_2HCl_3)转化为乙烯(C_2H_4),C 元素从 +1 价降为 -2 价,1 mol 三氯乙烯转移 6 mol e^- ,则失去 3 mol Cl 原子时转移 6 mol e^- ,即脱去 a mol Cl 原子时 n_e 为 2a mol,B 项错误。 NO_3^- 转化为 NH_4^+ ,N 元素由 +5 价降为 -3 价,1 mol NO_3^- 得 8 mol e^- ,根据电荷守恒,补充 H^+ 配平反应,C 项正确。单位体积内小粒径零价铁越多,释放电子的物质的量越多,即 n_e 增大,D 项正确。

1. D 【解析】根据电池总反应 $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_6 \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2 + 6\text{C}$, Li_xC_6 作负极失电子发生氧化反应,则 $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ 作正极得电子发生还原反应;U 形管 I 中 a 为阴极,b 为阳极;U 形管 II 中 c 为阴极,d 为阳极;根据电池总反应, Li_xC_6 作负极,则 $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ 作正极,得电子,A 错误;盐酸中的水会稀释 I 中的溶液,故不可复原,B 错误;a 电极一直有气泡,且 a 的材料为铜,故 a 极为阴极,d 为阳极,d 极反应式为 $\text{Cu} + \text{Cl}^- - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}$,C 错误;d 电极先产生白色沉淀(CuCl),白色沉淀逐渐变成橙黄色沉淀(CuOH),发生的反应是 $\text{CuCl} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CuOH} + \text{Cl}^-$,D 正确。
2. A 【解析】由图示结合题意分析可知左侧为原电池装置,右侧为电解池装置,且 a 极反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 8\text{OH}^-$,b 极反应为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} - 28\text{e}^- + 11\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 28\text{H}^+$ 。a 极 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 得电子生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$,所以 a 是正极,b 是负极;又 a 极反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 8\text{OH}^-$,则 a 极有 1 mol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 参与反应时转移 6 mol 电子, OH^- 通过阴离子交换膜进入 NaCl 溶液中;b 是负极,转移 6 mol 电子时有 6 mol H^+ 通过阳离子交换膜进入 NaCl 溶液中, OH^- 、 H^+ 反应生成水,理论上 NaCl 溶液中离子数不变,A 错误;电池工作时,b 极反应为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} - 28\text{e}^- + 11\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 28\text{H}^+$,b 极附近 pH 减小,B 正确;右侧为电解装置,c 是阴极,c 极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$,d 为阳极,d 极反应式为 $\text{H}_2\text{O} - \text{e}^- \rightleftharpoons \cdot\text{OH} + \text{H}^+$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 28 \cdot\text{OH} \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 17\text{H}_2\text{O}$,转移 28 mol 电子,c 极生成 14 mol H_2 ,d 极生成 6 mol CO_2 ,所以两极产生气体的体积比(相同条件下)为 7:3,C 正确;d 极区苯酚被 $\cdot\text{OH}$ 氧化为二氧化碳,反应的方程式为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 28 \cdot\text{OH} \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 17\text{H}_2\text{O}$,D 正确。
3. A 【解析】乙池中 Y 电极上的反应为 $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$,之后再发生反应 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \cdot\text{OH}$,当产生 1 mol 羟基自由基时,需要 1 mol H_2O_2 ,消耗 1 mol 的 O_2 ,标准状况下消耗 22.4 L 的 O_2 ,A 错误;甲池为原电池,将化学能转化为电能,是燃料电池,b 电极上氧气被还原,为正极,a 电极为负极,发生氧化反应,B 正确;甲池为原电池,a 电极为负极,b 电极为正极,乙池为电解池,X 电极为阳极,Y 电极为阴极,串联装置中,电子由原电池负极流向电解池阴极,即 a→Y,由电解池的阳极流向原电池正极,即 X→b,C 正确;乙池中生成羟基自由基的反应: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \cdot\text{OH}$,其中 H_2O_2 作氧化剂,亚铁离子作还原剂,D 正确。
4. C 【解析】装置 B 和 C 之间通过盐桥连接,形成原电池, PbO_2 作正极,发生还原反应,电极反应式为 $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,A 正确;装置 A 为电解池,Cu 电极为阳极,电极反应式为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$,Pt 电极为阴极,电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$,故装置 A 中总反应为 $\text{Cu} + 2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$,B 正确;装置 D 中石墨为阴极,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$,Fe 电极为阳极,电极反应式为 $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$,随后被氧化生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$: $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$,故装置 D 中生成 0.2 mol $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 时,消耗水分子的物质的量为 $0.4 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$,C 错误;装置 E 中极板 M 为阴极,在 Cu 材料上镀银,应将 Cu 材料作阴极,Ag 材料作阳极, AgNO_3 溶液作电解质溶液,故极板 M 的材料应为 Cu,D 正确。
5. D 【解析】电解池中间生物发酵液中阳离子要移向产品室反应,说明 a 极是阴极,则 b 极是阳极,故 a 极的电势比 b 极的低,A 正确;m 膜为阳离子交换膜,n 膜为阴离子交换膜,B 正确;电解过程中生物发酵液中 SO_4^{2-} 进入 H_2SO_4 极室,BPM 产生 H^+ ,生成 H_2SO_4 ,pH 逐渐减小,C 正确;b 极区是阳极区,电渗析过程生成 O_2 ,每生成 11.2 L 气体(标准状况)转移电子 $\frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 = 2 \text{ mol}$,而 $\text{H}_3\text{N} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{NH}_3^+$ 生成 $\text{H}_2\text{N} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{NH}_2$ 转移电子 2 mol,故理论上可生成 1 mol 1,5-戊二胺,D 错误。

6. D 【解析】阴极上发生还原反应,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$,则阴极产生的物质 A 是 H_2 ,A 正确;电解池中阳离子向阴极移动,则 Na^+ 由阳极室向阴极室迁移,B 正确;由图可知,阳极产生 O_2 ,则阳极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$,溶液中 $c(\text{H}^+)$ 增大, CO_3^{2-} 转化为 HCO_3^- ,C 正确;由图可知,阴极区得到 NaOH 溶液,为了不引入杂质,物质 B 应为 NaOH ,其作用是增强溶液的导电性,D 错误。
7. B 【解析】连接电源 a 的电极上, HCl 转化为 Cl_2 ,发生氧化反应,电解池阳极发生氧化反应,阳极连接的是电源正极,故 a 为电源正极,A 正确;阴极区 Fe^{3+} 得电子生成 Fe^{2+} ,阴极发生的电极反应为 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$,B 错误;根据阳极的电极反应 $2\text{HCl}(\text{g}) - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+$,可知 $2\text{e}^- \sim \text{Cl}_2(\text{g})$,故电路中每转移 1 mol e^- 时,理论上可以回收氯气的体积为 $V = \frac{1}{2} \times 1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 11.2 \text{ L}$,C 正确;整个过程是电解条件下, Fe^{3+} 起催化剂作用, HCl 与 O_2 反应生成 Cl_2 和 H_2O ,该工艺的总反应式为 $4\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,D 正确。
8. D 【解析】含有乙胺的废水通入电极 N 区,空气通入电极 M 区,则电极 N 是电池的负极,电极 M 是正极,A 正确;电池工作时,阳离子向正极移动,则 H^+ 由 N 极区通过质子交换膜移动到 M 极区,B 正确;电极 N 上, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ 发生氧化反应转化为无毒无害物质,应生成 N_2 和 CO_2 ,电极反应式为 $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 + 8\text{H}_2\text{O} - 30\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{CO}_2 \uparrow + \text{N}_2 \uparrow + 30\text{H}^+$,C 正确;7.5 mol 空气(氧气体积分数为 20%)中含有 O_2 为 1.5 mol,参与正极反应: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$,电路中通过 6 mol 电子,据得失电子守恒可知,电极 N 消耗 0.4 mol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$,质量为 $m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2) = 0.4 \text{ mol} \times 45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 18 \text{ g}$,故处理含乙胺废水的质量为 $\frac{18 \text{ g}}{9\%} = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$,D 错误。
9. B 【解析】在 a 电极, C_2H_2 转化为 C_2H_4 ,C 元素由 -1 价降低到 -2 价,得电子发生还原反应,则该电极为正极;锌板 b 为负极。由分析可知,电极 a 为正极,电极 b 为负极,则电极 a 的电势高于电极 b 的电势,A 正确;放电过程中,正极区发生反应 $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{OH}^-$, OH^- 透过阴离子交换膜移向负极,正极区 KOH 的物质的量不变,但 H_2O 参加电极反应,造成水量减少, KOH 溶液浓度增大,B 不正确;电极 a 上, C_2H_2 得电子转化为 C_2H_4 ,发生的电极反应为 $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{OH}^-$,C 正确;电解足量 CuSO_4 溶液,理论上消耗 2.24 L(标准状况) C_2H_2 时,转移电子的物质的量为 $\frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = 0.2 \text{ mol}$,则生成 Cu 的物质的量为 0.1 mol,质量为 6.4 g,D 正确。
10. B 【解析】由图可知,最左侧为阳极室,水放电生成氧气和 H^+ ,最右侧为阴极室,水放电生成氢气和 OH^- ,电解池中阳离子向阴极移动,BP 膜中 H^+ 均向右侧溶液迁移, F^- 、 Cl^- 通过 M 膜、N 膜向左侧迁移,故 M 膜、N 膜为一价阴离子交换膜,A 正确;工业高盐废水中 F^- 、 Cl^- 通过 M 膜、N 膜向左侧迁移, H^+ 与右侧双极膜迁移出来的 OH^- 中和,故反应后溶液 a 的溶质主要为 ZnSO_4 和 CuSO_4 ,溶液 b 的溶质主要为右侧迁移过来的 F^- 、 Cl^- 与左侧双极膜迁移过来的 H^+ 生成的 HF 和 HCl ,B 错误;阳极反应为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$,当阳极产生 22.4 L 气体(标准状况下为 1 mol)时,根据电子守恒可知,有 4 mol 离子通过 N 膜,C 正确;电解过程中,若 pH 过高则会导致 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 转化为沉淀,故应控制高盐废水的 pH 不能过高,D 正确。
11. D 【解析】由甲中的产物为硫酸,则 SO_4^{2-} 从硫酸铁进入硫酸室中,M 为阴离子交换膜,要有 PFS 生成,甲为 H^+ ,乙为 OH^- ,A 正确;乙为 OH^- ,甲为 H^+ ,则 a 为阴极,电极反应式为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$,B 正确;电流过大会使 OH^- 大量进入硫酸铁室中,生成氢氧化铁沉淀,使 PFS 含量降低,C 正确;若制得 1 mol $[\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4]_3$,则有 3 mol OH^- 进入硫酸铁室中,理论上转移的电子为 3 mol,D 错误。
12. D 【解析】根据图知,左侧装置能自发地进行氧化还原反应,则该装置为原电池,Zn 易失电子作负极,b 电极为正极,负极的电极反应式为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$,正极的电极反应式为 $\text{NO}_2 + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2^-$,b 连接石墨 c,则 c 为阳极,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$,d 为阴极,电极反应式为

$\text{NO}_2^- + 7\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$;根据以上分析知,a、b 和电解质溶液构成原电池,a 为负极,则 b 为正极,故 A 正确;c 电极上 H_2O 失电子生成 O_2 和 H^+ ,电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$,有氢离子生成,反应中转移 4 mol 电子同时有 4 mol H^+ 通过质子交换膜进入 d 极区,氢离子的物质的量不变,但由于反应消耗水,溶液的 pH 减小,故 B 正确;氢离子由阳极通过质子交换膜进入阴极室,酸性条件下,d 电极上 NO_3^- 得电子生成 NH_3 ,电极反应式为 $\text{NO}_2^- + 7\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$,故 C 正确;6.5 g Zn 的物质的量为 $n = \frac{m}{M} = \frac{6.5 \text{ g}}{65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$,由 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ 可知转移 0.2 mol 电子,阴极的电极反应式为 $\text{NO}_2^- + 7\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$,理论上能得到 $\frac{0.2 \text{ mol}}{6} \approx 0.03 \text{ mol NH}_3$,故 D 错误。

13. C 【解析】光照强度大小影响单位时间内生成氧气的量,即影响电流强度,会影响 KIO_3 的制备速率,A 错误;根据左池物质化合价变化可判断 M 极为正极,N 极为负极,故铂电极 P 为阴极,铂电极 Q 为阳极,溶液中 K^+ 通过阳离子交换膜从 Q 极移向 P 极,B 错误;不考虑损耗,电路中每消耗 1 mol O_2 ,转移电子为 4 mol,生成 KIO_3 为 $4 \text{ mol} \times \frac{1}{5} = 0.8 \text{ mol}$,理论上 Q 极可制得 KIO_3 的质量为 $0.8 \text{ mol} \times 214 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 171.2 \text{ g}$,D 错误。
14. D 【解析】浓差电池在开始时电解质溶液浓度不同,放电结束后电解质溶液浓度相同,则 Cu(2)为负极,Cu(1)为正极。故 a 为阴极,b 为阳极。电解池可制得 O_2 、 H_2 、 H_2SO_4 和 NaOH ,根据电解池分析左边得到 NaOH 和 H_2 ,右边得到 O_2 、 H_2SO_4 。a 为电解池的阴极,A 正确;电池放电过程中,Cu(2)为负极,则负极上的电极反应为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$,B 正确;当电路中转移 2 mol 电子时,阳极区剩余 2 mol H^+ ,要使溶液呈电中性,则 1 mol SO_4^{2-} 通过膜 d 向右移动,C 正确;电池放电过程中,Cu(2)的电极反应为 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$,Cu(1)的电极反应为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$,反应前原电池左边 CuSO_4 物质的量为 5 mol,右边 CuSO_4 物质的量为 1 mol,电池从开始工作到停止放电,则左右 CuSO_4 物质的量为 3 mol,右侧有 2 mol Cu^{2+} 生成,则转移 4 mol 电子,a 电极: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,转移 4 mol 电子得到 4 mol NaOH 即 160 g,因此电池从开始工作到停止放电,电解池理论上可制得 160 g NaOH ,D 错误。

第 29 讲 化学反应速率及影响因素

1. C 【解析】化学反应速率之比等于化学计量数之比,则根据化学方程式 $3\text{W}(\text{g}) + 2\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{Y}(\text{g}) + 3\text{Z}(\text{g})$ 可知, $v(\text{W}) : v(\text{Z}) = 3 : 3 = 1 : 1$,A 错误; $v(\text{X}) : v(\text{Z}) = 2 : 3$,B 错误; $v(\text{X}) : v(\text{Y}) = 2 : 4 = 1 : 2$,C 正确; $v(\text{W}) : v(\text{X}) = 3 : 2$,D 错误。
2. A 【解析】 $t_1 \text{ min}$ 时没有达到平衡状态,正、逆反应速率不相等,A 错误;根据图像,X 与 Y 的物质的量变化之比为 2 : 3,根据化学方程式,X 为 NH_3 的变化曲线,Y 为 H_2 的变化曲线,B 正确; $0 \sim 8 \text{ min}$, $v(\text{H}_2) = \frac{0.9 \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 8 \text{ min}} = 0.01125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,C 正确; $10 \sim 12 \text{ min}$, $v(\text{NH}_3) = \frac{(0.7 - 0.6) \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 2 \text{ min}} = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,根据化学反应速率之比等于化学计量数之比, $v(\text{N}_2) = \frac{v(\text{NH}_3)}{2} = 0.0025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,D 正确。
3. D 【解析】反应至 6 min 时,生成 O_2 在标准状况下的体积为 22.4 mL(物质的量为 0.001 mol),消耗 H_2O_2 的物质的量为 0.002 mol,则 $c(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{0.01 \text{ L} \times 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.002 \text{ mol}}{0.01 \text{ L}} = 0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,A 错误;第 4 min 时过氧化氢的浓度大于第 6 min 时过氧化氢的浓度,浓度越大,反应速率越快,故第 4 min 时的瞬时速率大于第 6 min 时的瞬时速率,B 错误;反应至 6 min 时,生成 O_2 在标准状况下的体积为 22.4 mL(物质的量为 0.001 mol),则分解的 H_2O_2 的物质的量为 0.002 mol,所以 H_2O_2 分解率为 $\frac{0.002 \text{ mol}}{0.01 \text{ L} \times 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 25\%$,

C 错误;0~6 min 时间内,生成 $n(\text{O}_2) = \frac{0.0224 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.001 \text{ mol}$,消耗 $n(\text{H}_2\text{O}_2) = 2 \times n(\text{O}_2) = 2 \times 0.001 \text{ mol} = 0.002 \text{ mol}$,所以 $v(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{0.002 \text{ mol}}{0.01 \text{ L} \times 6 \text{ min}} \approx 3.3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,D 正确。

4. D 【解析】B 为固体,没有浓度变化量,不能用 B 的浓度变化表示该反应的反应速率,故 A 错误;向恒容容器中再加入 1 mol 氦气,反应物、生成物的浓度不变,则反应速率不变,故 B 错误;反应 5 min 时,测得 D 的浓度为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,D 的物质的量为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ L} = 1.5 \text{ mol}$,故 C 错误;反应 5 min 时,测得 D 的浓度为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即 D 的浓度变化量为 $0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,以 C 表示的平均反应速率 $v(\text{C}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,则 C 的浓度变化量为 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{ min} = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,根据化学计量数之比等于浓度变化量之比,则 $0.75 : 1.5 = 2 : x$,解得 $x = 4$,故 D 正确。

5. D 【解析】由图甲可知,相同 pH 下, H_2O_2 浓度越大,分解速率越快,A 错误;由图乙可知, H_2O_2 初始浓度相同,溶液的碱性越强, H_2O_2 分解速率越快,B 错误;由图丙可知, Mn^{2+} 少量存在时,无 NaOH 的 H_2O_2 溶液中 H_2O_2 几乎不分解, $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中 H_2O_2 的分解速率小于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中 H_2O_2 分解速率,故碱性越强, H_2O_2 分解速率不一定越快,C 错误;由图丙和图丁可知,碱性溶液中随 Mn^{2+} 浓度变化, H_2O_2 分解速率变化较大,D 正确。

6. C 【解析】同素异形体是同一种元素组成的不同种单质, CH_3OH 、 CD_3OH 和 CH_3OD 为化合物,不互为同素异形体,A 错误;根据速率常数, $k_{\text{H}} : k_{\text{D1}} = 4.6$, $k_{\text{H}} : k_{\text{D2}} = 2.7$,甲醇参与反应时反应速率常数更大,反应速率更快,则反应的活化能更小,B 错误;由 B 可知,甲醇参与反应时反应速率更快,则相比于 C—H、C—D 断裂的速率较慢,C 正确;由实验 II 和 III 分析可知,氘代甲醇 D1 参与的反应速率更慢,则相比于 O—H、C—H 的断裂对反应速率的影响更大,D 错误。

7. D 【解析】题目探究 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 浓度对反应速率的影响,要控制单一变量,则设计实验时除 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 浓度外,其他量均相同,故②中加水体积为 2.0 mL,即 $x = 2.0$,A 正确; KMnO_4 溶液可与盐酸反应放出氯气,故不可用盐酸酸化,通常用硫酸酸化,B 正确;由实验时溶液都是先变为青绿色后褪至无色知, MnO_4^- 在反应过程中,先被还原为 Mn^{3+} ,后被还原为 Mn^{2+} ,由青绿色褪至无色的过程中,若 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 浓度过大, $\text{Mn}^{3+} + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightleftharpoons [\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^-$ 平衡正向移动,导致 Mn^{3+} 浓度降低,褪色速率较慢,C 正确;由表中数据和实验现象知,并不是加入 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 越多, KMnO_4 溶液由紫色褪至无色的速率越快,D 错误。

8. D 【解析】为探究反应速率与 $c(\text{NaNO}_2)$ 的关系, NH_4Cl 、 H^+ 浓度不变,根据实验 2 的数据知溶液总体积为 20 mL,故 V_1 为 4.0, V_2 为 8.0, V_3 为 0,A 错误;实验 3 没有在标准状况下,不能用 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 来计算物质的量,B 错误;反应前后醋酸不变,故醋酸是催化剂,由反应速率方程可知,醋酸的浓度也会影响反应速率,C 错误;浓度增大速率加快,根据 1 组和 3 组数据分析,3 组的 $c(\text{NaNO}_2)$ 是 1 组的 2 倍,1 组和 3 组所用的时间比为 $\frac{332}{83} = 4$,则反应速率和 NaNO_2 浓度的平方成正比,故 $m = 2$,D 正确。

9. D 【解析】由表中①③数据可知 $\frac{4.0 \times 10^{-2}}{8.0 \times 10^{-3}} = \left(\frac{0.500}{0.100}\right)^n$, $n = 1$,由①②数据可知 $\frac{2.0 \times 10^{-1}}{8.0 \times 10^{-3}} = \left(\frac{0.500}{0.100}\right)^m$, $m = 2$,反应级数为 3 级,A 正确;由①数据可知 $k = \frac{8.0 \times 10^{-3}}{0.100^2 \times 0.100} \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 8.0 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$,当 $c(\text{NO}) = 0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cl}_2) = 0.300 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $v(\text{NO}) = 2v(\text{Cl}_2) = 2 \times (8.0 \times 0.200^2 \times 0.300) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.192 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,B 正确;催化剂可降低反应的活化能,增大活化分子百分数,增大速率常数 k ,增大反应速率,C 正确;由 k 与 E_a 的关系式可知,活化能增大, k 不能增大,D 错误。

10. D 【解析】将第一组数据和第二组数据代入 $v = k \cdot c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B})$,然后二式联立可得 $\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^m = \frac{2.8 \times 10^{-3}}{1.4 \times 10^{-3}}$,则 $m = 1$,将第二组数据和第四组数据代入 $v = k \cdot c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B})$,然后

二式联立可得 $\left(\frac{0.100}{0.050}\right)^n = \frac{2.8 \times 10^{-3}}{2.8 \times 10^{-3}}$,则 $n = 0$,A 错误;由 A 选项的分析可知, $m = 1$, $n = 0$,则 $v = k \cdot c(\text{A})$,代入第一组数据可得, $k = 5.6 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$,B 错误;增大反应物的浓度,增大了速率,并没有改变速率常数 k (只受温度和催化剂影响),C 错误;存在过量的 B 时,反应掉 87.5% 的 A 可以看作经历 3 个半衰期,即 $50\% + 25\% + 12.5\%$,因此所需的时间为 $\frac{3 \times 0.7}{5.6 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}} = 375 \text{ min}$,D 正确。

11. D 【解析】由表知,0~10 min 内 $v(\text{H}_2) = v(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{0.5}{2 \times 10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,A 正确;根据平衡状态的特点,平衡时正、逆反应速率相等,则 $K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$,题述正反应是放热反应,升高温度,平衡常数减小,而升高温度,速率常数增大,由此推知, $k_{\text{正}}$ 增大的倍数小于 $k_{\text{逆}}$ 增大的倍数,B 正确;根据表格数据知,开始正反应速率最大,逆反应速率为 0,随着反应进行,净反应速率由大到小,最终等于 0 (平衡),C 正确;15 min 时达到平衡, $c(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}_2) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{C}_2\text{H}_4) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,故 $K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{0.3}{0.2 \times 0.2} = 7.5$,D 错误。

12. B 【解析】由表格数据知,0~3 min, M 的物质的量变化量为 0.60 mol, P 的物质的量变化量为 0.15 mol,则反应生成的 Q 的物质的量为 $0.60 \text{ mol} - 0.15 \text{ mol} = 0.45 \text{ mol}$,Q 的平均反应速率为 $\frac{0.45 \text{ mol}}{10 \text{ L} \times 3 \text{ min}} = 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,A 错误;由化学反应速率定义知,反应开始后,体系中 P 和 Q 的浓度变化量之比 $\Delta c(\text{P}) : \Delta c(\text{Q}) = \nu_1 : \nu_2 = k_1 c(\text{M}) : k_2 c(\text{M}) = k_1 : k_2$, k_1 、 k_2 为定值,故反应开始后,体系中 P 和 Q 的浓度之比保持不变,B 正确;4 min 时反应已达到平衡, M 的物质的量变化量为 0.64 mol, P 的物质的量变化量为 0.16 mol,反应生成 Q 的物质的量为 $0.64 \text{ mol} - 0.16 \text{ mol} = 0.48 \text{ mol}$,M 生成 Q 的转化率为 $\frac{0.48 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 100\% = 48\%$,C 错误;4 min 时反应已达到平衡, P 的物质的量变化量为 0.16 mol, Q 的物质的量为 0.48 mol,则反应①的反应速率慢于反应②,反应速率越快,活化能越小,则反应①的活化能比反应②的活化能高,D 错误。

13. (1)~749
(1)①< ②否 c 点 NO 的转化率最高,在相同时间内反应的 NO 最多,只能说明反应速率最快,若在此温度下提供更长时间,NO 转化率可能还会继续增大,最终达到平衡
③NO 被 O_2 氧化; O_2 氧化性强于 NO,当 O_2 存在时,CO 优先与氧气反应; O_2 的存在可能会降低催化剂的选择性
(3)AB (4)40.5

【解析】(1)已知:
① $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
② $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
则根据盖斯定律分析,②-①可得热化学方程式 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -749 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)①a、b 两点都有 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$,b 点对应脱氮率高且温度高,则 b 点逆反应速率大于 a 点逆反应速率,故 a 点的 $v_{\text{逆}}$ 小于 b 点的 $v_{\text{正}}$ 。②该正反应为放热反应,温度高,速率快,升温平衡逆向移动,但 c 点不一定是平衡状态,c 点 NO 的转化率最高,在相同时间内反应的 NO 最多,只能说明反应速率最快,若在此温度下提供更长时间,NO 转化率可能还会继续增大,最终达到平衡。③氧气的存在对于 NO 的还原有抑制作用,原因是 NO 被 O_2 氧化; O_2 氧化性强于 NO,当 O_2 存在时,CO 优先与氧气反应; O_2 的存在可能会降低催化剂的选择性。(3)反应余热可以进入温差发电器为电能汽车提供动力,实现能量充分利用,故 A 正确;使用不同的催化剂,反应的活化能随之改变,进而改变反应速率,故 B 正确;其他条件不变,温度升高,反应速率加快,则 $\ln k$ 随 $\frac{1}{T}$ 增大而减小,故 C 错误。

(4) $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$
起始/mol 2 2 0 0
改变/mol 1 1 1 0.5
平衡/mol 1 1 1 0.5

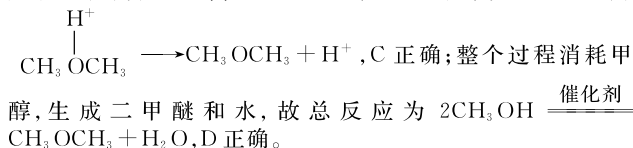
则平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{CO}_2)c(\text{N}_2)}{c^2(\text{CO})c^2(\text{NO})} = \frac{1^2 \times 0.5}{1^2 \times 1^2} = 0.5$, 平衡时正逆反应速率相等, 则有 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c^2(\text{CO}_2) \cdot c(\text{N}_2) = k_{\text{正}} c^2(\text{CO}) \cdot c^2(\text{NO})$, 即 $K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = 0.5$, a 点时一氧化碳的转化率为 25%, 则有

	$2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$			
起始/mol	2	2	0	0
改变/mol	0.5	0.5	0.5	0.25
a 点/mol	1.5	1.5	0.5	0.25
$\frac{v_{\text{正}}}{v_{\text{逆}}} = \frac{k_{\text{正}} c^2(\text{CO}) \cdot c^2(\text{NO})}{k_{\text{逆}} c^2(\text{CO}_2) \cdot c(\text{N}_2)} = K \times \frac{c^2(\text{CO}) \cdot c^2(\text{NO})}{c^2(\text{CO}_2) \cdot c(\text{N}_2)} = 0.5 \times \frac{1.5^2 \times 1.5^2}{0.5^2 \times 0.25} = 40.5$				

素养提升练(十二) 化学反应速率与反应历程

- D 【解析】由反应历程知, 甲烷与氯气发生取代反应生成一氯甲烷和氯化氢, 则总反应方程式为 $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光}} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$, A 正确; 光照的主要作用是破坏氯气分子中的共价键, 形成氯原子, 促进反应①的进行从而使总反应速率加快, B 正确; 由反应历程可知, 反应②~④都是由微粒通过有效碰撞而发生的反应, C 正确; 反应①是破坏氯气分子中的共价键形成氯原子的过程, 应吸收能量, D 错误。
- C 【解析】第一步反应快速平衡, 第二步反应为慢反应, 说明第一步反应的正、逆反应速率都较大, 则第一步反应的逆反应速率大于第二步反应的反应速率, A 错误; 反应的中间产物除 NO_3^- 外还有 NO , B 错误; 有效碰撞才能发生化学反应, 第二步反应慢, 说明仅部分碰撞有效, C 正确; 第三步反应快, 说明反应活化能较低, D 错误。
- D 【解析】 ICl 中 I 为 +1 价, 故 I_2 为还原产物, A 错误; $E_{\text{a}1} > E_{\text{a}2}$, 活化能大的化学反应速率慢, 故第一步的化学反应速率小于第二步的化学反应速率, B 错误; 该反应为放热反应, 反应物键能总和小于生成物键能总和, 已知键能: $\text{H}-\text{H} > \text{I}-\text{I}$, 故键能: $\text{H}-\text{Cl} > \text{I}-\text{Cl}$, C 错误; 总反应方程式减去第一步反应方程式可得第二步的化学反应方程式, D 正确。
- D 【解析】硫原子最外层只有 6 个电子, 不会显 +7 价, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中含有过氧键, 存在 -1 价氧元素, 使得硫元素显 +6 价, A 错误; 反应中 Fe^{3+} 参与反应生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 又转化为 Fe^{3+} , 则 Fe^{3+} 为催化剂, 改变反应速率, 故反应速率与 Fe^{3+} 浓度有关, B 错误; 氧化剂的氧化性大于氧化产物, 由图示第二步反应知, 氧化性: $\text{Fe}^{3+} < \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, C 错误; Fe^{3+} 为催化剂, 降低了反应的活化能, 加快了反应速率, 但是不改变反应焓变, 由图知, 正反应为放热反应, 若不加 Fe^{3+} , 正反应的活化能比逆反应的小, D 正确。
- A 【解析】由图知, 制备合成气反应为吸热、熵增反应, 故可在高温下自发进行, A 正确; 步骤 I 的活化能比步骤 II 的大, 步骤 I 速率更慢, 所以决定制备合成气反应速率的是步骤 I, B 错误; 步骤 I 反应的焓变 ΔH 应该为 $(E_2 - E_1) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 催化剂不能改变反应的焓变, D 错误。
- C 【解析】该反应的总活化能不是分步反应的简单加和, A 错误; 该反应的决速步骤为活化能最大的步骤, 即第 II 步, B 错误; 第 III 步反应方程式为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{X} + \text{X}^- \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5 + \text{HX}$, 则第一个反应物失去了一个质子, C 正确; ICl 中 I 呈正电性, 第 II 步中更有利于与苯环产生 C_6H_5^+ 和 Cl^- , 第 III 步中 Cl^- 更有利于与 H^+ 生成 HCl , 而 I_2 为非极性分子, 且 I_2 不活泼, 故 ICl 比 I_2 更容易发生碘化反应, D 错误。
- C 【解析】根据图示, 反应物的总能量高于生成物的总能量, 故该反应为放热反应, 即 $\Delta H < 0$, A 正确; 步骤③的方程式为 $\text{CO} \cdot + \text{OH} \cdot + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COOH} \cdot + \text{H}_2\text{O} \cdot$, B 正确; 步骤⑤中生成 CO_2 , H_2 和 H_2O , 所以步骤⑤既有极性键的形成, 又有非极性键的形成, C 错误; 速率最慢的步骤决定整个反应的速率, 活化能越高, 反应速率最慢, 如图, 步骤④活化能最高, 反应速率最慢, 决定整个反应速率, D 正确。
- B 【解析】整个过程中 H^+ 是催化剂, 先参与第一步反应, 在最后一步反应生成, A 正确; 由图知该历程中最小的能垒(基元反应活化能)为 $131 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误; 决定总反应速率的

是活化能或能垒最高的基元反应, 由图可知, 该基元反应为



- D 【解析】由图可知, 该历程总反应为 $\text{C}_{40}\text{H}_{20}(\text{g}) + \text{H} \cdot \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_{40}\text{H}_{18}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{H} \cdot$, 即 $\text{C}_{40}\text{H}_{20}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_{40}\text{H}_{18}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, A 正确; 由反应机理可知, 该历程包含 3 个基元反应, 其中第三个基元反应的活化能最大, 反应 3 速率最慢, B 正确; 由 $\text{C}_{40}\text{H}_{20}$ 的结构分析, 可知其中含有 1 个五元环, 10 个六元环, 每脱两个氢原子形成 1 个五元环, 则 $\text{C}_{40}\text{H}_{10}$ 总共含有 6 个五元环, 10 个六元环, C 正确; 该过程中涉及 C—H、苯环中部分 π 键断裂和 C—C、H—H 形成, 无极性键的形成, D 错误。
- B 【解析】据图知路径①中反应物的总能量低于生成物的总能量, 为吸热反应, $\Delta H > 0$, A 正确; 路径②所示反应中有中间产物生成, 没有直接一步转化为产物, 不是基元反应, B 错误; 据图知路径③的能垒最小, 反应速率最快, C 正确; 据图知路径④中过渡态与生成物的能量差值最大, 逆反应的活化能最大, D 正确。
- A 【解析】决速步骤为活化能最大的步骤, 由图知历程中最大能垒(活化能)的步骤为 $\frac{1}{2}\text{N}_{2\text{吸}} + \frac{3}{2}\text{H}_{2\text{吸}} \rightleftharpoons \text{N}_{\text{吸}} + 3\text{H}_{\text{吸}}$, A 正确; 历程中最大能垒(活化能)的步骤为 $\frac{1}{2}\text{N}_{2\text{吸}} + \frac{3}{2}\text{H}_{2\text{吸}} \rightleftharpoons \text{N}_{\text{吸}} + 3\text{H}_{\text{吸}}$, 该步骤的活化能为 $(45 + 17) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 62 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误; 合成氨工业中采用循环操作, 可以提高氮气和氢气的利用率, C 错误; 温度越低, 反应速率越慢, 催化剂的活性也与温度有关, 故反应中温度不是越低越好, D 错误。
- D 【解析】反应③, CH_4 中断裂 1 条 C—H 形成 $\cdot\text{CH}_3$, $\cdot\text{OH}$ 与 H 形成 H_2O , 有 O—H 生成, 则有极性键的断裂与形成, A 正确; 反应⑤中, $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 中 O 元素从 -1 价降低至 -2 价, 则 Ce 的化合价升高, B 正确; 铈/铈氧化物是催化剂, 可改变 CH_4 和 H_2O_2 的反应历程, 降低反应的活化能, C 正确; 由反应⑤可知 O 连接在 Ce 上, 甲烷可在铈/铈氧化物的催化下与过氧化氢反应, 转化为甲醇和甲基过氧化氢(CH_3OOH), 则若用 $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$ 作反应物, 一段时间后 CH_3OH 、 CH_3OOH 、 H_2O 和铈/铈氧化物中均含有 ^{18}O , D 错误。
- B 【解析】由图知, 反应③过程中, 涉及碳氮极性键的形成, A 错误; 三键氮原子的杂化方式为 sp 、双键氮原子的杂化方式为 sp^2 , 所以转化过程中氮原子的杂化方式发生改变, B 正确; 由题意可知, 该反应的总反应是一价铜催化的叠氮化物-端炔炔环加成反应, C 错误; 催化剂能降低反应的活化能, 但不能改变反应的焓变, D 错误。
- C 【解析】由题目中先“吸氢”再转化和图示知, 反应的第一步是 $-\text{S}-\text{Co}-$ 与氢气结合, 反应最后又生成 $-\text{S}-\text{Co}-$, 故 $-\text{S}-\text{Co}-$ 是催化剂, A 错误; 根据图中各步活化能知, 生成物质 I 时活化能最高, 所以对总反应速率起决定性作用的是生成物质 I 的反应, B 错误; 反应历程中, 物质 I $\rightarrow$ 物质 II 加氢, 物质 II $\rightarrow$ 物质 III 去氧, 物质 III $\rightarrow$ 物质 IV 去氧, 均为还原反应, N 元素化合价逐渐降低, C 正确; 总反应为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{催化}} \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, D 错误。

第 30 讲 化学平衡及影响因素

- D 【解析】由题意知, 该反应是气体分子数不变的放热反应。达到化学平衡状态时, Y 的正反应速率和 Z 的逆反应速率不相等, 应为 $3v_{\text{正}}(\text{Y}) = 2v_{\text{逆}}(\text{Z})$, A 错误; 达到化学平衡状态时, X、Y、Z 的浓度不变, 但 X、Y、Z 的浓度之比不一定是 1:2:3, B 错误; 不知道反应物的投料量和反应物的转化率, 无法判断达到化学平衡状态时反应放出的总热量, C 错误; 可逆反应的反应物不能完全转化为生成物, 所以 0.2 mol X 和 0.2 mol Y 充分反应生成 Z 的物质的量一定小于 0.3 mol, D 正确。
- D 【解析】I 中加入 NaCl 固体, 与 Ag^+ 反应生成 AgCl , 使 $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Ag}(\text{s})$ 平衡逆向移动, A

正确;酸性溶液中 NO_3^- 可氧化 Ag, 则 II 中不能用 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液代替 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, B 正确; K 为平衡时生成物浓度幂之积与反应物浓度幂之积的比值, 纯固体不能代入 K 的表达式中, 则该反应平衡常数 $K = \frac{c(\text{Fe}^{3+})}{c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Fe}^{2+})}$, C 正确; II 中 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液可能过量, 则加入 KSCN 溶液, 溶液呈红色, 不能表明该化学反应为可逆反应, D 错误。

3. C 【解析】该反应前后气体的化学计量数之和相等, 故恒温恒容密闭容器中, 压强是不变量, 压强不变不能判断是否达到平衡状态, A 不符合题意; 化学反应中各物质的反应速率之比等于化学计量数之比, 故 $v(\text{A}_2) : v(\text{B}_2) : v(\text{AB}) = 1 : 1 : 2$, $v(\text{A}_2) = v(\text{B}_2) = \frac{1}{2} v(\text{AB})$, 与反应是否平衡无关, B 不符合题意; 单位时间内生成 $n \text{ mol A}_2$ 同时生成 $2n \text{ mol AB}$, 说明 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 可以判定反应达到平衡状态, C 符合题意; 反应前后质量守恒, 因此 m 不变, 容积恒定, 因此 V 不变, 根据 $\rho = \frac{m}{V}$, ρ 为定值, 不能判定反应是否平衡, D 不符合题意。

4. D 【解析】由图知 25 min 后 SO_2 、 SO_3 的物质的量均不再变化, 说明反应达到平衡, 恰好达平衡过程中, SO_3 的平均反应速率为 $\frac{1.4 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 25 \text{ min}} = 0.028 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, A 错误;

10 min 后, SO_2 和 SO_3 的物质的量还在变化, 说明 10 min 时反应未达到平衡, B 错误; 反应过程中容器内原子总数是定值, 当容器内原子总数不再发生变化, 不能判断该反应达到平衡状态, C 错误; 在实际工业生产中, SO_2 和 O_2 反应生成 SO_3 的反应条件是合适催化剂、加热, 不需要加压, D 正确。

5. D 【解析】 Fe^{3+} 与 SCN^- 反应生成的络合物不是沉淀, 离子方程式应为 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, A 错误; E 点为反应起点, 混合溶液体积为 50 mL, 此时溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{0.04 \text{ L} \times 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.05 \text{ L}} = 0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 E 点对应的坐标

为 $(0, 0.04)$, B 错误; $t_4 \text{ min}$ 时向溶液中加入 50 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KCl 溶液, 相当于稀释溶液, 平衡逆向移动, C 错误; 由图知, 平衡时 Fe^{3+} 的浓度为 $m \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 的浓度为 $(0.04 - m) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, SCN^- 的浓度为

$$\frac{0.01 \text{ L} \times 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.05 \text{ L}} - 3 \times (0.04 - m) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = (3m -$$

$$0.09) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{故平衡常数 } K = \frac{c[\text{Fe}(\text{SCN})_3]}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{SCN}^-)} =$$

$$\frac{0.04 - m}{m(3m - 0.09)^3}, \text{D 正确。}$$

6. D 【解析】b 点仍处于从正反应建立平衡的过程中, 则 b 点处的逆反应速率小于 b 点处的正反应速率, b 点处 NO 和 O_2 的浓度大于 a 点处的, 则 a 点处的逆反应速率小于 b 点处的逆反应速率, 更小于 b 点处的正反应速率, A 正确; $0 \sim 10 \text{ min}$ 内, O_2 的平均反应速率 $v(\text{O}_2) = \frac{1}{2} v(\text{NO}_2) = \frac{1}{2} \times$

$$\frac{0.3 \times 2 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times (10 - 0) \text{ min}} = 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{B 正确; 其他条件不变, 若在恒压条件下发生反应, 相当于减压平衡右移, 则平衡时 } \text{NO}_2 \text{ 的转化率大于 } 50\%, \text{C 正确; 由图知,}$$

$2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g})$

起始浓度/(mol · L ⁻¹)	1	0	0
转化浓度/(mol · L ⁻¹)	0.5	0.25	0.5
平衡浓度/(mol · L ⁻¹)	0.5	0.25	0.5

$$\text{则 } K = \frac{c(\text{O}_2) \cdot c^2(\text{NO})}{c^2(\text{NO}_2)} = \frac{0.25 \times 0.5^2}{0.5^2} = 0.25, 60 \text{ min 后, 保持}$$

温度不变, 向该容器中再通入 0.5 mol O_2 和 1 mol NO_2 , 则

$$Q = \frac{c(\text{O}_2) \cdot c^2(\text{NO})}{c^2(\text{NO}_2)} = \frac{(0.25 + 0.25) \times 0.5^2}{(0.5 + 0.5)^2} = 0.125 < K =$$

0.25, 反应正向进行, D 错误。

7. D 【解析】速率之比等于化学计量数之比, 反应到 20 s 时, 消耗 1.0 mol M, $v(\text{M}) = \frac{|\Delta c(\text{M})|}{\Delta t} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 20 \text{ s}} = 0.025 \text{ mol} \cdot$

$$\text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{则用 } \text{P}(\text{g}) \text{ 表示的平均反应速率为 } \frac{1}{2} v(\text{M}) =$$

$$0.0125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}, \text{A 错误; 平衡后再向容器中加入 1 mol M}(\text{g}), \text{相当于加压, 平衡不移动, M}(\text{g}) \text{ 的平衡转化率不}$$

变, B 错误; 由 $2\text{M}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}(\text{g}) + \text{Q}(\text{g})$ 知, M 分解和 P 生成均为正反应, 速率之比为化学计量数之比, 该反应在 30 s 时,

$v_{\text{分解}}(\text{M}) = 2v_{\text{生成}}(\text{P})$, C 错误; 由题中数据知, 500°C 反应到 30 s 时, P 为 0.6 mol, 则消耗 1.2 mol M、剩余 0.8 mol M, 剩余 M 与 40 s 时相等, 则 30 s 时已处于平衡状态, 列出三段式知

	$2\text{M}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}(\text{g}) + \text{Q}(\text{g})$		
起始/mol	2	0	0
转化/mol	1.2	0.6	0.6
平衡/mol	0.8	0.6	0.6

$$K = \frac{\frac{0.6}{2} \times \frac{0.6}{2}}{\left(\frac{0.8}{2}\right)^2} = 0.5625, \text{若在 } 600^\circ\text{C} \text{ 时反应, 平衡常数 } K =$$

$0.625 > 0.5625$, 则升温平衡右移, 该反应的正反应为吸热反应, D 正确。

8. B 【解析】焓变只与反应体系的始态和终态有关, 与反应发生的途径无关, A 错误; 温度升高, 正、逆反应速率均增大, 因该反应的正反应是吸热反应, 故平衡正向移动, H_2S 分解率增大, B 正确; 该反应是气体分子数增大的反应, 增大压强平衡逆向移动, 逆反应是放热反应, 会使体系温度升高, C 错误; 若体系恒容, 向体系中注入 H_2 , 平衡将向 H_2 浓度减小的方向移动, 但最终 H_2 的浓度比原来大, D 错误。

9. D 【解析】恒温恒压下通入惰性气体, 相当于减压, 反应向气体分子数增大的方向进行, 但是反应物浓度下降, 反应速率减慢, A 错误; 反应体系中固体视为浓度不变, 加入后无影响, B 错误; 无论反应是否平衡, 氢气的生成速率始终是甲烷消耗速率的 2 倍, C 错误; 反应焓变大于零, 说明生成物总能量大于反应物总能量, 正反应活化能大于逆反应活化能, D 正确。

10. B 【解析】由平衡常数表达式可知该反应的化学方程式为 $2\text{Z}(\text{g}) + 2\text{W}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{X}(\text{g}) + 2\text{Y}(\text{g})$ 。温度改变, 平衡常数 K 的变化与反应的热效应有关, 题中条件不能确定反应是放热还是吸热, 故温度升高时 K 的变化不能确定, A 项错误; 混合气体的质量不变, 平均相对分子质量变小, 则混合气体的物质的量增大, 即升高温度, 反应逆向进行, 故逆反应是吸热反应, B 项正确; 增大压强, 平衡正向移动, $\text{W}(\text{g})$ 体积分数减小, C 项错误; 增大 $\text{X}(\text{g})$ 浓度, 平衡逆向移动, D 项错误。

11. D 【解析】由图可知, 升高温度, 二氧化氮的平衡浓度减小, 平衡向逆反应方向移动, 则该正反应为放热反应, $\Delta H < 0$, 故 A 错误; 由图可知, $T_1 \text{ K}$ 反应达到平衡时二氧化氮浓度为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由题意可建立如下三段式:

	$\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$		
起/(mol · L ⁻¹)	0.5	0.6	0
变/(mol · L ⁻¹)	0.1	0.2	0.2
平/(mol · L ⁻¹)	0.4	0.4	0.2

则由三段式数据可知, $T_1 \text{ K}$ 时, 该反应的平衡常数为 $K = \frac{c^2(\text{NO}_2)}{c(\text{SO}_2) \cdot c^2(\text{NO})} = \frac{0.2^2}{0.4 \times 0.4^2} = \frac{5}{8}$, 一氧化氮的体积分数为

$$\frac{0.4}{1.0} \times 100\% = 40\%, \text{由表格数据可知, 与容器 I 相比, } T_1 \text{ K}$$

时容器 III 相当于起始加入 1 mol 二氧化硫和 1.2 mol 一氧化氮, 则容器 III 相当于容器 I 增大压强, 该正反应为气体分子数减小的放热反应, 增大压强, 平衡向正反应方向移动, 一氧化氮的体积分数小于 40%, 若 $T_2 < T_1$, 降低温度, 平衡向正反应方向移动, 一氧化氮的体积分数还会减小, 则容器 III 中平衡时一氧化氮的体积分数一定小于 40%, 故 B 错误, D 正确; 容器 I 中平衡时气体的总物质的量为 1 mol, 容器 II 中气

$$\text{体的物质的量为 } 2 \text{ mol}, \text{浓度商 } Q = \frac{0.5^2}{0.5 \times 1^2} = 0.5 < \frac{5}{8}, \text{反应}$$

向正反应方向进行, 平衡时气体的物质的量小于 2 mol, 则容器 I 与容器 II 的总压强之比大于 1 : 2, 故 C 错误。

12. (1) $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -166 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
(2) ①BCE ②625 ③>
(3) ①< ② $p_1 > p_2 > p_3$

【解析】(1) 已知 CH_4 与 H_2 的燃烧热分别为 $890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故有热化学方程式: ① $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

$$\text{②} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$\text{③} \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, \text{根据盖斯定}$$

律知,由② $\times 4$ -①+③ $\times 2$ 得热化学方程式 $\text{CO}_2(\text{g})+4\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_4(\text{g})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H=-286\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\times 4+890\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}+44\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\times 2=-166\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。
(2)由反应 $\text{CO}_2(\text{g})+4\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_4(\text{g})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 知,
① $v(\text{CO}_2)=v(\text{CH}_4)$ 中没有说明反应的方向,不能确定是否达到平衡,A错误;该反应前后气体的总物质的量不相等,故容器内压强一定说明反应达到平衡,B正确;该反应前后气体总物质的量不相等,气体平均相对分子质量一定能说明反应达到平衡,C正确;该反应体系全是气体,且容器的容积不变,气体密度始终不变,故气体密度一定不能说明反应达到平衡,D错误; CH_4 的体积分数一定能说明反应达到平衡,E正确。

	$\text{CO}_2(\text{g})+4\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_4(\text{g})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
起始物质的量/mol	0.2	0.6	0	0
改变物质的量/mol	0.1	0.4	0.1	0.2
平衡物质的量/mol	0.1	0.2	0.1	0.2

则该反应的平衡常数为 $\frac{0.1}{5}\times\left(\frac{0.2}{5}\right)^2=\frac{0.1}{5}\times\left(\frac{0.2}{5}\right)^4=625$ 。③温度不变,再

加入 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CH}_4(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 各 0.2 mol,则 $Q=\frac{0.3}{5}\times\left(\frac{0.4}{5}\right)^2=\frac{625}{4}<625$,说明反应正向进行,则 $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$ 。

(3)①由图可知,随着温度升高,二氧化碳的平衡转化率减小,说明升温平衡逆向移动,该正反应为放热反应, $\Delta H<0$ 。
②在相同温度下,结合方程式,压强增大,平衡正向移动,二氧化碳的平衡转化率增大,故图中压强(p)由大到小的顺序是 $p_1>p_2>p_3$ 。

13. (1)2-甲基-2-丁烯 D

(2)0.9 α $\frac{1-\alpha^2}{0.1\alpha^2}$ 逆向移动 1:10

【解析】(1)由平衡常数 K_x 与温度 T 变化关系曲线可知,反应 I、II、III 的平衡常数的自然对数随温度升高(要注意横坐标为温度的倒数)而减小,说明 3 个反应均为放热反应,即 $\Delta H_1<0$ 、 $\Delta H_2<0$ 、 $\Delta H_3<0$,因此 B 的总能量低于 A 的总能量,能量越低越稳定,A 和 B 中相对稳定的是 B,其用系统命名法命名为 2-甲基-2-丁烯;由盖斯定律可知, I - II = III,则 $\Delta H_1-\Delta H_2=\Delta H_3<0$,因此 $\Delta H_1<\Delta H_2$,由于放热反应的 ΔH 越小,其绝对值越大,则 $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$ 的数值范围是大于 1。

(2)向某反应容器中加入 1.0 mol TAME,控制温度为 353 K,测得 TAME 的平衡转化率为 α ,则平衡时 $n(\text{TAME})=(1-\alpha)\text{ mol}$, $n(\text{A})+n(\text{B})=n(\text{CH}_3\text{OH})=\alpha\text{ mol}$ 。已知反应 III 的平衡常数 $K_{x3}=9.0$,则 $\frac{n(\text{B})}{n(\text{A})}=9.0$,将该式代入上式可以求出平衡体系中 B 的物质的量为 0.9 $\alpha\text{ mol}$, $n(\text{A})=0.1\alpha\text{ mol}$,

反应 I 的平衡常数 $K_{x1}=\frac{1-\alpha}{1+\alpha}=\frac{1-\alpha^2}{0.1\alpha^2}$ 。同温同

压下,再向该容器中注入惰性溶剂四氢呋喃稀释,反应 I 的化学平衡将向着分子数增大的方向移动,即逆向移动;平衡时,TAME 的转化率变大,但是反应 III 的平衡常数不变,即 $c(\text{B}):c(\text{A})$ 不变,则 $c(\text{B}):[c(\text{A})+c(\text{B})]$ 不变, $c(\text{A}):c(\text{CH}_3\text{OH})=0.1\alpha:\alpha=1:10$ 。

素养提升练(十三) 平衡思想——化学平衡常数 K 、 K_p 的计算

1. C **【解析】**曲线 a 代表 343 K 时的反应,曲线 b 代表 323 K 时的反应,由图像知,温度越高, SiHCl_3 的平衡转化率越大,所以该反应的 $\Delta H>0$,A 正确;a、b 两点的转化率相等,可以认为各物质的浓度对应相等,而 a 点的温度更高,所以反应速率更快,即 $v_a>v_b$,B 正确;及时移去产物,平衡正向移动, SiHCl_3 的转化率增大,增加反应物浓度,平衡正向移动,但 SiHCl_3 的转化率不变,C 错误;设 343 K 时初始加入的 SiHCl_3 的浓度为 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

	$2\text{SiHCl}_3(\text{g})\rightleftharpoons\text{SiH}_2\text{Cl}_2(\text{g})+\text{SiCl}_4(\text{g})$		
起始/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	1	0	0
转化/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	0.22	0.11	0.11
平衡/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	0.78	0.11	0.11

故平衡常数 $K=\frac{0.11^2}{0.78^2}\approx 0.02$,D 正确。

2. D **【解析】**由表中数据计算知,650℃和 900℃时 CO 的转化率分别为 40%、20%,说明温度越高,CO 的转化率越小,则该反应的正反应是放热反应,A 正确;实验 1 中 5 min 时生成

1.6 mol CO_2 ,同时消耗 1.6 mol CO,则有 $v(\text{CO})=\frac{1.6\text{ mol}}{2\text{ L}\times 5\text{ min}}=0.16\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,B 正确;实验 2 中达到平衡时,

$n(\text{CO}_2)=0.4\text{ mol}$,则有

	$\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$			
起始浓度/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	1	0.5	0	0
转化浓度/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	0.2	0.2	0.2	0.2
平衡浓度/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	0.8	0.3	0.2	0.2

则 900℃时该反应的平衡常数 $K=\frac{c(\text{CO}_2)\cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{CO})\cdot c(\text{H}_2\text{O})}=\frac{0.2\times 0.2}{0.8\times 0.3}=\frac{1}{6}$,C 正确;实验 2 和实验 3 中 CO 、 H_2O 的起始量

相等,实验 3 达到平衡所需时间比实验 2 短,则实验 3 的反应速率快,达到平衡时实验 2 和实验 3 中 $n(\text{CO}_2)$ 均为 0.4 mol,而升高温度,平衡则会逆向移动,平衡时 $n(\text{CO}_2)$ 会减小,故改变的条件可能是使用了催化剂,不可能是改变温度,D 错误。

3. D **【解析】**H—Cl 断裂表示正反应,而 H—O 断裂表示逆反应,根据方程式知当 1 mol H—Cl 断裂的同时有 1 mol H—O 断裂时,正、逆反应速率相等,则反应达到了平衡状态,A 正确;由题干图像知,其他条件相同时升高温度,HCl 的平衡转化率减小,即升高温度平衡逆向移动,说明正反应是放热反应,即该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量,B 正确;当温度相同时,增大进料浓度比 $[c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)]$ 的比值即增大 HCl 的浓度, O_2 的平衡转化率增大,而 HCl 的平衡转化率却减小,由图像信息可知,a、b、c 三点中 a 点对应的 O_2 平衡转化率最高,C 正确;若 HCl 的初始浓度为 $c_0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{HCl}):c(\text{O}_2)=1:1$,400℃时 HCl 的平衡转化率为 84%,由三段式分析:

	$4\text{HCl}(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
起始量/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	c_0	c_0	0	0
转化量/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	$0.84c_0$	$0.21c_0$	$0.42c_0$	$0.42c_0$
平衡量/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	$0.16c_0$	$0.79c_0$	$0.42c_0$	$0.42c_0$

则 $K(400^\circ\text{C})=\frac{c^2(\text{Cl}_2)c^2(\text{H}_2\text{O})}{c^4(\text{HCl})c(\text{O}_2)}=\frac{0.42^4}{0.16^4\times 0.79c_0}$,D 错误。

4. D **【解析】**根据 Z 的平均速率知,平衡时 $c(\text{Z})=1.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{X})=0.9\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{Y})=0.9\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,平衡常数 $K=\frac{c^2(\text{Z})}{c(\text{X})\cdot c(\text{Y})}=\frac{1.2^2}{0.9\times 0.9}\approx 1.78$,A 错误;平衡时再充入一定量的 X,平衡正向移动,但 X 的转化率减小,Y 的转化率增大,B 错误;升高温度,平衡常数减小,平衡逆向移动,则正反应为放热反应, $\Delta H<0$,C 错误; T_3 温度下, $K=1.96$,设消耗的 Y 的物质的量浓度为 $x\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,列出三段式:

	X(g)	+	Y(g)	$\rightleftharpoons$	2Z(g)+2W(s)
起始/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	1.5		1.5		0
转化/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	x		x		$2x$
平衡/(mol $\cdot\text{L}^{-1}$)	$1.5-x$		$1.5-x$		$2x$

平衡常数 $K=\frac{(2x)^2}{(1.5-x)\times(1.5-x)}=1.96$,解得 $x\approx 0.62$,则

Y 的平衡转化率约为 $\frac{0.62\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{1.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}\times 100\%\approx 41\%$,D 正确。

5. A **【解析】**a 点, NO_2 的转化率为 40%,则 a 点反应三段式为

	$2\text{C}(\text{s})+2\text{NO}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{N}_2(\text{g})+2\text{CO}_2(\text{g})$		
起始/mol	1	0	0
转化/mol	0.4	0.2	0.4
a 点/mol	0.6	0.2	0.4

b 点, NO 的转化率为 80%,则 b 点反应三段式为

	$2\text{C}(\text{s})+2\text{NO}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{N}_2(\text{g})+2\text{CO}_2(\text{g})$		
起始/mol	1	0	0
转化/mol	0.8	0.4	0.8
b 点/mol	0.2	0.4	0.8

根据 a 点反应三段式、b 点反应三段式和 $pV=nRT$ 知, $p_a V_1=1.2RT$, $p_b V_2=1.4RT$, 由于 $V_2>V_1$, 故容器内的压强: $p_a:p_b>6:7$, A 正确; 相同时间内, b 点比 a 点反应慢, 但转化率达到 80%, c 点比 a 点反应更慢, 转化率也是 40%, 说明 a 点为平衡点, c 点为未平衡点, 即图中 c 点所示条件下, $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$, B 错误; 向 a 点平衡体系中充入一定量的 NO_2 , 相当于增大压强, 平衡向左移动, 达到平衡时, NO_2 的转化率比原平衡小, C 错误; 由 a 点反应三段式知, 各物质平衡浓度为 $c(\text{NO}_2)=\frac{0.6}{V_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{N}_2)=\frac{0.2}{V_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{CO}_2)=\frac{0.4}{V_1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, T °C 时, 该反应的化学平衡常数 $K=\frac{c(\text{N}_2) \cdot c^2(\text{CO}_2)}{c^2(\text{NO}_2)}=\frac{\frac{0.2}{V_1} \times \left(\frac{0.4}{V_1}\right)^2}{\left(\frac{0.6}{V_1}\right)^2}=\frac{4}{45V_1}$, D 错误。

6. B 【解析】反应 ①: $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$, $K_{\text{p1}} = \frac{p(\text{I}_2) \times p^2(\text{NOCl})}{p^2(\text{ICl}) \times p^2(\text{NO})}$, 反应 ②: $2\text{NOCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, $K_{\text{p2}} = \frac{p(\text{Cl}_2) \times p^2(\text{NO})}{p^2(\text{NOCl})}$, 反应 ①+②可得 $2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, $K_p = \frac{p(\text{Cl}_2) \times p(\text{I}_2)}{p^2(\text{ICl})} = \frac{p(\text{I}_2) \times p^2(\text{NOCl})}{p^2(\text{ICl}) \times p^2(\text{NO})} \times \frac{p(\text{Cl}_2) \times p^2(\text{NO})}{p^2(\text{NOCl})} = K_{\text{p1}} \cdot K_{\text{p2}}$ 。

7. D 【解析】20~60 s 内, NO_2 改变量为 0.044 mol, 则 NO_2 平均反应速率 $v = \frac{0.044 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 40 \text{ s}} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, A 错误; 平衡时 N_2O_4 物质的量为 0.040 mol, 消耗 N_2O_4 物质的量为 0.060 mol, 则 N_2O_4 的平衡转化率为 $\frac{0.060 \text{ mol}}{0.100 \text{ mol}} \times 100\% = 60\%$, B 错误; 平衡时 N_2O_4 物质的量为 0.040 mol, NO_2 物质的量为 0.120 mol, 总的气体物质的量为 0.160 mol, 根据已知条件, 得到平衡时气体总压强为 $1.6p$, 平衡时, $p(\text{NO}_2) = 1.2p$, $p(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.4p$, $K_p = \frac{(1.2p)^2}{0.4p} = 3.6p$, C 错误; 该温度下平衡常数 $K = \frac{\left(\frac{0.12}{2}\right)^2}{\frac{0.04}{2}} = 0.18$, 80 s 时, 再充入 0.03 mol

NO_2 , 0.01 mol N_2O_4 , 此时 $Q = \frac{\left(\frac{0.15}{2}\right)^2}{\frac{0.05}{2}} = 0.225 > K$, 则平衡

逆向移动, D 正确。

8. C 【解析】由题图知, m 点时 CO_2 还未达到平衡转化率, 故反应正向进行, $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$, A 正确; 过程 I 较过程 II 先达到平衡状态, 说明反应速率快, 则活化能: 过程 II > 过程 I, B 正确; n 点时 CO_2 的平衡转化率为 80%, 列三段式:

$\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$

起始/mol	1	2.8	0	0
转化/mol	0.8	2.4	0.8	0.8
平衡/mol	0.2	0.4	0.8	0.8

则平衡时 $p(\text{CO}_2) = \frac{1}{11}p$, $p(\text{H}_2) = \frac{2}{11}p$, $p(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4}{11}p$, $p(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{4}{11}p$, 故 $K_p = \frac{\frac{4}{11}p \times \frac{4}{11}p}{\left(\frac{2}{11}p\right)^3 \times \frac{1}{11}p} = \frac{242}{p^2}$, C 错误; 过

程 I, $t_2 \text{ min}$ 后 CO_2 的平衡转化率降低, 说明反应逆向移动, 由于正反应放热, 因此改变的反应条件可能是升高温度, D 正确。

9. B 【解析】该反应为气体分子总数减小的反应, 故压强越大, 平衡正向进行的程度越大, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的平衡体积分数越高, 即 $p_1 > p_2$, A 正确; 温度升高, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的平衡体积分数减小, 说明该反应为放热反应, $\Delta H < 0$, B 错误; N 点时对应反应的平衡常数与 M 点相同, 设起始 H_2 、 CO 物质的量分别为 2 mol、1 mol, 列三段式:

$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$

起始量/mol	2	1	0
变化量/mol	2x	x	x
平衡量/mol	2-2x	1-x	x

M 点 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的平衡体积分数即物质的量分数为 40%, 则 $\frac{x}{2-2x+1-x+x} = 40\%$, 解得 $x = \frac{2}{3}$, 平衡时总物质的量为 $3 \text{ mol} - 2 \times \frac{2}{3} \text{ mol} = \frac{5}{3} \text{ mol}$, $p(\text{H}_2) = \frac{2}{5}p_2$, $p(\text{CO}) = \frac{1}{5}p_2$, $p(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{2}{5}p_2$, 该反应的 $K_p = \frac{p(\text{CH}_3\text{OH})}{p^2(\text{H}_2) \cdot p(\text{CO})} = \frac{\frac{2}{5}p_2}{\left(\frac{2}{5}p_2\right)^2 \times \frac{1}{5}p_2} = \frac{12.5}{p_2^2}$, C 正确; M、N 两点使用不同催化剂

时, 催化剂活性不同, 速率不同, 因压强也不同, 正反应速率可能相等, D 正确。

10. (1) $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$\Delta H = -890.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) $(1+\alpha)p \frac{4\alpha^4 p^2}{(1-\alpha)^2}$

【解析】(1) 燃烧热是指在 101 kPa 时, 1 mol 纯物质完全燃烧生成指定产物时所放出的热量; 由表格数据及题干知:

I. $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

II. $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

III. $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$

$\Delta H = +247.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

由盖斯定律知, III + 2 × II + 2 × I 得: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2) 在恒温恒容装置中通入等体积 CO_2 和 CH_4 , 假设投料均为 1 mol, 发生上述反应, 起始压强为 p , CO_2 的平衡转化率为 α , 列三段式:

$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$

起始/mol	1	1	0	0
转化/mol	α	α	2α	2α
平衡/mol	$1-\alpha$	$1-\alpha$	2α	2α

则反应后总的物质的量为 $(2+2\alpha) \text{ mol}$, 根据阿伏伽德罗定律可知, 容器内总压强为 $\frac{2+2\alpha}{2} \times p = (1+\alpha)p$, 该反应的平衡常数 $K_p = \frac{\left[(1+\alpha)p \times \frac{2\alpha}{2+2\alpha}\right]^2 \times \left[(1+\alpha)p \times \frac{2\alpha}{2+2\alpha}\right]^2}{(1+\alpha)p \times \frac{1-\alpha}{2+2\alpha} \times (1+\alpha)p \times \frac{1-\alpha}{2+2\alpha}} = \frac{4\alpha^4 p^2}{(1-\alpha)^2}$ 。

11. (1) -179

(2) $> \frac{\left(\frac{0.6}{3.1}p_1\right)^2 \left(\frac{0.3}{3.1}p_1\right)}{\left(\frac{0.4}{3.1}p_1\right)^2 \left(\frac{0.8}{3.1}p_1\right)^4}$

【解析】(1) 已知

① $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

② $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_2 = -35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

③ $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,

由盖斯定律知, $2 \times \text{①} + \text{②} - 2 \times \text{③}$ 得: $2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = 2 \times (-116 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 2 \times (-44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -179 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 制取乙烯反应为气体分子数减小的反应, 相同条件下, 增大压强, 平衡正向移动, CO 转化率增大, 故 $p_1 > p_2$; M、N 两点 CO 的转化率相同, 各物质浓度对应相等, 但 M 点温度高、压强大, 则 M 点的正反应速率 > N 点的正反应速率 = N 点的逆反应速率; 假设 N_2 、CO 和 H_2 投料分别为 1 mol、1 mol、2 mol, 在 500 K、压强为 p_1 的条件下, 平衡时 CO 转化率为 60%, 则反应 0.6 mol CO、1.2 mol H_2 , 生成 0.3 mol 乙烯、

0.6 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 平衡时 CO 为 0.4 mol、 H_2 为 0.8 mol, 总的物质的量为 0.4 mol + 0.8 mol + 0.3 mol + 0.6 mol + 1.0 mol =

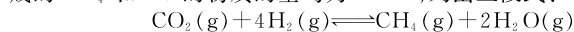
$$3.1 \text{ mol}; \text{ 则该反应的 } K_p = \frac{\left(\frac{0.6}{3.1} p_1\right)^2 \left(\frac{0.3}{3.1} p_1\right)}{\left(\frac{0.4}{3.1} p_1\right)^2 \left(\frac{0.8}{3.1} p_1\right)^4}.$$

12. (1) -241.8 -165.2

(2) ①1 ②>

(3) ① $p_{0-(a)} > p_{0-(c)} > p_{0-(b)}$ ②b c 0.125 2.4

【解析】 (1) 根据标准摩尔生成焓的定义及表格数据, $\Delta H_1 = [(-74.6 + x) - (-110 + 0 \times 3)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -206.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 解得 $x = -241.8$; 根据盖斯定律, $\text{II} = \text{I} + \text{III}$, $\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta H_3 = (-206.4 + 41.2) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -165.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. (2) ①根据题图所示, $T_1 \text{ K}$ 时, 反应 I 和反应 II 的 $\lg K_p$ 相等, 反应 III = 反应 II - 反应 I, 则 $\lg K_{p3} = \lg K_{p2} - \lg K_{p1}$, $K_{p3} = 1$. ②A、B 两点都是平衡点, 温度越高反应速率越大, A 点温度高于 B 点, 因此 $v_{\text{正}}(\text{A}) > v_{\text{正}}(\text{B})$. (3) ①结合已知条件, 可知反应相同时间, CO_2 初始分压越大, 反应速率越快, $\alpha(\text{CO}_2)$ 越大, 故 $p_{0-(a)} > p_{0-(c)} > p_{0-(b)}$. ②反应 II 为放热反应, 反应 III 为吸热反应, 根据已知条件知, a、b 表示甲烷的平衡体积分数随温度的变化关系, c、d 表示 CO 的平衡体积分数随温度的变化关系; 反应 II 的正向反应为气体分子数减小的反应, 反应 III 为反应前后气体分子数不变的反应, 加压, 反应 II 的平衡正向移动, 可推出在 1 MPa 时, 表示 CH_4 和 CO 的平衡体积分数随温度变化关系的曲线依次是 b、c. 设 CO_2 和 H_2 初始物质的量分别为 1 mol 和 3 mol, 生成的 CH_4 和 CO 的物质的量均为 $x \text{ mol}$, 列出三段式:



起始量/mol	1	3	0	0
变化量/mol	x	$4x$	x	$2x$
平衡量/mol	$1-2x$	$3-5x$	x	$3x$



起始量/mol	1	3	0	0
变化量/mol	x	x	x	x
平衡量/mol	$1-2x$	$3-5x$	x	$3x$

平衡时 CH_4 的体积分数 $\delta(\text{CH}_4) = \frac{x}{1-2x+x+x} = 40\%$, 解得 $x = 0.4$, 平衡时气体总物质的量为 $(4-2x) \text{ mol} = 3.2 \text{ mol}$, 平衡时 CH_4 的分压 $p(\text{CH}_4) = 0.125 \text{ MPa}$, 反应 III

$$\text{的压强平衡常数 } K_p = \frac{p(\text{H}_2\text{O})p(\text{CO})}{p(\text{CO}_2)p(\text{H}_2)} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)n(\text{H}_2)} = \frac{3 \times 0.4 \times 0.4}{(1-2 \times 0.4) \times (3-5 \times 0.4)} = 2.4.$$

第 31 讲 化学反应速率与平衡图像分析

1. D **【解析】** 图像 I 中任取一曲线, 图中随着温度的升高反应物的平衡转化率减小, 升高温度平衡向逆反应方向移动, 则正反应为放热反应, A 错误; 在图像 I 的横坐标上任取一点, 作横坐标的垂线与两曲线相交, 若 $p_1 > p_2$, 增大压强反应物的平衡转化率增大, 增大压强平衡向正反应方向移动, 则 $a+1 > c$, $\Delta S < 0$, B 错误; 图像 II 中 T_1 先出现拐点, T_1 反应速率快, $T_1 > T_2$, T_1 平衡时 $n(\text{C})$ 小于 T_2 平衡时 $n(\text{C})$, 升高温度平衡向逆反应方向移动, 正反应为放热反应, C 错误; 图像 III 增大压强平衡不移动, 则 $a+1=c$, 若 $T_1 > T_2$, 升高温度 A 的平衡转化率减小, 升高温度平衡向逆反应方向移动, 则 $\Delta H < 0$, 该反应能自发进行, D 正确。

2. C **【解析】** 平衡常数只受温度的影响, 根据图像, 随温度的升高, 化学平衡常数减小, 说明该反应为放热反应, 故 A 正确; 温度越高, 化学反应速率越快, II 点的温度高于 I 点, 因此 II 点的正反应速率高于 I 点的正反应速率, 故 B 正确; $t_3 \sim t_4$ 时刻, 逆反应速率较之前降低, 但平衡没有移动, 说明 t_3 时刻是减小压强, 平衡没有移动, 说明反应前后气体化学计量数之和相同, 即 A 一定不是气体, 故 C 错误; 用不同物质的速率表示达到平衡, 要求反应方向是一正一逆, 且速率之比等于化学计量数之比, A 点对应的是 NO_2 和 N_2O_4 的消耗速率, 反应速率是一正一逆, 消耗 NO_2 的速率与消耗 N_2O_4 的速率之比为 $0.2 : 0.1 = 2 : 1$, A 点对应的状态为化学平衡状态, 故 D 正确。

3. C **【解析】** 根据图像, 反应物的量相同, 反应相同时间, 随着容器容积增大, 反应速率减小, N_2 的百分含量先增大后减小, 则 F 及左侧对应曲线都处于平衡状态, F 点右侧没有达到平

衡, 则 G 点反应未达到平衡、E 点反应达到平衡, A 正确; G 点反应未达到平衡、E 点反应达到平衡, 由图知, G 点压强小于 E 点, 则 G 点的 $v_{\text{逆}}$ 小于 E 点的 $v_{\text{正}}$, B 正确; 由图知, E、G 两点 N_2 的百分含量相等, 由方程式知, 此时消耗等量的 NO_2 , 起始 NO_2 的量相同, 则体系中 NO_2 的物质的量相等, C 错误; 在恒温恒容下, 向 E 点平衡体系中充入一定量的 NO_2 , 平衡向正反应方向移动, 但相当于加压, N_2 的百分含量减小, 则其百分含量不可能与 F 点相等, D 正确。

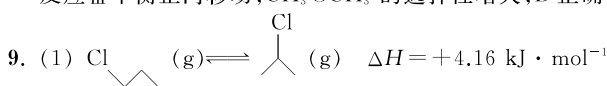
4. D **【解析】** 根据“先拐先平数值大”可知温度: $T_a > T_b$, 故 A 错误; 其他条件不变, 升高温度, 达平衡时 $n(\text{CO})$ 增大, 故平衡正向移动, 则正反应为吸热反应, 故 B 错误; 由图可知 T_b 达平衡时 $n(\text{CO}) = 0.6 \text{ mol}$, 则 CH_4 转化 0.6 mol, CH_4 的平衡转化率为 $\frac{0.6 \text{ mol}}{1.5 \text{ mol}} \times 100\% = 40\%$, 故 C 错误; 由图可知, T_a 达平衡时 $n(\text{CO}) = 1.0 \text{ mol}$, 则 $n(\text{CH}_4) = n(\text{H}_2\text{O}) = 1.5 \text{ mol} - 1.0 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = 3n(\text{CO}) = 3.0 \text{ mol}$, 根据恒温恒容下, 气体压强之比等于物质的量之比, $\frac{p_2}{p_1} = \frac{5 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = \frac{5}{3}$, 故 D 正确。

5. D **【解析】** 该反应为气体分子数减少的放热反应, 降低温度或增大压强, 平衡正向移动, 二甲醚的平衡物质的量分数增大, 故温度: $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$, 压强: $p_1 > p_2 > p_3 > p_4$, A 错误; 温度一定时, K 不变, 根据 $pV = nRT$, 可知 $p = cRT$, R 为常数, T 为定值, 所以 K_p 也不变, B 错误; 平衡时, $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 因为 $T_1 > T_4$, $p_1 > p_4$, 所以平衡时, T_1 、 p_1 条件下的正反应速率大于 T_4 、 p_4 条件下的逆反应速率, C 错误; T_1 、 p_1 条件下, 若 $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) : n(\text{CH}_3\text{OCH}_3) : n(\text{H}_2\text{O}) = 2 : 6 : 3 : 1$, 二甲醚的物质的量分数为 $0.25 > 0.10$, 则反应逆向进行, 所以 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$, D 正确。

6. C **【解析】** 由图可知, 温度越高, 平均相对分子质量越小, 则反应 I 平衡逆向移动, 所以反应 I 为放热反应, 当温度高于 250°C , CO_2 的平衡转化率随温度的升高而增大, 则反应 II 为吸热反应, 250°C 后以反应 II 为主, A、B 错误; $T^\circ\text{C}$, CO_2 平衡转化率为 50%, 平均相对分子质量为 20, 混合气体总物质的量为 $\frac{44+2 \times 2}{20} \text{ mol} = 2.4 \text{ mol}$, 则平衡时 CO_2 为 0.5 mol, 设甲醇的物质的量为 x , CO 的物质的量为 y , $x + y = 0.5 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = 2 \text{ mol} - (3x + y)$, $n(\text{H}_2\text{O}) = x + y$, $n(\text{CH}_3\text{OH}) + n(\text{CO}) + n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) = 2.4 \text{ mol}$, 计算得 $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.3 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 0.2 \text{ mol}$, 甲醇的选择性为 $\frac{0.3}{0.5} \times 100\% = 60\%$, C 正确; 因为反应 I 为放热反应, 反应 II 为吸热反应, 升高温度, CO 的选择性提高, D 错误。

7. C **【解析】** 由图知, 升高温度, H_2S 的平衡转化率增大, 说明平衡正向移动, 正反应为吸热反应, 温度越高, 平衡常数越大, 温度: $Z > Y$, 平衡常数: $K(Y) < K(Z)$, A 错误; Y 点前, 温度升高, 催化效率增大, 反应速率越快, 则 Y 点的反应速率大于 X 点的反应速率, 则达到平衡所需时间: $t(X) > t(Y)$, B 错误; 升高温度, H_2S 的平衡转化率增大, 说明该反应为吸热反应, 总能量: $E_{\text{生成物}} > E_{\text{反应物}}$, C 正确; Z 点比 Y 点温度高, 但 Z 点的催化效率低于 Y 点, 则无法得出单位时间内 H_2S 的转化率 $\alpha(Z)$ 、 $\alpha(Y)$ 的相对大小, D 错误。

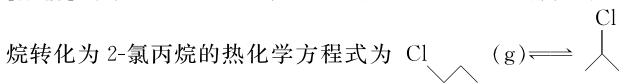
8. C **【解析】** 由化学平衡常数定义知, 反应 I 的平衡常数可表示为 $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}$, A 正确; 反应 III 是放热反应, 升高温度, 平衡逆向移动, 则 CH_3OCH_3 体积分数随着温度升高而降低, 所以曲线 b 表示 CH_3OCH_3 的平衡体积分数随温度的变化, 则曲线 a 表示 CO_2 的平衡体积分数随温度的变化, B 正确; 510 K 时, 反应至 CH_3OCH_3 的体积分数达到 X 点的值, X 点位于曲线 b 的上方, 说明 CH_3OCH_3 的体积分数大于平衡时 CH_3OCH_3 的体积分数, 则此时反应未达到平衡状态, 反应 III 逆向进行, 延长反应时间能降低 CH_3OCH_3 的体积分数, C 错误; 反应 I 为气体分子数减小的反应, 反应 II、III 均为气体分子数不变的反应, 增大压强, 反应 I 平衡正向移动, CH_3OH 浓度增大, H_2O 的浓度也增大, 反应 II 平衡逆向移动, 虽然 H_2O 的浓度增大, 但 CH_3OH 的化学计量数为 2, 故反应 III 平衡正向移动, CH_3OCH_3 的选择性增大, D 正确。



(2)① L_1 丙烯和 HCl 的转化量相等,但起始投入的 HCl 物质的量多,所以其转化率低

② T_1 温度前,温度升高,反应速率加快,丙烯转化率升高; T_1 温度后,温度升高,反应 i、反应 ii 平衡均逆向移动,丙烯转化率降低

【解析】(1)由盖斯定律知,反应 ii 减去反应 i 计算得,1-氯丙



(g) $\Delta H = +4.16 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2)①由化学方程式知,和 HCl 的转化量相等,但 HCl 的初始量是 2 倍,故其转化率,表示 HCl 转化率的曲线为 L_1 。② T_1 温度前,温度升高,反应速率加快,丙烯转化率升高; T_1 温度后,温度升高,反应 i、反应 ii 平衡均逆向移动,丙烯转化率降低,故 T_1 温度下丙烯转化率最高。

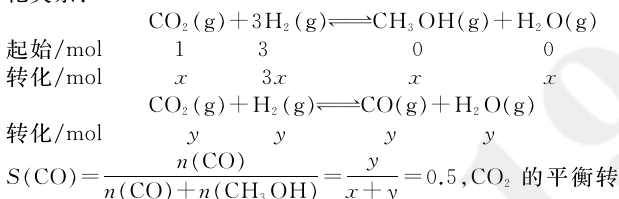
10. (1)-91 低温

(2)① CH_3OH ② $\frac{1}{60}$

(3)①乙 $p_1 > p_2 > p_3$ ②反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为吸热反应,温度较高时,主要发生反应 iii,且反应 iii 前后气体分子数相等,故 CO_2 的平衡转化率几乎不再受压强影响

【解析】(1)根据键能与反应热的关系知, $\Delta H_1 =$ 反应物的键能之和 - 生成物的键能之和 $= (1090 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \times 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (413 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 3 + 351 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 463 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;该反应是熵减的放热反应,在低温条件下能自发进行。

(2)①由盖斯定律知, $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_3 = \Delta H_2 - \Delta H_1 = +41.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,升高温度,平衡正向移动,CO 的选择性增大,反应 i $[\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})]$ 和 ii $[\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})]$ 逆向移动, CH_3OH 的选择性减小,则曲线 I 代表 CH_3OH 的选择性随温度的变化曲线。②反应 iii 在 545 K 时,设起始 CO_2 、 H_2 的物质的量分别为 1 mol、3 mol,列出转化关系:



的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CO})c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2)c(\text{H}_2)} = \frac{n(\text{CO})n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CO}_2)n(\text{H}_2)} = \frac{0.125 \times (0.125 + 0.125)}{(1 - 0.125 - 0.125)(3 - 3 \times 0.125 - 0.125)} = \frac{1}{60}$

(3)①反应 i、ii 均为放热反应,温度越高, CH_3OH 的平衡产率越低,不利于 CO_2 转化,而反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为吸热反应,温度较高时,主要发生反应 iii,则温度越高, CO_2 的平衡转化率越高,即图丙的纵坐标表示的是 CO_2 的平衡转化率,图乙的纵坐标表示的是 CH_3OH 的平衡转化率;反应 i、ii 均为气体分子数减少的反应,反应 iii 为气体分子数不变的反应,因此压强越大, CH_3OH 的平衡产率越高,故压强由大到小的顺序是 $p_1 > p_2 > p_3$ 。②反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 为吸热反应,温度较高时,主要发生反应 iii,且反应 iii 前后气体分子数相等,故 CO_2 的平衡转化率几乎不再受压强影响。

第 32 讲 化学反应的方向与调控

1. D 【解析】大多数放热反应能自发进行,有些吸热反应也能自发进行,A 错误;电解水是在外加电场的作用下强制发生的氧化还原反应,不是自发反应,B 错误;反应能自发进行的判据是 $\Delta H - T\Delta S < 0$,由反应方程式 $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 可知,该反应的 $\Delta S < 0$,要使 $\Delta H - T\Delta S < 0$,必须满足 $\Delta H < 0$,C 错误;反应 $\Delta H < 0$,若 x 为 1, $\Delta S > 0$,该反应一定能自发进行,D 正确。

2. C 【解析】反应后气体分子数增大,这是一个熵增的反应, $\Delta S > 0$,A 错误,C 正确;熵值越大,体系混乱度就越大,B 错

误;同一物质三态的熵值大小关系为 $S(\text{g}) > S(\text{l}) > S(\text{s})$,D 错误。

3. C 【解析】 $\text{A}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{s})$ 为气体分子数增大的反应, $\Delta S > 0$, $\Delta H > 0$,在高温条件下能自发进行,A 错误; $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 3\text{D}(\text{g})$ 为气体分子数增大的反应, $\Delta S > 0$,所以当 $\Delta H < 0$ 时,一定满足 $\Delta H - T\Delta S < 0$,反应一定能够自发进行,当 $\Delta H > 0$ 时,高温下, $\Delta H - T\Delta S < 0$ 成立,也可以自发进行,B 错误; $\text{M}(\text{s}) + \text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Q}(\text{s})$ 为气体分子数减小的反应, $\Delta S < 0$,当 $\Delta H > 0$ 时, $\Delta H - T\Delta S > 0$,一定不能自发进行,D 错误。

4. D 【解析】该反应为熵减的反应,且在一定温度下能自发进行,故根据 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 知,该反应属于放热反应,A 错误;该反应为熵减反应,且一定温度下能自发进行,故根据 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 知,该反应属于放热反应,B 错误;该反应为熵减反应, $\Delta S < 0$,C 错误;该反应为熵减反应,且在常温下能自发进行,故根据 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 知,该反应属于放热反应,D 正确。

5. (1) > > 不能 (2) ①不能 ②能

(3) 高温

【解析】(1)由于 CO 燃烧生成 CO_2 为放热反应,则 CO_2 分解生成 CO 和 O_2 为吸热反应, $\Delta H > 0$,根据反应式可知, $\Delta S > 0$,故低温下 $\Delta H - T\Delta S > 0$,反应不能自发进行。(2) ①常温下石灰石不分解, $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$, $\Delta H - T\Delta S$ 在常温下大于 0,不能自发进行。②根据 $\Delta H - T\Delta S < 0$ 时反应自发进行,已知 $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$,则高温下该反应能自发进行,常温下不能自发进行,升高温度可使反应自发进行,温度能成为反应方向的决定因素。(3)根据 $\Delta H - T\Delta S < 0$,已知该反应 $\Delta S > 0$, $\Delta H > 0$,则高温时能自发进行。

6. C 【解析】步骤①中“净化”可以除去原料气中的杂质气体,防止杂质气体降低催化剂的催化效果,A 正确;合成氨反应是气体分子数减小的反应,则步骤②中“加压”可使平衡正向移动,即可提高原料转化率,增大压强,可以使反应物浓度增大,则可增大反应速率,B 正确;步骤③为“催化反应”,催化剂只能改变反应速率,不能使平衡移动,故不能改变平衡转化率,C 错误;氨是制备氮肥的原料,液氨汽化时吸收热量,可以作为制冷剂,D 正确。

7. B 【解析】根据勒夏特列原理结合图像知,温度升高, SO_2 平衡转化率下降,平衡逆向移动,说明该反应为放热反应, $\Delta H < 0$,A 正确;该反应为气体分子数减小的反应,增大压强,平衡正向移动, SO_2 平衡转化率升高,故 $p_1 = 5.0 \text{ MPa}$, $p_2 = 2.5 \text{ MPa}$, $p_3 = 0.5 \text{ MPa}$,B 错误;由图像知,在 5.0 MPa、550 °C 时的 $\alpha = 97.5\%$,C 正确;压强越大反应速率越快,500 °C 时, p_1 比 p_2 压强大,反应速率快,D 正确。

8. B 【解析】使用催化剂可加快反应速率,从而提高生产效率,A 正确;加热可以加快化学反应速率,放热反应也可能在加热条件下进行,由 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ 可知,该反应是放热反应,B 错误;充入大量 CO_2 气体可使平衡正向移动,提高 H_2 的转化率,C 正确;从平衡混合气体中分离出 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 和 H_2O 可促使平衡正向移动,从而提高 CO_2 和 H_2 的利用率,D 正确。

9. (1) $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \downarrow + \text{H}^+$

(2) ①b ② $\text{pH} < 7$ 时,部分 HPO_4^{2-} 更多地转化为 H_2PO_4^- ,导致 $c(\text{PO}_4^{3-})$ 减小,结合 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 生成的沉淀减少 $\text{pH} > 10$ 时, HPO_4^{2-} 与 OH^- 反应生成 PO_4^{3-} , PO_4^{3-} 与 Mg^{2+} 结合生成难溶的 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, Mg^{2+} 与 OH^- 反应生成难溶的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$; NH_4^+ 与 OH^- 反应生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;以上因素均会造成生成 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀减少

(3)当温度升高到 550~700 °C 时,平衡逆移,导致 NO 转化率下降,同时 NH_3 在催化剂作用下与 O_2 反应转化为 NO_2

【解析】(1)向含有氨氮的废水中添加 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,发生复分解反应,生成 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀,反应离子方程式为 $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \downarrow + \text{H}^+$ 。(2) ①由图可知,氨氮脱除效果最佳的 pH 范围是 8~10。② $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 在溶液中完全电离出 Na^+ 、 HPO_4^{2-} , HPO_4^{2-} 属于弱酸的酸式根离子,能与 H^+ 反应,同时也能与 OH^- 反应生成 PO_4^{3-} , Mg^{2+} 能与 PO_4^{3-} 和 OH^- 反应生成难溶物,同时 NH_4^+ 和 OH^- 结合生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,故 pH 过大或过小都会造成氨氮脱除率减小。(3) $4\text{NO}(\text{g}) + 4\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H < 0$,当温度升高至一定范围后,平衡逆向移动,同时 NH_3 能被 O_2 氧化

并转化为 NO_2 , 因此当温度升高到 $550 \sim 700^\circ\text{C}$ 时, NO 转化率明显下降, NO_2 产率明显上升。

10. (1) $-49.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) ACD

(3) ①高 低 温度低, 反应速率太慢, 且 CO_2 平衡转化率

$$\frac{0.1}{3.8} \times \frac{0.125}{3.8}$$

低; 温度太高, 甲醇的选择性低 ② $\frac{0.875}{3.8} \times \left(\frac{2.675}{3.8}\right)^3$

【解析】(1) 由盖斯定律可知反应 $\text{i} = \text{ii} + \text{iii}$, 则 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-90.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -49.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2) 随反应进行 $c(\text{CO}_2)$ 减小, $c(\text{CO})$ 增加, 则反应过程中 $c(\text{CO}_2) : c(\text{CO})$ 减小, 当比值不变时反应达到平衡状态, 故 A 选; 反应前后气体总质量不变, 容器容积恒定, 则容器内气体密度始终保持不变, 不能据此判断平衡状态, 故 B 不选; 反应前后气体分子数不变, 但绝热条件下容器内气体温度会随着反应的进行而改变, 则压强会改变, 容器内气体压强不变时, 反应达到平衡状态, 故 C 选; K 与温度有关, 绝热条件下, $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)}$ 不变时, 说明温度不变, 反应达到平衡状态, 故 D 选。

(3) ① CO_2 加氢制甲醇, 升高温度反应速率加快, 故高温有利于提高反应速率; 反应 i 为放热反应, 降温平衡正向移动, 故低温有利于提高平衡时 CH_3OH 的产率; 实际选用 $300 \sim 320^\circ\text{C}$ 反应温度的原因为温度低, 反应速率太慢, 且 CO_2 平衡转化率低; 温度太高, 甲醇的选择性低。

② 由图可知 312°C 时 CO_2 的平衡转化率为 12.5% , 甲醇的选择性为 80% , 假设初始充入 H_2 为 3 mol , CO_2 为 1 mol , 则反应 i 消耗 CO_2 的物质的量为 $1 \text{ mol} \times 12.5\% \times 80\% = 0.1 \text{ mol}$, 反应 ii 消耗 CO_2 的物质的量为 $1 \text{ mol} \times 12.5\% - 0.1 \text{ mol} = 0.025 \text{ mol}$, 则可列转化关系:

	$\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
起始/mol	1	3	0	0
转化/mol	0.1	0.3	0.1	0.1
	$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
转化/mol	0.025	0.025	0.025	0.025

则平衡时, $n(\text{CO}_2) = (1 - 0.125) \text{ mol} = 0.875 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = (3 - 0.3 - 0.025) \text{ mol} = 2.675 \text{ mol}$, $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.1 \text{ mol}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = (0.1 + 0.025) \text{ mol} = 0.125 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 0.025 \text{ mol}$, 气体总物质的量为 3.8 mol , 故反应 i 的

$$K_x = \frac{\frac{0.1}{3.8} \times \frac{0.125}{3.8}}{\frac{0.875}{3.8} \times \left(\frac{2.675}{3.8}\right)^3}$$

素养提升练(十四) 平衡思想——化学平衡原理的应用

1. B 【解析】增大压强, 平衡向气体分子数减小的方向移动, 则有利于反应 i 向生成甲醇的方向进行, 但是平衡常数只与温度有关, 温度不变, 平衡常数不变, 故 B 错误。

2. D 【解析】 NH_3 与 O_2 作用分别生成 N_2 、 NO 、 N_2O 的反应均为放热反应, 根据勒夏特列原理, 升高温度, 平衡向逆反应方向进行, 氮气的平衡转化率降低, 故 A 错误; 根据图像, 在 $225 \sim 300^\circ\text{C}$ 范围, 随温度的升高, NH_3 的转化率变化不大, N_2 的选择性降低, 即产生氮气的量减少, 故 B 错误; 根据图像, 温度高于 250°C , N_2 的选择性降低, 且氮气的转化率变化并不大, 浪费能源, 根据图像, 温度应略小于 225°C , 此时氮气的转化率、氮气的选择性较大, 故 C 错误; 氮气对环境无污染, 氮的氧化物污染环境, 因此高效除去尾气中的 NH_3 , 需研发低温下 NH_3 转化率高和 N_2 选择性高的催化剂, 故 D 正确。

3. B 【解析】反应①为放热反应, 升高温度后平衡逆向移动, CH_3OH 的选择性降低; 反应②为吸热反应, 平衡正向移动生成 CO , CH_3OH 的选择性也降低, 所以升高温度之后, CH_3OH 的选择性降低, 曲线①表示 CH_3OH 的选择性随温度的变化, A 错误; 一定温度下, 增大 $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2)$ 的比值, 相当于增加 CO_2 而 H_2 浓度不变, 平衡正向移动, 氢气的转化率提高, B 正确; 升高温度, 反应②为吸热反应, 平衡正向移动生成 CO , CO 的选择性升高, C 错误; 选用高效催化剂只能改变反应速率, 不能改变平衡转化率, D 错误。

4. (1) $p_3 < p_2 < p_1$ 该正反应气体分子数减少, 增大压强, 平衡

正向移动, SO_2 平衡转化率变大

(2) ①便于和有催化剂的实验数据形成对照, 相当于空白实验 ② ad

【解析】(1) 由图知, 在相同温度下, 从压强 p_1 到 p_2 再到 p_3 , SO_2 平衡转化率 α 逐渐降低, 而 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 是气体分子数减小的反应, 增大压强, 平衡向正反应方向移动, 故 p_1 、 p_2 和 p_3 由小到大的顺序为 $p_3 < p_2 < p_1$ 。

(2) ①图示是探究复合不同的催化剂在不同温度下催化 SO_2 向 SO_3 的转化效率, 仅使用 CaCO_3 而不使用催化剂获得的 X 线的实验目的是便于和有催化剂的实验数据形成对照, 相当于空白实验。②由图可看出, 同温度下, 三种催化剂中 V_2O_5 线在其他两条曲线的下方, 即催化效率最低, a 正确; 温度过高, 会使催化剂失去活性, 降低催化效率, b 错误; 使用催化剂只能改变反应速率, 不能提高平衡产率, c 错误; 催化剂通过改变反应历程, 降低反应的活化能, 增大活化分子百分数, 实现加快反应速率, d 正确。

5. 453 K 到 553 K , 主要发生反应 I, 反应 I 正反应放热, 温度升高 CO_2 的平衡转化率下降; 553 K 到 573 K , 主要发生反应 III, 反应 III 正反应吸热, 温度升高 CO_2 的平衡转化率升高

6. (1) $\text{II} > \text{III} > \text{I}$ (2) ①水蒸气与碳反应生成 CO 与氢气, 减少固体碳对孔道的堵塞 ②进入反应的甲烷含量越低, 甲烷分子与催化剂接触的概率越大, 转化率越高

【解析】(1) 过横坐标“15”处作垂直于横轴的垂线, 则 CH_4 产率越高, CH_4 平均生成速率越大, 故速率: $\text{II} > \text{III} > \text{I}$ 。(2) ①当加入水蒸气后, 加入的水蒸气能与碳反应生成 CO 和氢气, 减少固体碳对孔道的堵塞, 从而有效减少催化剂失活; ②随着进料比的加大, 甲烷的含量将降低, 甲烷分子与催化剂接触的概率越大, 转化率就越高。

7. (1) $-90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 分子筛膜能不断分离出 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 有利于反应正向进行

(3) ① $p_3 > p_2 > p_1$

② $\Delta H_1 > 0$, $\Delta H_2 < 0$, 升高温度, 反应 I 平衡正向移动, 反应 II 平衡逆向移动, 670°C 之后, 反应 I 起主导作用, CO_2 的平衡转化率增大

③ 增大压强

【解析】(1) 步骤 II 的反应热 $\Delta H = \text{生成物的总能量} - \text{反应物的总能量} = -49 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2) 分子筛膜能不断分离出 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 有利于反应正向进行, 提高了甲醇的产率, 所以温度相同时, 有分子筛膜的容器中甲醇的产率大于无分子筛膜。(3) ①合成甲醇的反应为 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 增大压强, 平衡正向移动, 所以温度相同时, 压强越大, CO_2 的平衡转化率越大, 故 $p_3 > p_2 > p_1$ 。② $\Delta H_1 > 0$, $\Delta H_2 < 0$, 升高温度, 反应 I 平衡正向移动, 反应 II 平衡逆向移动, 670°C 之后, 反应 I 起主导作用, CO_2 的平衡转化率增大, 所以压强为 p_2 时, 温度高于 670°C 之后, 随着温度升高 CO_2 的平衡转化率增大。③ 增大压强, 反应 II 正向移动, CH_3OH 的产率增大, CO 的浓度降低, 由于 CO 的浓度降低反应 I 正向移动, CO_2 的平衡转化率增大, 同时增大 CO_2 的平衡转化率和 CH_3OH 的产率可采取的措施是增大压强。

8. (1) $(a - b + c)$

(2) 吸热 加快反应速率, 降低反应 II 的选择性

(3) acd

【解析】(1) 根据盖斯定律, 由图可知 $\Delta H_1 = (a - b + c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。(2) 由图中信息知随温度升高, CO 的物质的量分数增加, 说明反应 II 正向移动, 则该正反应为吸热反应; 由图可知, 在其他条件相同时, 使用催化剂 R 时 CO 的物质的量分数较小, 而甲醇转化率一直较高, 说明催化剂 R 的使用可减少反应 II 的发生, 同时使用催化剂可加快反应速率。(3) 由图知, 升高温度 CO 的含量几乎不发生改变, 而氢气的含量增大趋势显著, 故升温对反应 I 的化学反应速率影响更大, a 正确; 温度高于 250°C 时产物含量的变化率减小, 说明催化剂的活性开始降低, b 错误; 催化剂的选择应考虑提高生成 CO_2 的选择性, 这样才能提高甲醇催化重整生成氢气的选择性, c 正确; 反应起点时 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_3\text{OH}) = 1.3$, 根据反应 I, 假设反应中 CH_3OH 的转化量为 $a \text{ mol}$, 反应过程中 $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{1.3 - a}{1 - a}$, 始终大于 1.3 , 且反应 II 生成 H_2O , 也会增大比值, 则 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_3\text{OH})$ 大于 1.3 , d 正确。

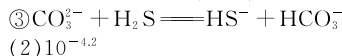
第33讲 电离平衡

- C 【解析】** 由于溶质 $n(\text{CH}_3\text{COOH})$ 都为 0.01 mol , 中和时需 NaOH 的量相同, A 错误; 醋酸为弱电解质, 浓度越大, 电离程度越小, 故前者的电离程度大于后者, B 错误; 两种溶液中醋酸的物质的量相同, 且前者醋酸的电离程度大, 所以溶液中 H^+ 的物质的量前者大于后者, C 正确; 两者溶液中溶质均为 0.01 mol , 发生部分电离, 前者电离程度大于后者, 故溶液中 CH_3COOH 的物质的量前者小于后者, D 错误。
- B 【解析】** $\text{pH}=5$ 的醋酸溶液与 $\text{pH}=5$ 的盐酸中氢离子浓度相同, 都是 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 等体积混合后, 氢离子浓度不变, 故 pH 为 5, A 错误; 等浓度的盐酸与醋酸溶液分别稀释相同倍数后其浓度依然相同, 醋酸是弱酸, 部分电离, 氢离子浓度较小, pH 大, B 正确; 等体积、等 pH 的盐酸与醋酸溶液, 其中醋酸的浓度大, 用氢氧化钠中和时消耗的氢氧化钠较多, C 错误; 混合后溶液呈酸性, 说明酸的浓度较大, 则酸 HA 为弱酸, MOH 是相对较强的碱, 但不一定是强碱, D 错误。
- B 【解析】** $n(\text{Fe}) = \frac{1.4 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.025 \text{ mol}$, 盐酸是强酸, 0.5 L , $\text{pH}=1$ 的盐酸中 HCl 的物质的量为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$, 根据反应方程式: $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$, 铁与盐酸恰好反应; 醋酸是弱酸, 0.5 L , $\text{pH}=1$ 的醋酸溶液中, $n(\text{CH}_3\text{COOH})$ 大于 0.05 mol , 与 0.025 mol 铁反应后醋酸有剩余。盐酸恰好反应, 醋酸有剩余, 则生成氢气的物质的量与铁的物质的量成正比, 铁的量相同, 则最终生成氢气的体积相同, A 错误; 反应过程中, 醋酸能电离出氢离子, 使醋酸溶液中 H^+ 浓度大于盐酸, 则醋酸的反应速率大于盐酸, 完全反应时, 醋酸用的时间小于盐酸, 盐酸恰好完全反应, 醋酸有剩余, 则反应后溶液中 pH : 盐酸 $>$ 醋酸, B 正确; C、D 错误。
- B 【解析】** HCOOH 是一种有机弱酸, 在水溶液中的电离方程式为 $\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}^+$, 加热有利于电离平衡的正向移动, 溶液 pH 减小, A 项错误; 加水稀释, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减小, pH 增大, B 项正确; 加入少量 NaOH 固体, 反应消耗氢离子, 溶液的 pH 增大, C 项错误; 加入少量 HCOONa 固体, 溶液中 $c(\text{HCOO}^-)$ 增大, 电离平衡逆向移动, $c(\text{H}^+)$ 减小, 溶液 pH 增大, D 项错误。
- C 【解析】** 若向稀氨水中加 NH_4Cl 固体, $c(\text{NH}_4^+)$ 增大, 平衡逆向移动, $c(\text{OH}^-)$ 减小, ①不符合题意; 若向稀氨水中加硫酸, 硫酸中的 H^+ 与 OH^- 反应, 使 $c(\text{OH}^-)$ 减小, 平衡正向移动, ②不符合题意; 若向稀氨水中加 NaOH 固体, $c(\text{OH}^-)$ 增大, 平衡逆向移动, ③符合题意; 若向稀氨水中加水, 稀释溶液, 平衡正向移动, $c(\text{OH}^-)$ 减小, ④不符合题意; 电离为吸热过程, 加热使平衡正向移动, ⑤不符合题意; 若向稀氨水中加少量 MgSO_4 固体, Mg^{2+} 与 OH^- 反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀, 使 $c(\text{OH}^-)$ 减小, 平衡正向移动, ⑥不符合题意。
- B 【解析】** 由图像可知, 浓度为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 MOH 溶液, 在稀释前 pH 为 13, 说明 MOH 完全电离, 则 MOH 为强碱, 而 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ROH 溶液的 $\text{pH} < 13$, 说明 ROH 没有完全电离, ROH 为弱碱。 MOH 的碱性强于 ROH 的碱性, A 正确; 曲线的横坐标 $\lg \frac{V}{V_0}$ 越大, 表示加水稀释程度越大, 由曲线可以看出 b 点的稀释程度大于 a 点, 弱碱 ROH 存在电离平衡: $\text{ROH} \rightleftharpoons \text{R}^+ + \text{OH}^-$, 溶液越稀, 弱电解质电离程度越大, 故 ROH 的电离程度: b 点大于 a 点, B 错误; 若两溶液无限稀释, 则溶液的 pH 接近 7, 故两溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 相等, C 正确; 当 $\lg \frac{V}{V_0} = 2$ 时, $V = 100V_0$, 即溶液稀释 100 倍, 由于 MOH 发生完全电离, 升高温度, $c(\text{M}^+)$ 不变, ROH 存在电离平衡: $\text{ROH} \rightleftharpoons \text{R}^+ + \text{OH}^-$, 升高温度促进电离平衡向电离方向移动, $c(\text{R}^+)$ 增大, 故 $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{R}^+)}$ 减小, D 正确。
- C 【解析】** 由题干图示信息可知, $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HR 溶液的 pH 为 2.7, 则 HR 的电离常数 $K_a = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{R}^-)}{c(\text{HR})} \approx \frac{10^{-2.7} \cdot 10^{-2.7}}{0.100} = 10^{-4.4}$, 则其数量级为 10^{-5} , A 正确; 由题干图示信息可知, 加入 20.0 mL MOH 溶液时溶液的 pH 等于 7, 则说明 M^+ 和 R^- 的水解程度相同, 即 MOH 的电离平衡常数与 HR 的相等, 则有 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ MOH 溶液中: $c(\text{M}^+) =$

$c(\text{OH}^-) = 10^{-2.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则其电离度为 $\frac{10^{-2.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times$

$100\% \approx 2.0\%$, 大于 1% , B 正确; 由题干图示信息结合 B 项分析可知, P 点溶液的体积约为 40 mL , 溶液由于 M^+ 和 R^- 发生双水解, 且水解程度相同导致溶液呈中性, 盐类水解促进水的电离, 即该溶液中水电离出的 H^+ 的浓度大于 $1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故水电离出的 H^+ 数目大于 $40 \times 10^{-3} \text{ L} \times 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times N_A \text{ mol}^{-1} = 4 \times 10^{-9} N_A$, C 错误; 由题干图示信息结合 B 项分析可知, Q 点溶液为等浓度的 MR 和 MOH 的混合溶液, 由于 M^+ 和 R^- 的水解程度相同, 同时存在 $\text{MOH} \rightleftharpoons \text{M}^+ + \text{OH}^-$, M^+ 的水解程度小于 MOH 的电离程度, 则溶液中存在 $c(\text{M}^+) > c(\text{R}^-) > c(\text{MOH}) > c(\text{HR})$, D 正确。

- (1) ① $K_{a1} = \frac{c(\text{HS}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})}$ ② NaF



【解析】 (1) ① H_2S 第一步电离生成硫氢根离子和氢离子, $K_{a1} = \frac{c(\text{HS}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})}$ 。② 由表中数据分析可知酸性 $\text{HF} >$

$\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}_2\text{S} > \text{HCO}_3^- > \text{HS}^-$, 可知三种盐的水解程度 $\text{F}^- < \text{CO}_3^{2-} < \text{S}^{2-}$, 浓度相同时溶液的碱性: $\text{Na}_2\text{S} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaF}$, 所以常温下, pH 相同的三种溶液 NaF 、 Na_2CO_3 、 Na_2S 中物质的量浓度由大到小的顺序为 $\text{NaF} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{S}$, 即 NaF 的物质的量浓度最大。③ 将过量 H_2S 通入 Na_2CO_3 溶液, 由较强酸制较弱酸可知反应生成 NaHS 和 NaHCO_3 , 则发生反应的离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{HCO}_3^-$ 。(2) 当 $c(\text{HA}^-) = c(\text{A}^{2-})$ 时, H_2A 的二级电离平衡常数 $K_{a2} = c(\text{H}^+) = 10^{-4.2}$ 。

- (1) ① 3.00 33.00 ② 正 实验 II 相较于实验 I, 醋酸溶液稀释了 10 倍, 而实验 II 的 pH 增大值小于 1

(2) 0.110 4

(3) 向滴定后的混合液中加入 20.00 mL HAc 溶液

【解析】 (1) ① 实验 VII 的溶液中 $n(\text{NaAc}) : n(\text{HAc}) = 3 : 4$, $V(\text{HAc}) = 4.00 \text{ mL}$, 且所用 HAc 和 NaAc 溶液的浓度相等, 因此 $V(\text{NaAc}) = 3.00 \text{ mL}$, 即 $a = 3.00$, 由实验 I 可知, 溶液最终的体积为 40.00 mL , 因此 $V(\text{H}_2\text{O}) = 40.00 \text{ mL} - 4.00 \text{ mL} - 3.00 \text{ mL} = 33.00 \text{ mL}$, 即 $b = 33.00$ 。② 实验 I 所得溶液的 $\text{pH} =$

2.86, 实验 II 的溶液中 $c(\text{HAc})$ 为实验 I 的 $\frac{1}{10}$, 稀释过程中, 若不考虑电离平衡移动, 则实验 II 所得溶液的 $\text{pH} = 2.86 + 1 = 3.86$, 但实际溶液的 $\text{pH} = 3.36 < 3.86$, 说明稀释过程中, 溶液中 $n(\text{H}^+)$ 增大, 即电离平衡正向移动。

(2) (i) 滴定过程中发生反应: $\text{HAc} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaAc} + \text{H}_2\text{O}$, 由反应的化学方程式可知, 滴定至终点时, $n(\text{HAc}) = n(\text{NaOH})$, 因此 $22.08 \text{ mL} \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 20.00 \text{ mL} \times c(\text{HAc})$, 解得 $c(\text{HAc}) = 0.110 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 向 20.00 mL 的 HAc 溶液中加入 $V_1 \text{ mL}$ NaOH 溶液达到滴定终点, 滴定终点的溶液中溶质为 NaAc , 当 $\frac{n(\text{NaAc})}{n(\text{HAc})} = 1$ 时, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 的值等于 HAc 的 K_a , 因此可再向溶液中加入 20.00 mL HAc 溶液, 使溶液中 $n(\text{NaAc}) = n(\text{HAc})$ 。

第34讲 水的电离和溶液的 pH

- A 【解析】** 在 25°C 时, 某稀溶液中由水电离产生的 $c(\text{H}^+)$ 为 $1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 说明溶液中的溶质抑制水的电离, 溶液可能呈酸性或碱性, A 正确, B 错误; 如果该溶液呈酸性, 则溶液的 $\text{pH} = 1$, 如果该溶液呈碱性, 则溶液的 $\text{pH} = 13$, C、D 错误。
- C 【解析】** 不知盐酸与氨水的物质的量浓度, 不能判断 $c(\text{H}^+)$ 与 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小, A 项错误; 由水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液, 水的电离受到抑制, 该溶液可能为酸溶液, 也可能为碱溶液, pH 不一定小于 7, B 项错误; 水的电离为吸热过程, 升高温度促进水的电离, 25°C 时, 水中 $c(\text{H}^+) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 80°C 时, 由水电离出的 $c(\text{H}^+) > 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 80°C 时氯化钠溶液的 pH 一定小于 7, C 项正确; 不明确酸和碱的强弱, 不能判断混合溶液的 pH , D 项错误。
- B 【解析】** ① $\text{pH} = 3$ 的硫酸溶液中 $c(\text{H}^+) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; ② 醋酸为弱酸不完全电离, 所以 $0.000 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋

- 酸溶液中 $c(\text{H}^+) < 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; ③溶液中的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; ④ $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(\text{H}^+) = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 溶液中氢离子浓度越大, 酸性越强, 综上所述酸性由强到弱为 ④①③②, B 项正确。
4. A 【解析】常温下, $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = c(\text{OH}^-) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液呈碱性, 在碱性溶液中, Na^+ 、 K^+ 、 SiO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 都能稳定存在, A 正确; $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{H}^+)} = 10^{-12}$ 的溶液呈酸性, 酸性溶液中碳酸根离子不能大量存在, B 错误; 常温时 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则水的电离受到了抑制, 此时溶液可能显酸性, $\text{pH} = 1$, 也可能显碱性, $\text{pH} = 13$, Al^{3+} 、 NH_4^+ 均可与 OH^- 反应, 无法大量共存, C 错误; 常温下, 在 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) \times c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = 10^{-26}$ 的溶液中, 水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = c_{\text{水}}(\text{OH}^-) = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 水的电离受到抑制, 溶液可能为酸溶液, 也可能为碱溶液, 若溶液为碱溶液, Fe^{2+} 不能大量存在, 若溶液为酸溶液, 则 Fe^{2+} 、 NO_3^- 会发生氧化还原反应, 不能大量共存, D 错误。
5. B 【解析】A、D、E 都处于 25°C 时, K_w 相等, B 点 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 都大于 C 点的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$, 并且 C 点的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 大于 A 点的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$, $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 越大, K_w 越大, 故 $K_w: \text{B} > \text{C} > \text{A} = \text{D} = \text{E}$, A 正确; 若处在 B 点, $K_w = 1 \times 10^{-12}$, $\text{pH} = 2$ 的硫酸中氢离子浓度为 $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 12$ 的 KOH 溶液中氢氧根离子浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 等体积混合, KOH 过量, 故溶液呈碱性, B 错误; 向 E 点对应的 NaOH 溶液中滴加适量醋酸溶液至 A 点时, 溶液中存在电荷守恒, $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$, $\text{pH} = 7$ 时, $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 所以有 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$, C 正确; 从 A 点到达 D 点, 水电离出的氢离子浓度增大, K_w 不变, 加入氯化铵, 铵根离子水解呈酸性, 使氢离子浓度增大, 可以实现, D 正确。
6. B 【解析】pH 由 a 变成 $a+1$, 表明溶液酸性减弱。将溶液稀释 10 倍, 若电离平衡不移动, 则溶液 pH 由 a 变成 $a+1$, 但由于电离平衡会发生移动, A 项错误; 加入适量醋酸钠固体, 可抑制醋酸的电离, 使溶液 pH 增大, B 项正确; 向弱酸溶液中加入等体积、浓度较大的强酸, 溶液酸性增强, C 项错误; 升高溶液的温度会促进醋酸电离, 酸性增强, D 项错误。
7. C 【解析】 $\text{pH} = 1$ 的硫酸溶液, $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 设其体积为 1 L , 加水体积为 $V_1 \text{ L}$, 加入的 NaOH 溶液体积为 $V_2 \text{ L}$, 二者的 $\text{pH} = 2$, 溶液中的 $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L}}{(1+V_1) \text{ L}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\frac{(0.1-0.05 \times V_2) \text{ mol}}{(1+V_2) \text{ L}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{6}{1}$, 故选 C。
8. A 【解析】根据 100°C 时, $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHSO}_4$ 溶液中水电离的 $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 确定水的离子积为 1.0×10^{-12} , 该温度下将 $\text{pH} = 8$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液 $V_1 \text{ L}$ 与 $\text{pH} = 5$ 的 NaHSO_4 溶液 $V_2 \text{ L}$ 混合, 所得溶液 $\text{pH} = 7$, 溶液呈碱性, 所以 $c(\text{OH}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{10^{-4} V_1 - 10^{-5} V_2}{V_1 + V_2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $V_1 : V_2 = 2 : 9$ 。
9. C 【解析】 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{NO}_3$ 为强酸弱碱盐, 其溶液显酸性, A 项正确; 温度升高, 促进甲胺电离, 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大, B 项正确; $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的甲胺溶液中, $c(\text{OH}^-) = \sqrt{c \cdot K_b} = \sqrt{0.1 \times 2 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \sqrt{2} \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = 3 - \frac{1}{2} \times \lg 2 = 2.85$, $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11.15$, C 项错误; 由于 CH_3NH_3^+ 水解, 溶液显酸性, 故有 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{NH}_3^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, D 项正确。
10. C 【解析】在滴定过程中, 随着滴入盐酸体积的增加, 混合溶液的 pH 一直减小, 水电离的 $c_{\text{水}}(\text{OH}^-)$ 先增大后减小, $\text{pOH}_{\text{水}}$ 先减小后增大, 则图中曲线 I 代表混合溶液 pH 的变化, 曲线 II 代表混合溶液 $\text{pOH}_{\text{水}}$ 的变化。 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ MOH}$ 溶液中水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{OH}^-)$ 为 $10^{-11.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2.9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 据此求得 $K_b = \frac{c(\text{M}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{MOH})} \approx \frac{10^{-2.9} \times 10^{-2.9}}{0.100} = 10^{-4.8}$, 数量级为 10^{-5} , A 错误; 点①溶液中溶质可视为物质的量相等的 MOH 和

- MCl, 其对应的 pH 大于 7, 即 MOH 的电离程度大于 MCl 的水解程度, 则 $c(\text{M}^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{MOH})$, B 错误; 点②溶液对应的 $\text{pH} = 5.2$, 呈酸性, $\frac{c(\text{M}^+)}{c(\text{MOH})} = \frac{K_b}{c(\text{OH}^-)} = \frac{K_b c(\text{H}^+)}{K_w} = 10^4$, C 正确; 点③溶液中溶质可视为 MCl 和 HCl, 溶液呈酸性, $c(\text{Cl}^-) > c(\text{M}^+)$, D 错误。
11. D 【解析】滴加 NaOH 溶液 20.00 mL 恰好生成 NaHX, 对应图像 b 点; 滴加 NaOH 溶液 40.00 mL 恰好生成 Na_2X , 此时由于 X^{2-} 的水解对水的电离的促进作用最大, 对应图像 d 点; 此后氢氧化钠过量, 水的电离又受到抑制。由图可知, 常温下, $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{X}$ 溶液的 $\text{pOH}_{\text{水}} = 12.6$, 则 H_2X 溶液的 pH 为 1.4 , A 正确。由图像可知, b 点溶质为 NaHX, $\text{pOH}_{\text{水}} = 11.2 > 7$, 溶液中 $c(\text{H}^+) = 10^{-2.8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液显酸性, 水的电离受到抑制; c 点溶质为 NaHX、 Na_2X , $\text{pOH}_{\text{水}} = 7$, 溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, HX^- 的电离程度与 X^{2-} 的水解程度恰好相当, 则溶液显中性; d 点溶质为 Na_2X , 水的电离受到促进, 电离程度最大; 故水的电离程度: $d > c > b$, B 正确; e 点溶质为 NaOH、 Na_2X , 溶液显碱性, C 正确; d 点溶质为 Na_2X , 根据元素守恒可知, $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{HX}^-) + 2c(\text{X}^{2-})$, D 错误。
12. (1) D
(2) 6.0×10^{-3} 0.62
(3) ①等于 无法确定 ②10 ③1:9
(4) $\frac{10^{-9}}{a-0.01}$
【解析】(1) HCl 是一元强酸, 一水合氨是一元弱碱, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中氢离子浓度大于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中氢氧根离子浓度, 则由水电离出的 $c(\text{H}^+)$: ③ $<$ ①, A 错误; ①稀释 100 倍, 浓度变为 $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 一水合氨是一元弱碱, 则其 $\text{pH} < 11$, 与②不相同, B 错误; ①与③混合, 若溶液 $\text{pH} = 7$, 则 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 根据电荷守恒可知 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$, 因此溶液中 $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-)$, C 错误; ②与④等体积混合后氨水过量, 溶液显碱性, 混合溶液的 $\text{pH} > 7$, D 正确。(2) 已知 25°C , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$, H_2SO_3 的 $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.2 \times 10^{-8}$, 若氨水的浓度为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由于电离常数很小, 溶液中一水合氨浓度可近似认为是 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据电离平衡常数可知溶液中的 $c(\text{NH}_4^+) \approx c(\text{OH}^-) = \sqrt{2.0 \times 1.8 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 6.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。将 SO_2 通入该氨水中, 当 $c(\text{OH}^-)$ 降至 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 溶液中 $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)} = \frac{c(\text{SO}_3^{2-}) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{HSO}_3^-) \times c(\text{H}^+)} = \frac{6.2 \times 10^{-8}}{10^{-7}} = 0.62$ 。(3) ①曲线 A 所对应的温度下水的离子积常数为 10^{-14} , $\text{pH} = 2$ 的 HCl 溶液中氢离子浓度是 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 12$ 的某 BOH 溶液中氢氧根离子浓度是 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此对水的电离抑制程度相同, 则 α_1 等于 α_2 。若将二者等体积混合, 由于 BOH 的碱性强弱不确定, 如果是强碱, 二者恰好反应, 溶液显中性, 如果是弱碱, 则反应后 BOH 过量, 溶液显碱性, 因此混合溶液的 pH 无法确定。②在曲线 B 所对应的温度下水的离子积常数为 10^{-12} , $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中氢氧根离子浓度是 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHSO_4 溶液中氢离子浓度是 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 设二者体积均为 $V \text{ L}$, 二者等体积混合氢氧根离子过量, 因此混合后溶液中氢氧根离子的浓度是 $\frac{0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \text{ L} - 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \text{ L}}{2V \text{ L}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中氢离子浓度是 $10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所得混合液的 $\text{pH} = 10$ 。③若另一温度下测得 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液的 pH 为 11, 因此该温度下水的离子积常数是 $0.01 \times 10^{-11} = 10^{-13}$ 。在该温度下, 将 $\text{pH} = a$ 的 NaOH 溶液 $V_a \text{ L}$ 与 $\text{pH} = b$ 的硫酸 $V_b \text{ L}$ 混合, 若所得混合液的 $\text{pH} = 10$, 这说明反应后碱过量, 溶液中氢氧根离子浓度是 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 且 $a = 12, b = 2$, 则 $\frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_a \text{ L} - 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_b \text{ L}}{V_a \text{ L} + V_b \text{ L}} = 0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此 $V_a : V_b = 1 : 9$ 。(4) 在 25°C 下, 将 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水与 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸等体积混合, 反应平衡时溶液中 $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-) = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据电荷守恒 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$ 可知 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据氮原子守恒可知溶

液中 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = (0.5a - 0.005) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离常数 $K_b = \frac{10^{-7} \times 0.005}{0.5a - 0.005} = \frac{10^{-9}}{a - 0.01}$ 。

第 35 讲 酸碱中和滴定及拓展应用

- B 【解析】** 锥形瓶若用待测液润洗, 再加入待测液, 则导致消耗标准溶液体积偏大, 计算待测液浓度偏大, A 错误; 图中操作可除去碱式滴定管胶管中的气泡, B 正确; 指示剂通常加 1~2 滴, 不是 1~2 mL, C 错误; 量取盐酸的滴定管用蒸馏水洗后, 应使用盐酸进行润洗, D 错误。
- C 【解析】** 用蒸馏水洗净酸式滴定管后, 装入标准盐酸前需要润洗, 若不润洗相当于稀释了标准溶液, 会使测定结果偏高, A 错误; 用蒸馏水洗净锥形瓶后, 再用 NaOH 溶液润洗后装入一定体积的 NaOH 溶液, 会使标准盐酸的用量偏多, 所以测定结果偏高, B 错误; 取 10.00 mL NaOH 溶液放入洗净的锥形瓶中, 再加入适量蒸馏水, NaOH 的物质的量不变, 所以不会引起实验误差, C 正确; 取 10.00 mL 的 NaOH 溶液, 放入锥形瓶后, 把碱式滴定管尖嘴液滴吹去, 会使得取用的 NaOH 溶液偏少, 所以测定结果偏低, D 错误。
- D 【解析】** 氢氧化钠溶液滴定醋酸溶液时, 恰好中和时生成醋酸钠, 此时溶液显碱性, 所以选择碱性条件下变色的指示剂——酚酞, 终点颜色变化为无色→粉红色, A 正确。盐酸滴定氨水时, 恰好中和时生成氯化铵, 此时溶液显酸性, 所以选择酸性条件下变色的指示剂——甲基橙, 终点颜色变化为黄色→橙色, B 正确。根据题给已知反应, 可以用酸性高锰酸钾溶液氧化亚硫酸钾的原理进行滴定, 亚硫酸钾被完全氧化后, 过量的高锰酸钾使溶液显粉红色, C 正确。用碘水滴定硫化钠溶液, 淀粉作指示剂, 开始时溶液无色, 硫化钠被完全消耗后, 过量的碘水使淀粉显蓝色, 所以滴定终点的颜色变化为无色→蓝色, D 错误。
- (1) 锥形瓶中溶液颜色变化 在半分钟内不变色 (2) D
(3) $c_1(\text{NaOH}) = \frac{0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.026 11 \text{ L}}{0.025 00 \text{ L}} \approx 0.104 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 第二次数据误差较大, 舍去; 同理 $c_2(\text{NaOH}) \approx 0.104 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 则 $c(\text{NaOH}) = \frac{0.104 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + 0.104 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2} = 0.104 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C 【解析】** NaOH 与 HCl 的反应为强酸与强碱的反应, 恰好反应时 $\text{pH} = 7$, A 项正确; 指示剂的变色范围应该在 pH 突变范围内, 尽可能减小误差, B 项正确; 由图示可知, 甲基红变色范围在突变范围内, 更接近反应终点, 而甲基橙变色范围部分在突变范围内, 则甲基橙误差会更大, C 项错误; 当 $V(\text{NaOH}) = 30.00 \text{ mL}$ 时, 反应完后 $c(\text{OH}^-) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{pH} = -\lg\left(\frac{10^{-14}}{0.02}\right)$, $\text{pH} = -\lg(5 \times 10^{-13}) = 13 - \lg 5 = 12.3$, D 项正确。
- C 【解析】** 盐酸滴定氨水, 生成氯化铵, 溶液偏酸性, 故用甲基橙作指示剂比酚酞作指示剂误差小, A 错误; 根据图像, 反应终点消耗盐酸 17.20 mL, M 点消耗盐酸 8.60 mL, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 有一半被中和, M 点溶液显碱性, 说明 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离程度大于 NH_4^+ 的水解程度, $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$, B 错误; N 点为反应终点, 盐酸与氨水恰好完全反应得到 NH_4Cl 溶液, 根据电荷守恒: $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$, 此时溶液呈酸性, $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$, 则 $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) < c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, $c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) < c(\text{Cl}^-) - c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$, C 正确; 氨水中由于 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离抑制水的电离, 加入盐酸后生成 NH_4Cl , NH_4^+ 的水解促进水的电离, N 点为反应终点, P、M、N 三点对应溶液中水的电离程度最大的为 N 点, D 错误。
- C 【解析】** 根据两种酸的浓度均为 $0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以及曲线 I、II 的起点对应的 pH 可知, 曲线 I 为 NaOH 滴定一元弱酸乙溶液, 曲线 II 为 NaOH 滴定一元强酸甲溶液, 由曲线 I 可知, 滴定终点时溶液为碱性, 故应选取酚酞作指示剂, A 错误、B 错误; 由 a 点可知, 滴定前, 一元弱酸乙溶液中 $c(\text{H}^+) = \frac{0.001 0^2}{0.100 0 - 0.001 0} \approx 1.01 \times 10^{-5}$, C 正确; 由曲线 II 可知, 强碱滴定强酸达到滴定终点时 $\text{pH} = 7$ 可知, $x = 20.00$, D 错误。
- C 【解析】** a 点时, $\lg \frac{c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+)} = 0$, 则 $\frac{c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+)} = 1$, A 错误;

- b 点时, $\text{pOH} < 7$, 溶液呈碱性, $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, B 错误; c 点时 MOH 未被完全中和, 溶液中溶质是 MOH 与 MCl , 根据电荷守恒得: $c(\text{M}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, MOH 的中和率大于 50%, 则 $c(\text{M}^+) + c(\text{MOH}) < 2c(\text{Cl}^-)$, 两式相加并得 $2c(\text{M}^+) + c(\text{MOH}) + c(\text{H}^+) < 3c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, C 正确; d 点时 MOH 恰好完全中和, 生成强酸弱碱盐 MCl , 存在 M^+ 的水解平衡, 水解反应促进水的电离, c 点时, 溶液中还有 MOH, 碱的存在抑制水的电离, 因此 d 点对应溶液中水的电离程度比 c 点对应的溶液大, D 错误。
- D 【解析】** $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 为强碱弱酸盐, 溶液呈碱性, 会腐蚀玻璃, 所以应选用碱式滴定管量取 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, A 正确; 为提高初始速率, 常滴加几滴 MnSO_4 溶液, 则表明 MnSO_4 能加快反应速率, 从而说明 MnSO_4 溶液的作用是作催化剂, B 正确; 若溶液温度过高, 酸性过强, 生成的草酸易分解, 从而导致滴定所用 KMnO_4 溶液的体积偏小, KMnO_4 溶液的浓度测定值偏高, C 正确; 若初期滴加过快、温度过高, 将发生反应 $4\text{MnO}_4^- + 12\text{H}^+ = 4\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, 从而使滴定所用 KMnO_4 溶液的体积偏大, KMnO_4 溶液的浓度测定结果偏低, D 错误。
- C 【解析】** 根据图像, 当 $\text{pCl} = \text{pAg}$ 时, 溶液中 $c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 AgCl 的沉淀溶解平衡常数 K_{sp} 数量级为 10^{-10} , A 正确; 溶液中 Ag^+ 沉淀完全时 $c(\text{Ag}^+) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 形成 Ag_2CrO_4 时, 所需 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c^2(\text{Ag}^+)} = \frac{2.0 \times 10^{-12}}{(1 \times 10^{-5})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 正确; 指示剂使用的是 K_2CrO_4 , 溶液中存在 Ag^+ , 如果溶液为强酸性, 则 CrO_4^{2-} 易形成 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 如果溶液是碱性的, 则易产 Ag_2O , 因此溶液需维持在中性或弱碱性, C 错误; 饱和 AgCl 溶液中银离子浓度为 $\sqrt{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})} = \sqrt{10^{-10}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 饱和 Ag_2CrO_4 溶液中银离子的浓度为 $2 \times \sqrt[3]{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{4}} = 2 \times \sqrt[3]{\frac{2.0 \times 10^{-12}}{4}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \sqrt[3]{4} \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。
- C 【解析】** 步骤①中用 NaOH 溶液滴定甲酸, 滴定终点时生成甲酸钠, 溶液呈碱性, 酚酞的 pH 变色范围为 8.2~10.0, 所以指示剂可选用酚酞溶液, 故 A 正确; 步骤②中静置 1 分钟的目的是使 NH_4^+ 和 HCHO 完全反应, 从而减小实验误差, 故 B 正确; 步骤②若不静置, NH_4^+ 没有完全反应, 导致消耗 NaOH 标准液体积偏小, 测定结果偏低, 故 C 错误; 反应 $4\text{NH}_4^+ + 6\text{HCHO} = (\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+ (\text{一元酸}) + 3\text{H}^+ + 6\text{H}_2\text{O}$ 中产生的 H^+ 和 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+$ 消耗 NaOH 溶液的体积为 $(V_3 - V_2) \text{ mL}$, 则饱和食盐水中的 $c(\text{NH}_4^+) = \frac{b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times (V_3 - V_2) \times 10^{-3} \text{ L}}{c \times 10^{-3} \text{ L}} = \frac{b(V_3 - V_2)}{c} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 D 正确。
- (1) 将溶剂水煮沸后冷却 (2) ②
(3) 使溶液混合均匀, 快速完成反应
(4) 1, 2, 4, 1, 1, 3
(5) 重复步骤 e 的操作 2~3 次
(6) 加入最后半滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液, 溶液蓝色褪去且半分钟内不恢复原色 9.0 是
(7) $2\text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^-$, $4\text{H}^+ + 4\text{I}^- + \text{O}_2 = 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (任写其中 2 个)
【解析】(1) 氧气在水中的溶解度随温度升高而减小, 将溶剂水煮沸可除去其中的氧气。(2) 在橡胶塞处加入水样及有关试剂, 应选择注射器, 防止空气混入的干扰。(3) 搅拌可以使溶液混合均匀, 加快反应速率。(4) Mn 元素的化合价由 +4 价降低到 +2 价, 碘元素的化合价由 -1 价升高到 0 价, 根据化合价升降总数相等, 反应②配平后方程式为 $\text{MnO}(\text{OH})_2 + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。(5) 为减小实验误差, 滴定操作一般需要重复操作 2~3 次, 因此步骤 f 为重复步骤 e 的操作 2~3 次。(6) I^- 被氧化为 I_2 后, 使淀粉变蓝, 再用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定, 将 I_2 还原为 I^- , 因此滴定结束时, 加入最后半滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液, 溶液的蓝色消失且半分钟内不恢复原色; $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.010 00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.004 500 \text{ L} = 4.500 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 根据反应①②③有 $\text{O}_2 \sim 2\text{MnO}(\text{OH})_2 \sim 2\text{I}_2 \sim 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $n(\text{O}_2) = \frac{1}{4}n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1.125 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 该河水

的 $DO = \frac{1.125 \times 10^{-5} \times 5 \times 32 \times 1000}{200 \times 10^{-3}} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 9.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ $> 5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 此次测得的 DO 达标。(7) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 在酸性条件下发生歧化反应, 生成的 SO_2 也能够被生成的 I_2 氧化, 同时空气中的 O_2 也能够将 I^- 氧化, 反应的离子方程式有 $2\text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^-$, $4\text{H}^+ + 4\text{I}^- + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

第 36 讲 盐类的水解

- A 【解析】明矾净水的基本原理是明矾在水中能电离出铝离子, 铝离子水解产生氢氧化铝胶体, 胶体吸附水中杂质, 与明矾具有氧化性无关; 小苏打为 NaHCO_3 , 受热分解出 CO_2 气体, 可以用作发泡剂烘焙面包, B 有关; 碳酸钠为强碱弱酸盐, 水解显碱性, 加热促进盐类的水解, 油脂可以在碱性环境下水解生成可溶性盐和甘油, 所以可以用热的纯碱溶液洗去油污, C 有关; 厨余垃圾含 N、P 等元素, 是植物生长需要的元素, 所以可以用厨余垃圾制肥料, D 有关。
- B 【解析】盐酸是强酸, NH_4Cl 溶液中 NH_4^+ 水解使溶液显酸性, 水解程度微弱, 故相同 pH 时, $c(\text{NH}_4\text{Cl}) > c(\text{HCl})$, 离子所带电荷数越多、离子浓度越大, 导电能力越强, 即 NH_4Cl 溶液的导电能力强于盐酸, 故 A 错误; 起始 pH 相等, 即 $c(\text{H}^+)$ 相等, 开始时反应速率相当, 随反应进行, 盐酸中 $c(\text{H}^+)$ 减小程度大, NH_4Cl 溶液中存在: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$, 加入 Zn, 消耗 H^+ , 平衡右移, $c(\text{H}^+)$ 减小程度小, 即反应开始后 NH_4Cl 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 大于盐酸中 $c(\text{H}^+)$, 后者反应速率快, 故 B 正确; 加水稀释促进 NH_4^+ 水解, 稀释 10 倍后, NH_4Cl 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 大于盐酸中 $c(\text{H}^+)$, 即盐酸的 pH 比 NH_4Cl 溶液的 pH 大, 故 C 错误; 因 $c(\text{NH}_4\text{Cl}) > c(\text{HCl})$, 则 NH_4Cl 溶液、盐酸分别与等浓度的 NaOH 溶液恰好反应, 消耗 NaOH 溶液的体积不同, 故 D 错误。
- D 【解析】对应的盐溶液的 pH 越大, 酸根离子水解程度越大, 相应的酸越弱, 则等浓度的 CH_3COOH 和 HClO 溶液相比, CH_3COOH 的酸性强, 则 pH 小的是 CH_3COOH , A 错误; 碳酸钠溶液和碳酸氢钠溶液中粒子种类相同, B 错误; 易水解的盐能促进水的电离, 水解程度越大, 对水的电离的促进程度越大, 则三种溶液中, 水的电离程度 $② > ③ > ①$, C 错误; Na_2CO_3 溶液中存在元素守恒: $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + 2c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, D 正确。
- B 【解析】25 °C 时, CN^- 的水解常数 $K_h(\text{CN}^-) = \frac{K_w}{K_a(\text{HCN})} = \frac{10^{-14}}{4.9 \times 10^{-10}} \approx 2.04 \times 10^{-5}$, 故 A 错误; 25 °C 时, 反应 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCN}$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{HCN})}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{CN}^-)} = \frac{K_a(\text{CH}_3\text{COOH})}{K_a(\text{HCN})} \approx 3.67 \times 10^4$, 故 B 正确; 由电荷守恒可知 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$, $c(\text{CN}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$, 即离子总物质的量是 $[n(\text{Na}^+) + n(\text{H}^+)]$ 的 2 倍, 而 NaCN 的水解程度大, 即 NaCN 溶液中的 $c(\text{OH}^-)$ 大、 $c(\text{H}^+)$ 小, 且 $c(\text{Na}^+)$ 相同, 可知 CH_3COONa 溶液的离子总浓度大, 故 C 错误; 若加水稀释醋酸溶液, 促进醋酸的电离, 但 $c(\text{H}^+)$ 减小、 K_w 不变, 则 $c(\text{OH}^-)$ 增大, 故 D 错误。
- A 【解析】 NaClO 的水解方程式为 $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$, 增大 NaClO 溶液浓度, 水解平衡正向移动, 但由于溶液浓度增大, 所以水解程度减小, A 正确; 加水稀释, 水解平衡正向移动, 水解程度增大, B 错误; 水解是吸热过程, 升高温度, 水解平衡正向移动, 水解程度增大, C 错误; 加入适量 NaOH 固体, $c(\text{OH}^-)$ 增大, 水解平衡逆向移动, 水解程度减小, D 错误。
- C 【解析】加 FeCl_3 固体, $c(\text{Fe}^{3+})$ 增大, 水解平衡向右移动, 溶液变成红褐色, 但水解程度减小, A 错误; 加热, 水解平衡右移, 溶液变成红褐色, 水解程度增大, B 错误; 通入 HCl 气体, $c(\text{H}^+)$ 增大, 水解平衡左移, 溶液颜色变浅, 水解程度减小, C 正确; 加入 NaCl 溶液, 相当于加水稀释, 水解平衡向右移动, 水解程度增大, D 错误。
- C 【解析】在金属活动性顺序中, Mg 排在 Na 的后面, Mg 与水能反应, 但是 Mg 与水的反应剧烈程度比 Na 弱, 加热后, Mg 与水反应会生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 H_2 , 在水溶液中又加了酚酞, 所以变红是因为有 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 生成, A 正确; NH_4Cl 是强酸弱碱盐, 水解产生 HCl 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Mg 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

不反应, 但是能和 HCl 反应产生 MgCl_2 和 H_2 , 同时放出热量, 又会使 NH_4^+ 水解产生的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 放出氨气, B 正确; 根据溶液中的电荷守恒 $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$, 整个溶液呈碱性, $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, 故 $c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{Mg}^{2+}) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$, C 错误; NaCl 不水解, 但实验 1 和 4 对比会发现, 实验的实质都是 Mg 和水在反应, 但是实验 4 反应要比实验 1 剧烈点, NaCl 不参加反应, 所以 NaCl 起到催化剂的作用, D 正确。

- (1) 酸 $\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AgOH} + \text{H}^+$ 抑制 Ag^+ 水解
(2) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$ Al_2O_3
(3) $3\text{HCO}_3^- + \text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$
(4) $>$
【解析】(1) AgNO_3 溶液由于 Ag^+ 水解而呈酸性, Ag^+ 水解的离子方程式为 $\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AgOH} + \text{H}^+$; 实验室在配制 AgNO_3 溶液时, 常将 AgNO_3 固体先溶于较浓的硝酸中, 然后用蒸馏水稀释到所需浓度, 目的是抑制 Ag^+ 水解。
(2) FeCl_3 净水是因为 Fe^{3+} 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 胶体具有吸附性, 原理可表示为 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$; AlCl_3 水解的化学方程式为 $\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$, 加热能促进水解平衡正移, 而且盐酸易挥发, 进一步使平衡正移, 所以把 AlCl_3 溶液蒸干、灼烧, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 分解, 最后得到的主要固体产物是 Al_2O_3 。(3) 泡沫灭火器内装有 NaHCO_3 饱和溶液和 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, HCO_3^- 和 Al^{3+} 能发生完全双水解反应生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CO_2 , 反应的离子方程式为 $3\text{HCO}_3^- + \text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。(4) 草酸是二元弱酸, 常温下测得 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KHC}_2\text{O}_4$ 溶液的 pH 为 4.8, 说明 HC_2O_4^- 的电离程度大于 HC_2O_4^- 的水解程度, HC_2O_4^- 电离产生 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, 水解生成 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 则 KHC_2O_4 溶液中 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 。
- A 【解析】a 点是浓度均为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 和醋酸的混合溶液, $c(\text{H}^+) \approx 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = K_a \times \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{H}^+)} \approx 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.01}{0.01} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 A 正确; b 点溶质为等浓度的氯化铵和醋酸, $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \times 10^{-5}$, $K_b(\text{NH}_4^+) = \frac{1}{1.8} \times 10^{-9}$, $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) > K_b(\text{NH}_4^+)$, 即醋酸电离程度大于 NH_4^+ 水解程度, 所以 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{CH}_3\text{COOH})$, 故 B 错误; c 点溶液呈酸性, $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, 根据电荷守恒, $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$, 所以 $c(\text{NH}_4^+) < c(\text{Cl}^-) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$, 故 C 错误; c 点氯化铵、醋酸铵均促进水的电离, d 点还存在一水合氨抑制水的电离, 所以 c 点水的电离程度大于 d 点, 故 D 错误。
- B 【解析】 $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HPO}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}$, 题图中 B 点处 $c(\text{HPO}_4^{2-}) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$, 此时 $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-7.2}$, 数量级为 10^{-8} , A 正确; 由图可知, pH 等于 7 时, 溶液中主要存在的含磷元素的离子是 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} , 根据题图可以看出, $c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) > c(\text{HPO}_4^{2-})$, B 错误; $K_b(\text{HPO}_4^{2-}) = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{HPO}_4^{2-})} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HPO}_4^{2-})} = \frac{K_w}{K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-7.2}} = 1.0 \times 10^{-6.8}$, 数量级为 10^{-7} , C 正确; Na_2HPO_4 溶液显碱性, 是因为 HPO_4^{2-} 的水解程度大于其电离程度, 若向该溶液中加入足量的 CaCl_2 溶液, Ca^{2+} 与其电离产生的 PO_4^{3-} 结合为磷酸钙沉淀, 促进其电离, 所以最终溶液显酸性, D 正确。
- B 【解析】由图可知, 含 R 微粒只有 3 条曲线说明 H_3RO_3 为二元弱酸, Na_2HRO_3 为正盐, H_3RO_3 溶液中加入 NaOH 溶液, 酸性减弱, $c(\text{OH}^-)$ 增大, 即 pOH 减小, $c(\text{H}_3\text{RO}_3)$ 减小, $c(\text{H}_2\text{RO}_3^-)$ 先增大后减小, $c(\text{HRO}_3^{2-})$ 增大, 则曲线③表示 $\lg c(\text{H}_3\text{RO}_3)$ 随 pOH 的变化的曲线、曲线②表示 $\lg c(\text{H}_2\text{RO}_3^-)$ 随 pOH 的变化、曲线①表示 $\lg c(\text{HRO}_3^{2-})$ 随 pOH 的变化; 由 a 点数据可知, pOH = 7.3 则 pH = 6.7, $c(\text{HRO}_3^{2-}) = c(\text{H}_2\text{RO}_3^-)$, 则 H_2RO_3 的电离常数 $K_{a2} =$

$$\frac{c(\text{H}^+)c(\text{HRO}_3^{2-})}{c(\text{H}_2\text{RO}_3)} = 10^{-6.7}, \text{同理,由c点数据可知, } \text{H}_3\text{RO}_3$$

的电离常数 $K_{a1} = 10^{-1.4}$ 。 H_3RO_3 属于二元弱酸,所以其与足量 NaOH 溶液反应,生成的盐为 Na_2HRO_3 ,故 A 错误;由图可知,a 点溶液中 $c(\text{HRO}_3^{2-}) = c(\text{H}_2\text{RO}_3)$,由电荷守恒关系 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{HRO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{RO}_3) + c(\text{OH}^-)$,可得溶液中 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = 3c(\text{H}_2\text{RO}_3) + c(\text{OH}^-)$,故 B 正确;由分析可知,曲线①表示 $\lg c(\text{HRO}_3^{2-})$ 随 pOH 的变化,故 C 错误;由方程式可知该反应的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{H}_2\text{RO}_3)}{c(\text{H}_3\text{RO}_3)c(\text{HRO}_3^{2-})} = \frac{c^2(\text{H}_2\text{RO}_3)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_3\text{RO}_3)c(\text{HRO}_3^{2-})c(\text{H}^+)} = \frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{10^{-1.4}}{10^{-6.7}} = 10^{5.3}$,故 D 错误。

12. I. (1) $\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = 5.71 \times 10^{-10}$

(2) $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$

(3) $1 \times 10^{-4.76}$ (4) d

II. 7.4 变小

【解析】I. (1) 25 °C 时醋酸根离子水解的离子方程式是 $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$, 水解常数表达式

$$K_h(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)},$$

$$K_h(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)} =$$

$$\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{1.75 \times 10^{-5}} \approx$$

5.71×10^{-10} 。(2) 浓度均为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 和 CH_3COONa 的缓冲溶液, $\text{pH} = 4.76$, 溶液呈酸性, 说明醋酸电离程度大于醋酸钠水解程度, 该缓冲溶液中离子浓度由大到小的顺序是 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 。(3) 向 1.0 L 题述缓冲溶液中滴加几滴 NaOH 稀溶液(忽略溶液体积的变化), pH 几乎不变, 反应后溶液中 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4.76} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(4) a. 升温, $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ 平衡正向移动, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

减小, $c(\text{OH}^-)$ 增大, 则 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-)}$ 减小; b. 加入 NaOH

固体, $c(\text{OH}^-)$ 增大, $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ 平衡逆向移动, $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ 减小,

$\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 不变, 所以 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-)}$ 减小;

c. 稀释, $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ 减小, $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 不

变, 所以 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-)}$ 减小; d. 加入 CH_3COONa 固体,

$c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 增大, $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ 平衡正向移动, $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ 增大,

$\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 不变, 所以 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{OH}^-)}$ 增大;

选 d。

II. $K_{a1} = \frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 10^{-6.1}$, $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} \approx \frac{20}{1}$,

$$20 \times c(\text{H}^+) = 10^{-6.1}, c(\text{H}^+) = \frac{10^{-6.1}}{20} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{则正常人体}$$

血液的 pH 约为 7.4, 当过量的酸进入血液中时,

$\frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}$ 不变, 氢离子浓度增大, 所以血液缓冲体

系中 $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}$ 的值将变小。

第 37 讲 粒子浓度的大小比较

1. B 【解析】实验①反应后溶液的 pH 为 9, 即溶液显碱性, 说明 HA 为弱酸, 二者等浓度等体积恰好反应生成 KA , A^- 水解, A 项正确; 实验①反应后的溶液中, 由电荷守恒式 $c(\text{H}^+) + c(\text{K}^+) = c(\text{A}^-) + c(\text{OH}^-)$ 知, $c(\text{K}^+) - c(\text{A}^-) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$, B 项错误; 因为 HA 为弱酸, 如果与等体积等浓度的 KOH 溶液混合, 溶液显碱性, 若溶液显中性, 则在两溶液体积相等的条件下, 加入的 HA 溶液的浓度应大于 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以实验②反应后的溶液中, $c(\text{A}^-) + c(\text{HA}) >$

$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, C 项正确; 实验②反应后溶液显中性, 根据电荷守恒式 $c(\text{H}^+) + c(\text{K}^+) = c(\text{A}^-) + c(\text{OH}^-)$, 且 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 则 $c(\text{K}^+) = c(\text{A}^-)$, 即 $c(\text{K}^+) = c(\text{A}^-) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, D 项正确。

2. B 【解析】 K_2S 溶液中存在元素守恒, K^+ 和含硫粒子个数之比是 2 : 1, 则 $c(\text{K}^+) = 2[c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S})]$, 故 A 错误; K_2CO_3 溶液中存在质子守恒: $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, 故 B 正确; 由电荷守恒得 $c(\text{K}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, 故 C 错误; 氢氧化钾是强碱, 完全电离, 溶液显碱性, CH_3COO^- 和 ClO^- 水解使溶液显碱性, 且 CH_3COO^- 的水解能力小于 ClO^- , 所以 pH 相同的① CH_3COOK 、② KOH 、③ KClO 三种溶液的浓度大小为① > ③ > ②, 则 $c(\text{K}^+)$ 的大小关系是① > ③ > ②, 故 D 错误。

3. C 【解析】 NaHSO_3 溶液呈酸性, 说明溶液中 HSO_3^- 电离程度大于水解程度, $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, NaHCO_3 溶液呈碱性, 说明 HCO_3^- 水解程度大于电离程度, $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, A 错误; 由溶液呈电中性有电荷守恒关系: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HRO}_3^-) + 2c(\text{RO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, B 错误; 根据化学式 NaHRO_3 得元素守恒关系: $c(\text{Na}^+) = c(\text{HRO}_3^-) + c(\text{RO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{RO}_3)$, 由溶液呈电中性有电荷守恒关系: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HRO}_3^-) + 2c(\text{RO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, 二者联立可得 $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{RO}_3) = c(\text{RO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, C 正确; 同浓度的两溶液中, $c(\text{Na}^+)$ 相等, 由于 HSO_3^- 、 HCO_3^- 的电离与水解程度不相同, 故 $c(\text{HRO}_3^-)$ 不相等, $c(\text{RO}_3^{2-})$ 不相等, D 错误。

4. D 【解析】由图可知, 当 $c(\text{M}^+) = 0$ 时, 即纯水, $c^2(\text{H}^+) = 2 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$, 该温度下纯水中 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, $K_w = c(\text{H}^+) \times c(\text{OH}^-) = c^2(\text{H}^+) = 2 \times 10^{-14}$, 当 $c(\text{M}^+) = 2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c^2(\text{H}^+) = 4 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$, 故

$c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, A 正确; 溶液呈电中性, 故 MCl 的稀溶液中始终存在: $c(\text{M}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, B 正确; 该温度下, M^+ 的水解方程式为 $\text{M}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MOH}$

+ H^+ , 平衡常数 $K_h = \frac{c(\text{H}^+) \times c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+)}$, 利用 $c(\text{M}^+) = 2 \times$

$10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 进行计算, 该点 $c(\text{H}^+) = 2 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由质子守恒知 $c(\text{MOH}) =$

$c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 $K_h =$

$\frac{c(\text{H}^+) \times c(\text{MOH})}{c(\text{M}^+)} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10}$, C 正确;

$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{2 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-4} = \frac{c(\text{M}^+) \times c(\text{OH}^-)}{c(\text{MOH})}$, a 点溶液

中 $c(\text{M}^+) = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{MOH})} = 2 > 1$, 故 $c(\text{OH}^-) >$

$c(\text{MOH})$, D 错误。

5. C 【解析】 HClO 为弱酸, 在水溶液中存在 $\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$, 当向 HClO 溶液加入少量 NaClO 固体后, 溶液中 $c(\text{ClO}^-)$ 增加, 平衡逆向移动, 即 HClO 的电离程度减小, 但水的电离平衡正向移动, 则水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 增大, A 错误。 NaClO 为强碱弱酸盐, 其水溶液中 ClO^- 会水解且 ClO^- 的水解为吸热反应, 但升高温度后 K_w 也增大, 则溶液的 pH 受两种因素的影响; NaOH 为强碱, 在水溶液中完全电离, 加热水的电离程度增大, K_w 增大, 即 NaOH 溶液加热, 其 pH 略微降低, B 错误。酸性: 甲酸 > 次氯酸, 水解程度: $\text{ClO}^- > \text{HCOO}^-$, 相同温度下, 等 pH 的 HCOONa 和 NaClO 溶液中, 前者浓度大, 由两溶液电荷守恒可知, $c(\text{HCOO}^-) > c(\text{ClO}^-)$, C 正确。25 °C 时, $K_a(\text{HClO}) = 4.0 \times 10^{-8}$, 则水解平衡常数 $K_h = 2.5 \times 10^{-7}$, ClO^- 水解能力强于 HClO 电离能力, 混合溶液中有电荷守恒 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{ClO}^-)$, $\text{pH} = 7$, $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 则 $c(\text{Na}^+) = c(\text{ClO}^-)$, 为使 ClO^- 的水解程度与 HClO 的电离程度相当, $c(\text{HClO}) > c(\text{ClO}^-)$, D 错误。

6. A 【解析】 NaHCO_3 水溶液呈碱性, 说明 HCO_3^- 的水解程度大于其电离程度, 等浓度的 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 混合溶液中, CO_3^{2-} 的水解程度 > HCO_3^- 的水解程度, 溶液中微粒浓度关系为 $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-})$, CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 水解程度微弱, 生成的 OH^- 浓度较低, 由 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 化学式可知, 该混合溶液中 Na^+ 浓度最大, 则混合溶液中微粒浓度大小关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-)$, A 正确; 该混合溶液中电荷守恒为 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) +$

- $c(\text{OH}^-)$, 元素守恒为 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{Cl}^-)$, 两式联立消去 $c(\text{Cl}^-)$ 可得: $c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{H}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 2c(\text{OH}^-)$, B 错误; 该溶液呈酸性, 说明 CH_3COOH 电离程度大于 CH_3COONa 水解程度, 则溶液中微粒浓度关系为 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{H}^+)$, C 错误; 该混合溶液中元素守恒为 $2c(\text{Na}^+) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$, 电荷守恒为 $c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$, 两式联立可得: $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{Na}^+) + c(\text{OH}^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$, D 错误。
7. D 【解析】 CN^- 的水解常数 $K_h = 1.6 \times 10^{-5}$, 则 HCN 的电离常数是 $\frac{10^{-14}}{1.6 \times 10^{-5}} = 6.25 \times 10^{-10}$ 。浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCN 溶液和 NaCN 溶液等体积混合, CN^- 水解程度大于 HCN 电离程度, 溶液呈碱性, 混合溶液的 $\text{pH} > 7$, A 错误; CN^- 水解促进水的电离, HCN 电离抑制水的电离, CN^- 水解程度大于 HCN 电离程度, 混合溶液中水的电离程度大于纯水的, B 错误; CN^- 水解程度大于 HCN 电离程度, 混合溶液呈碱性, 混合溶液中存在 $c(\text{HCN}) > c(\text{Na}^+) > c(\text{CN}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, C 错误; 若 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸与 $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCN}$ 溶液等体积混合后溶液呈中性, 根据电荷守恒 $c(\text{Na}^+) = c(\text{CN}^-) + c(\text{Cl}^-)$, 根据元素守恒, $c(\text{Na}^+) = c(\text{CN}^-) + c(\text{HCN}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cl}^-) = \frac{c}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{HCN}) = c(\text{Cl}^-) = \frac{c}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据 CN^- 的水解常数 $K_h = 1.6 \times 10^{-5}$, 则 $\frac{c(\text{HCN})c(\text{OH}^-)}{c(\text{CN}^-)} = \frac{\frac{c}{2} \times 10^{-7}}{\frac{c}{2}} = 1.6 \times 10^{-5}$, $c(\text{CN}^-) = \frac{c}{320} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{CN}^-) + c(\text{HCN}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 $\frac{c}{320} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} + \frac{c}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 $c = \frac{96}{161}$, D 正确。
8. D 【解析】含 $0.01 \text{ mol Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和 0.02 mol NaOH 的溶液中缓慢通入 CO_2 , 依次发生反应 ① $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 此时共消耗 $n(\text{CO}_2) = 0.01 \text{ mol}$, 生成 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.01 \text{ mol}$; ② $\text{CO}_2 + 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, 此时共消耗 $n(\text{CO}_2) = 0.015 \text{ mol}$, 产生总 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.015 \text{ mol}$; ③ $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$, 此时共消耗 $n(\text{CO}_2) = 0.03 \text{ mol}$, 产生 $n(\text{NaHCO}_3) = 0.03 \text{ mol}$ 。未通入 CO_2 时, 混合溶液中存在电荷守恒 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c([\text{Al}(\text{OH})_4]^-) + c(\text{OH}^-)$, $c(\text{Na}^+) < c([\text{Al}(\text{OH})_4]^-) + c(\text{OH}^-)$, A 项错误; 通入 0.01 mol CO_2 时, 溶液为含 $0.01 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$ 和 $0.01 \text{ mol Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 的混合溶液, OH^- 浓度应小于 $c(\text{CO}_3^{2-})$, B 项错误; 通入 0.015 mol CO_2 时, 溶液中溶质仅含 $0.015 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$, 离子浓度: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HCO}_3^-)$, C 项错误; 通入 0.03 mol CO_2 时, 溶液中溶质仅含 0.03 mol NaHCO_3 , 溶液呈碱性, 离子浓度: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, D 项正确。
9. D 【解析】由图中 a 点可知, $\frac{c(\text{R}^{2-})}{c(\text{HR}^-)} = 10^{-2}$, $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = c(\text{OH}^-)$, 则 H_2R 溶液中 $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, HR^- 的电离常数 $K_{a2} = 10^{-3}$, A 正确; b 点对应溶液中, 由电荷守恒得, $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{R}^{2-}) + c(\text{HR}^-) + c(\text{OH}^-)$, b 点坐标为 (0, 11), 则此时 $c(\text{R}^{2-}) = c(\text{HR}^-)$, 则 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 3c(\text{R}^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, B 正确; d 点时 $-\lg c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 最小, 则此时为 Na_2R 溶液, 促进水的电离, a→d 过程中, 溶液由酸性转变为碱性, 而 c 点时 $-\lg c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 7$, 则 c 点溶液呈中性, 有 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 则由电荷守恒得, $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{R}^{2-}) + c(\text{HR}^-)$, 故 $c(\text{R}^{2-}) + c(\text{HR}^-) < c(\text{Na}^+)$, C 正确; $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 越大, 水的电离程度越大, 水的电离程度: $b < c = e < d$, D 错误。
10. B 【解析】从 pH 与通入气体的关系图像可知, a 点溶质为 Na_2CO_3 , c 点溶质为 NaHCO_3 , b 点为 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 混合物, 所以 a、b、c 三点水的电离程度: $a > b > c$, A 正确; 由 c 点横坐标可知原 NaOH 为 0.1 mol , 由起点 $\text{pH} = 13$, 可知 $V = 1000$, $c = 0.1$, 反应过程中溶液体积不变, 再由元素守恒可得, $c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0.075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

- B 错误; a 点溶质为 Na_2CO_3 , 根据电荷守恒, $c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$ 成立, C 正确; c 点溶质为 NaHCO_3 , 根据质子守恒, $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{CO}_3^{2-})$, 即 $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{CO}_3^{2-})$, 所以 $2c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$, D 正确。
11. D 【解析】用 NaOH 调节 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 二元弱酸 (H_2R) 溶液的 pH, 随 pH 升高, H_2R 的浓度降低, HR^- 的浓度先增大后降低, R^{2-} 的浓度升高, b 表示 H_2R 的物质的量浓度随 pH 的变化, a 表示 HR^- 的物质的量浓度随 pH 的变化, c 表示 R^{2-} 的物质的量浓度随 pH 的变化。根据 a、c 曲线的交点 $\text{pH} = 4.2$, 25°C 时, H_2R 的 $K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{R}^{2-})}{c(\text{HR}^-)} = c(\text{H}^+) = 10^{-4.2}$, A 正确; Na_2R 的水解常数 $K_h = \frac{K_w}{K_{a2}} = \frac{10^{-14}}{10^{-4.2}} = 10^{-9.8}$, b、c 曲线的交点处 $c(\text{R}^{2-}) = c(\text{H}_2\text{R})$, 则 $K_{a1} \times K_{a2} = \frac{c^2(\text{H}^+) \cdot c(\text{R}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{R})} = c^2(\text{H}^+) = 10^{-3.5}$, H_2R 的 $K_{a1} = 10^{-1.3}$, H_2R 电离程度大于 Na_2R 水解程度, 所以 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{R}$ 溶液和 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{R}$ 溶液中, $c(\text{HR}^-)$: 前者大于后者, B 正确; 因 $c(\text{H}_2\text{R}) + c(\text{HR}^-) + c(\text{R}^{2-}) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以当溶液中 $c(\text{Na}^+) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c(\text{H}_2\text{R}) + c(\text{HR}^-) + c(\text{R}^{2-}) = c(\text{Na}^+)$, 根据电荷守恒, $c(\text{OH}^-) + c(\text{HR}^-) + 2c(\text{R}^{2-}) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$, 所以 $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{R}) = c(\text{R}^{2-}) + c(\text{OH}^-)$, C 正确; 25°C 时 HClO 的 $K_a = 4.0 \times 10^{-8}$, 酸性: $\text{H}_2\text{R} > \text{HR}^- > \text{HClO}$, 在足量的 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaClO}$ 溶液中滴加少量 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{R}$ 溶液生成次氯酸和 Na_2R , 发生反应: $2\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{R} = 2\text{HClO} + \text{R}^{2-}$, D 错误。

第 38 讲 沉淀溶解平衡

1. B 【解析】氯化铵水解使溶液显酸性, 导致氢氧化镁向生成镁离子的方向移动, $c(\text{Mg}^{2+})$ 增大, A 正确; MgCl_2 、 CuCl_2 溶液的浓度未知, 先生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀, 不能说明氢氧化铜更难溶, 则 $K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ 和 $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 的大小不确定, B 错误; 等物质的量浓度的 CaCl_2 和 NaCl 溶液相比, 氯化钙溶液中氯离子浓度更大, 对氯化银的溶解抑制更大, 故两溶液中, 氯化银的溶解度不相同, C 正确; 由于 AgCl 的溶解度大于 AgBr , 在 AgCl 和 AgBr 的饱和溶液中, 前者 $c(\text{Ag}^+)$ 大于后者, $c(\text{Cl}^-) > c(\text{Br}^-)$, 当将 AgCl 、 AgBr 的饱和溶液等体积混合时, 有 AgBr 沉淀生成, 再加入足量 AgNO_3 溶液时, 溶液中 Cl^- 形成 AgCl 沉淀, 由于原等体积的饱和溶液中 Cl^- 物质的量大于 Br^- , 则生成的 AgCl 沉淀比 AgBr 沉淀多, D 正确。
2. C 【解析】在饱和 AgCl 、 AgBr 的混合溶液中, $c(\text{Cl}^-) = \frac{K_{sp}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)}$, $c(\text{Br}^-) = \frac{K_{sp}(\text{AgBr})}{c(\text{Ag}^+)}$, 则有 $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)} = \frac{K_{sp}(\text{AgCl})}{K_{sp}(\text{AgBr})} = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-13}} = 360$, A 正确; AgBr 比 AgCl 更难溶, AgCl 悬浊液中滴加 NaBr 溶液, 可发生沉淀转化生成更难溶的淡黄色沉淀, B 正确; NaCl 溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 较大, 使 AgCl 的溶解平衡逆向移动, 故 AgCl 在 NaCl 溶液中的溶解度比在水中小, 但 K_{sp} 只与温度有关, 则 $K_{sp}(\text{AgCl})$ 在水中和在 NaCl 溶液中相等, C 错误; AgBr 转化为 AgCl 的反应为 $\text{AgBr}(s) + \text{Cl}^-(aq) \rightleftharpoons \text{AgCl}(s) + \text{Br}^-(aq)$, 则平衡常数 $K = \frac{c(\text{Br}^-)}{c(\text{Cl}^-)} = \frac{K_{sp}(\text{AgBr})}{K_{sp}(\text{AgCl})}$, 当 AgBr 全部转化为 AgCl 时, 溶液中 $c(\text{Br}^-) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 将有关数据代入上式可得平衡时 $c(\text{Cl}^-) = 3.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, AgBr 转化过程中消耗了 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$, 故原溶液中 $c(\text{NaCl}) \geq 3.61 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 正确。
3. D 【解析】三种硫化物均为 AB 型化合物, CuS 的溶度积最小, 其溶解度最小, A 错误; $K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$, 则饱和 CuS 溶液中 $c(\text{Cu}^{2+}) = \sqrt{K_{sp}(\text{CuS})} = \sqrt{6.3 \times 10^{-36}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, B 错误; 由于 $K_{sp}(\text{FeS}) > K_{sp}(\text{ZnS})$, 向等物质的量浓度的 FeCl_2 、 ZnCl_2 的混合溶液中加入少量 Na_2S , 应首先生成 ZnS 沉淀, C 错误; $\text{ZnS}(s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \rightleftharpoons \text{CuS}(s) + \text{Zn}^{2+}(aq)$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{Zn}^{2+})}{c(\text{Cu}^{2+})} = \frac{K_{sp}(\text{ZnS})}{K_{sp}(\text{CuS})} = \frac{1.6 \times 10^{-24}}{6.3 \times 10^{-36}} \approx 2.54 \times 10^{11}$, D 正确。
4. C 【解析】残留在牙齿上的糖发酵会产生 H^+ , H^+ 与 OH^-

反应生成 H_2O , 促使 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}(\text{s})$ 的溶解平衡正向移动, 易造成龋齿, A 正确; 小孩长牙时, 要在牙齿表面形成 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}(\text{s})$, 从平衡移动角度分析, 应增大牙齿表面的 $c(\text{Ca}^{2+})$ 、 $c(\text{OH}^-)$, 故小孩长牙时要少吃糖多补钙, B 正确; 减少 OH^- 的浓度, 平衡将向右移动, 由于温度不变, 则 K_{sp} 的值不变, C 错误; 由于 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}(\text{s})$ 的 K_{sp} 小于 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}(\text{s})$ 的 K_{sp} , 使用含氟牙膏, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}(\text{s})$ 可转化为更难溶的 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}(\text{s})$, 可有效防止龋齿, D 正确。

5. D 【解析】 BaCO_3 是难溶性盐, 饱和 BaCO_3 溶液中存在: $\text{BaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, 根据元素守恒: $c(\text{Ba}^{2+}) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$, A 错误; BaCO_3 、 BaSO_4 的饱和混合溶液中存在平衡: $\text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, 溶液中 $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)}{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}$, 加入少量 BaCl_2 , 由于温度不变, $K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$ 和 $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)$ 不变, $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{SO}_4^{2-})}$ 不变, B 错误; 胃液中含有盐酸, 不用碳酸钡作为内服造影剂的原因是碳酸钡能和盐酸反应而溶解, 和溶度积常数无关, C 错误; 向 BaSO_4 中加入 Na_2CO_3 溶液, 发生反应 $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, 该反应的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)} = \frac{1 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-9}} = \frac{1}{50}$, 若每次加入 1 L $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液, 能处理 BaSO_4 物质的量为 $x \text{ mol}$, 则 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{x}{2-x} = \frac{1}{50}$, $x = \frac{2}{51}$, $\frac{0.2 \text{ mol}}{51} = 5.1$, 所以至少 6 次可以将 0.2 mol BaSO_4 转化为 BaCO_3 , D 正确。

6. B 【解析】A 点时 $c(\text{I}^-)$ 不再改变, 达到沉淀溶解平衡, 可表示 PbI_2 的饱和溶液, A 错误; t 时刻之后 $c(\text{Pb}^{2+})$ 逐渐减小, $c(\text{I}^-)$ 瞬间增大后减小, 所以可能是向该 PbI_2 溶液中加入 KI 固体, 使 PbI_2 的溶解平衡逆向移动, B 正确; PbI_2 饱和溶液中 $c(\text{I}^-) = 2c(\text{Pb}^{2+})$, $K_{\text{sp}}(\text{PbI}_2) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c^2(\text{I}^-) = 4 \times 10^{-6}$, 可得该温度下, $c(\text{Pb}^{2+}) = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{I}^-) = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 但常温下的数值无法计算, C 错误; 向 A 点处的 PbI_2 悬浊液中加入 100 mL $2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2S 溶液, 溶液体积增加 1 倍, $c(\text{Pb}^{2+}) = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{S}^{2-}) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, S^{2-} 完全反应生成 PbS 沉淀, 剩余 $c(\text{Pb}^{2+}) = 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, PbS 沉淀还存在溶解平衡, 所以平衡后溶液中 $c(\text{Pb}^{2+}) > 4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, D 错误。

7. B 【解析】25 $^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+})c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-4.3} \times 10^{-4.3} = 10^{-8.6}$, A 正确; 向 A 点对应的溶液中加入固体 CaCl_2 , 钙离子浓度增大, $\text{pM} = -\lg(\text{M}^{2+})$ 减小, 不可能得到 Y 点对应的溶液, B 错误; 根据 A、B、C 三点, 比较三种物质的 K_{sp} , 则 25 $^{\circ}\text{C}$ 时三种物质的溶解度: $\text{MnCO}_3 < \text{CaCO}_3 < \text{CaSO}_4$, C 正确; 25 $^{\circ}\text{C}$, 100 mL MnCO_3 饱和溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-5.3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 加入 0.01 mol CaCl_2 , $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $Q = c(\text{CO}_3^{2-}) \times c(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-5.3} \times 0.1 = 10^{-6.3} > 10^{-8.6}$, 有 CaCO_3 沉淀生成, D 正确。

8. B 【解析】 $K_{\text{sp}}(\text{Y}_2\text{X}) = c^2(\text{Y}^+) \cdot c(\text{X}^{2-})$, $K_{\text{sp}}(\text{ZX}) = c(\text{Z}^{2+}) \cdot c(\text{X}^{2-})$, $-\lg K_{\text{sp}}(\text{Y}_2\text{X}) = 2\text{p}(\text{Y}^+) + \text{p}(\text{X}^{2-})$, $-\lg K_{\text{sp}}(\text{ZX}) = \text{p}(\text{Z}^{2+}) + \text{p}(\text{X}^{2-})$, $\text{p}(\text{X}^{2-})$ 改变相同量时, $\text{p}(\text{Y}^+)$ 变化量小于 $\text{p}(\text{Z}^{2+})$ 变化量, 所以 M 表示 Y_2X 的溶解平衡曲线, N 表示 ZX 的溶解平衡曲线, A 正确; c 点在 M 斜线上方, 在金属阳离子浓度不变时, 纵坐标越大, 表示相应的阴离子浓度越小, 因此 c 点 $Q = c^2(\text{Y}^+) \cdot c(\text{X}^{2-}) < K_{\text{sp}}(\text{Y}_2\text{X})$, 因此 c 点形成的是 Y_2X 的不饱和溶液, B 错误; N 表示 ZX 的溶解平衡曲线, b 点为 ZX 的饱和溶液, 若加入 Na_2X 饱和溶液, 则 $c(\text{X}^{2-})$ 增大, 由于 K_{sp} 不变, ZX 固体会析出, 最终导致溶液中 $c(\text{Z}^{2+})$ 减小, C 正确; N 表示 ZX 的溶解平衡曲线, 由 b(5, 30.2) 可知 ZX 的溶度积常数 $K_{\text{sp}}(\text{ZX}) = 10^{-(5+30.2)} = 10^{-35.2}$, M 表示 Y_2X 的溶解平衡曲线, 由 a 点坐标可知 $K_{\text{sp}}(\text{Y}_2\text{X}) = 10^{-(20 \times 2 + 9.2)} = 10^{-49.2}$, $\text{ZX}(\text{s}) + 2\text{Y}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Y}_2\text{X}(\text{s}) + \text{Z}^{2+}(\text{aq})$ 的平衡常数 $K = \frac{c(\text{Z}^{2+})}{c^2(\text{Y}^+)} = \frac{c(\text{Z}^{2+})c(\text{X}^{2-})}{c^2(\text{Y}^+)c(\text{X}^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{ZX})}{K_{\text{sp}}(\text{Y}_2\text{X})} = \frac{10^{-35.2}}{10^{-49.2}} = 10^{14}$, D 正确。

9. A 【解析】 SO_4^{2-} 与 H^+ 不反应, 溶液 pH 变化时, 溶液中硫酸根离子浓度几乎不变, 则含硫酸镧固体的硫酸钠溶液中镧离子的浓度几乎不变, pH 相同时, 溶液中硫酸根离子浓度越大, 镧离子浓度越小, 所以曲线 ① 代表含硫酸镧固体的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸钠溶液的变化曲线, 曲线 ② 代表含硫酸镧固体的 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸钠溶液的变化曲线, 则硫酸镧的溶度积 $K_{\text{sp}}(\text{SrSO}_4) = c(\text{Sr}^{2+})c(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-6.5} \times 1 = 10^{-6.5}$, 温度不变, 溶度积不变, 则溶液 pH 为 6.2 时, 镧离子的浓度为 $\frac{10^{-6.5}}{0.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-5.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $a = -5.5$, A 正确; CO_3^{2-} 与 H^+ 反应, 溶液 pH 减小, 溶液中 CO_3^{2-} 浓度减小, 镧离子浓度增大, pH 相同时, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠溶液中碳酸根离子浓度大于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠溶液中碳酸根离子浓度, 则曲线 ③ 表示含碳酸镧固体的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠溶液的变化曲线, 曲线 ④ 表示含碳酸镧固体的 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碳酸钠溶液的变化曲线, B 错误; 由 A 项分析可知, $K_{\text{sp}}(\text{SrSO}_4) = 1 \times 10^{-6.5}$, 故 $\lg K = \lg \frac{K_{\text{sp}}(\text{SrSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{SrCO}_3)} = 3.1$, C 错误; 结合电荷守恒和元素守恒, 可得浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2SO_4 和 Na_2CO_3 的混合溶液中存在: $c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) = c(\text{OH}^-)$, D 错误。

10. (1) 将黄铁矿粉碎或适当增大空气的进量(其他合理答案均可)
(2) 酸雨
(3) $3 \leq \text{pH} < 4.5$
(4) $3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 6\text{HCN} + 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CaSO}_4$
(5) <
(6) $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 不能
 $K = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)} = \frac{4.9 \times 10^{-5}}{3.4 \times 10^{-9}} \approx 1.44 \times 10^4 < 1 \times 10^5$

【解析】(1) 将黄铁矿粉碎、适当增大空气的进量等措施可使黄铁矿焙烧充分进行, 提高原料的利用率。(2) 气体 A 为能形成酸雨的二氧化硫。(3) 调节酸浸液 pH 的目的是将铁离子转化为氢氧化铁沉淀, 而铜离子、镍离子不转化为氢氧化物沉淀, 由氢氧化铁的溶度积可知, 铁离子完全沉淀时, 溶液

中氢氧根离子浓度应不小于 $\sqrt{\frac{1 \times 10^{-38}}{1 \times 10^{-5}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 溶液 pH 不小于 3, 由氢氧化铜溶度积可知, 溶液中铜离子不产生沉淀时氢氧根离子浓度应小于 $\sqrt{\frac{2 \times 10^{-20}}{0.2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-9.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 溶液 pH 小于 4.5, 由氢氧化镍溶度积可知, 溶液中镍离子开始沉淀的 pH 更大, 则室温时, 调节 pH 的范围为 $3 \leq \text{pH} < 4.5$ 。(4) 转化 2 的目的是向硫酸亚铁溶液中加入石灰乳和氢氰酸, 将亚铁离子转化为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, 反应的离子方程式为 $3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 6\text{HCN} + 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CaSO}_4$ 。(5) 加入氯化钾固体的目的是将 $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 转化为溶解度小的 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 。(6) 滤渣 B 的主要成分是硫酸钙, 微溶的硫酸钙与碳酸钠溶液反应生成难溶的碳酸钙和硫酸钠, 反应的离子方程式为 $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, 反应的平衡常数 $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})c(\text{Ca}^{2+})}{c(\text{CO}_3^{2-})c(\text{Ca}^{2+})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)} = \frac{4.9 \times 10^{-5}}{3.4 \times 10^{-9}} \approx 1.44 \times 10^4 < 1 \times 10^5$, 则该反应正向不能进行完全。

素养提升练(十五) 模型认知——与 K_{sp} 相关的计算

1. 4.5×10^{-17}
【解析】 $K_{\text{sp}}(\text{NiS}) = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})$, Ni^{2+} 恰好完全沉淀时即 $1.4 \times 10^{-24} = 1.0 \times 10^{-5} \times c(\text{S}^{2-})$, 解得 $c(\text{S}^{2-}) = 1.4 \times 10^{-19} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 根据 $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})$, 即 $6.3 \times 10^{-36} = 1.4 \times 10^{-19} \times c(\text{Cu}^{2+})$, 解得 $c(\text{Cu}^{2+}) = 4.5 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
2. 1.8×10^{-6}
【解析】已知: $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$, $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.1 \times 10^{-12}$, 若终点时 $c(\text{CrO}_4^{2-}) = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$$c(\text{Ag}^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-12}}{1.1 \times 10^{-4}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。此时 c(\text{Cl}^-) = \frac{1.8 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-4}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

$$3. 1.17 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【解析】 $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 4.9 \times 10^{-12}$, $c^2(\text{OH}^-) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{c(\text{Mg}^{2+})} = \frac{4.9 \times 10^{-12}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2} = 4.9 \times 10^{-7} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$, $c(\text{OH}^-) = 7 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, NH_3 通入 $0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ MgSO}_4$ 溶液中, Mg^{2+} 恰好完全沉淀时生成硫酸铵, $c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) = 2 \times 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 一水合氨是弱电解质, 电离方程式为 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, $K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{c(\text{OH}^-)c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{7 \times 10^{-4} \times 0.03}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = 1.8 \times 10^{-5}$, 则 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的物质的量浓度为 $\frac{7 \times 10^{-4} \times 0.03}{1.8 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 1.17 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$4. 4.7 \leq \text{pH} < 7.1$$

【解析】 除杂时显然只能除去 Fe^{3+} 和 Al^{3+} , 不能损失 Mn^{2+} , 由题意可知, 室温下, $\text{pH} = 7.1$ 时 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 开始沉淀, 除去 MnSO_4 溶液中的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} , 氢氧化铝完全变成沉淀时的 $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-33} = c(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-)$, $c(\text{Al}^{3+}) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 解得 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-9.3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{pH} = 4.7$; 同理 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 完全变成沉淀时, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-39} = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-)$, $c(\text{Fe}^{3+}) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 解得 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-11.3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-2.7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 pH 为 2.7 , 故 pH 范围是 $4.7 \leq \text{pH} < 7.1$ 。

$$5. 0.01 \times (10^{7.2-14})^2 \text{ 或 } 10^{-5} \times (10^{8.7-14})^2 \quad 3.2 \sim 6.2$$

【解析】 根据 Ni^{2+} 开始沉淀时的 pH 为 7.2 , 可得 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 0.01 \times (10^{7.2-14})^2$; 根据 Ni^{2+} 完全沉淀时的 pH 为 8.7 , 也可得 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 10^{-5} \times (10^{8.7-14})^2$ 。“调 pH ”是为了使 Fe^{3+} 沉淀完全, 根据 Fe^{3+} 完全沉淀时的 pH 为 3.2 可知, $\text{pH} \geq 3.2$; 同时不能使 Ni^{2+} 沉淀, 则 $Q[\text{Ni}(\text{OH})_2] < K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2]$, 则 $c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) < 0.01 \times (10^{7.2-14})^2$, 根据 $c(\text{Ni}^{2+}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 可求得 $c(\text{OH}^-) < 10^{-7.8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 对应 $c(\text{H}^+) > 10^{-6.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} < 6.2$, 则“调 pH ”控制的 pH 范围是 $3.2 \sim 6.2$ 。

6. 是 **【解析】** $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 开始出现沉淀时, 溶液中 $c^3(\text{OH}^-) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Cr}(\text{OH})_3]}{c(\text{Cr}^{3+})} = \frac{6.0 \times 10^{-31}}{3 \times 10^{-5}} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^3 = 2 \times 10^{-26} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^3$, 若 Fe^{3+} 沉淀完全时, $c(\text{Fe}^{3+}) < 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 开始沉淀时溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{1 \times 10^{-39}}{2 \times 10^{-26}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 说明 Fe^{3+} 沉淀完全。

$$7. \text{不会}$$

【解析】 $K_{\text{sp}}(\text{MnCO}_3) = c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$, 当 Mn^{2+} 沉淀完全时, $c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 此时 $c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 10^{-2} \times 1.8 \times 10^{-6} = 1.8 \times 10^{-8} < 2.6 \times 10^{-5}$, 说明不会形成 MgCO_3 沉淀, 故 Mg^{2+} 的存在不会影响 MnCO_3 的纯度。

8. 90 **【解析】** $K_{\text{sp}}(\text{BaMoO}_4) = 4.0 \times 10^{-8}$, $c(\text{MoO}_4^{2-}) = 0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由 $K_{\text{sp}}(\text{BaMoO}_4) = c(\text{MoO}_4^{2-}) \cdot c(\text{Ba}^{2+})$ 得: 当 BaMoO_4 开始沉淀时, $c(\text{Ba}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaMoO}_4)}{c(\text{MoO}_4^{2-})} = \frac{4.0 \times 10^{-8}}{0.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由 $K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Ba}^{2+})$ 得, 此时溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{1 \times 10^{-9}}{10^{-7}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 CO_3^{2-} 的去除率 = $\frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 90\%$ 。

9. Fe^{3+} 恰好沉淀完全时, $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.3 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c^3(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{PO}_4^{3-})$ 值为 $0.01^3 \times (1.3 \times 10^{-17})^2 = 1.69 \times 10^{-40} < K_{\text{sp}}[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$, 因此不会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀

$$10. 1.4 \times 10^4$$

【解析】 $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)} = \frac{4.9 \times 10^{-5}}{3.4 \times 10^{-9}} \approx 1.4 \times 10^4$ 。

$$11. 1.2 \times 10^{-19}$$

【解析】 沉淀后的溶液 $\text{pH} = 6$, 则 $c(\text{OH}^-) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 经阳离子交换树脂后, 测得溶液中 Na^+ 比交换前增加了 $0.055 2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 Na^+ 物质的量浓度增加了 $\frac{0.055 2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.002 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 根据 $\text{Cd}^{2+} + 2\text{NaR} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{CdR}_2$, 可知原溶液中 $c(\text{Cd}^{2+}) = 0.001 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = c(\text{Cd}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 1.2 \times 10^{-19}$ 。

12. D **【解析】** 根据图像, a 点时 AgCl 和 BaSO_4 溶解度相等, 即同体积水溶解的溶质质量相等, 则密度近似相等, A 正确; AgCl 溶解度随温度升高而增大, 即溶解吸热, B 正确; 38°C 时 AgCl 饱和溶液中 AgCl 的物质的量浓度约为 $\frac{3.4 \times 10^{-3} \text{ g}}{143.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 2.37 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 其 $K_{\text{sp}} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) \approx 5.6 \times 10^{-10}$, C 正确; 浓 BaCl_2 溶液足量, 则溶液中 Ag^+ 和 SO_4^{2-} 能完全沉淀, 沉淀质量与二者常温下的溶解度基本相等, 由图像可知, 常温时, AgCl 溶解度较小, 则析出 BaSO_4 沉淀的质量比 AgCl 多, D 错误。

13. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad 4.0 \times 10^{-3}$

【解析】 $0.74 \text{ g Ca}(\text{OH})_2$ 为 0.01 mol , $n(\text{Ca}^{2+}) = 0.01 \text{ mol}$, $n(\text{OH}^-) = 0.02 \text{ mol}$, 溶液体积为 $\frac{(100+0.74) \text{ g}}{1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} \approx 100 \text{ mL}$, 即 0.1 L , 则 $c(\text{OH}^-) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Ca}^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 溶度积 $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0.1 \times 0.2^2 = 4.0 \times 10^{-3}$ 。

14. ① $2\text{HCO}_3^- + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ② $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 溶液中: 生成 FeCO_3 沉淀所需 $c_1(\text{Fe}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{3.2 \times 10^{-11}}{1 \times 10^{-2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 3.2 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀所需 $c_2(\text{Fe}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{5.0 \times 10^{-17}}{(2 \times 10^{-6})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.25 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_1(\text{Fe}^{2+}) \ll c_2(\text{Fe}^{2+})$

【解析】 ①向 NaHCO_3 溶液中滴加少量 FeCl_2 溶液, 产生白色 FeCO_3 沉淀, 还生成气体, 该气体为 CO_2 , 该反应的离子方程式为 $2\text{HCO}_3^- + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

② $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 溶液中: 生成 FeCO_3 沉淀所需 $c_1(\text{Fe}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{3.2 \times 10^{-11}}{1 \times 10^{-2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 3.2 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀所需 $c_2(\text{Fe}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = \frac{5.0 \times 10^{-17}}{(2 \times 10^{-6})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.25 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_1(\text{Fe}^{2+}) \ll c_2(\text{Fe}^{2+})$, 故 NaHCO_3 与 FeCl_2 反应产生的沉淀为 FeCO_3 而不是 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。

15. C **【解析】** 因 AgCl 、 AgBr 、 AgI 的溶度积依次减小, 由图可知, a、b、c 三点所在曲线分别代表 AgCl 、 AgBr 、 AgI 的沉淀溶解平衡曲线, $K_{\text{sp}}(\text{AgBr}) = 10^{-13}$, b 点对应的 $c(\text{Br}^-) = 10^{-6.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 b 点对应的横坐标的数值为 6.5 , A 正确; 向等浓度的 NaBr 、 NaI 的混合溶液中逐滴加入 AgNO_3 溶液, 先生成 AgI 沉淀, B 正确; n 点为 AgBr 的不饱和溶液, 不可能析出 AgBr 沉淀, C 错误; 向 a 点所在曲线对应溶液中加入少量 NaCl 固体, AgCl 的溶解平衡左移, $c(\text{Cl}^-)$ 增大, $c(\text{Ag}^+)$ 减小, 故可使溶液组成由 a 点向 m 点方向移动, D 正确。

素养提升练(十六) 证据推理——电解质溶液的图像分析

1. C **【解析】** pH 增大, 草酸电离平衡正向移动, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的量

一直减小、 HC_2O_4^- 的量先增加后减小、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的量一直增加，故①②③分别为 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 HC_2O_4^- 和 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的变化曲线，A 正确；设 N 点的横坐标为 a ，由 M 点可知， $K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^{-1.2}$ ，由 N 点可知， $K_{a2} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = 10^{-a}$ ，由 P 点可知， $K_{a1}K_{a2} = \frac{c^2(\text{H}^+)c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^{-1.2} \times 10^{-a} = 10^{-2.7 \times 2}$ ，则 $a = 4.2$ ，B 正

确；酸和碱会抑制水的电离，弱酸根离子会促进水的电离，M 点为等量 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 HC_2O_4^- ，P 点主要为 HC_2O_4^- ，N 点为等量 HC_2O_4^- 和 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ，则 N 点对水的电离的促进作用更大，M 点对水电离的抑制作用最大，故水的电离程度： $M < P < N$ ，C 错误；由图可知，N 点 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，根据电荷守恒可知： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，则 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 3c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，此时溶液显酸性， $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，则 $c(\text{Na}^+) < 3c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，D 正确。

2. B 【解析】在末加 NaOH 溶液时，曲线①的分布系数与曲线②的分布系数之和等于 1，且曲线①一直在减小，曲线②在一直增加，说明 H_2A 第一步完全电离，第二步存在电离平衡，即 $\text{H}_2\text{A} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HA}^-$ ， $\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^{2-}$ ，曲线①代表 $\delta(\text{HA}^-)$ ，曲线②代表 $\delta(\text{A}^{2-})$ ，A 错误；由电荷守恒得 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) + c(\text{HA}^-)$ ，滴加 NaOH 溶液体积为 30.00 mL 时，根据元素守恒得 $2c(\text{Na}^+) = 3c(\text{A}^{2-}) + 3c(\text{HA}^-)$ ，联立两式得 $c(\text{HA}^-) + 2c(\text{H}^+) = c(\text{A}^{2-}) + 2c(\text{OH}^-)$ ，B 正确； A^{2-} 的水解常数 $K_h = \frac{c(\text{HA}^-) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{A}^{2-})}$ ，

结合图中 a 点数据可知此时 $c(\text{HA}^-) = c(\text{A}^{2-})$ ， $\text{pH} = 2$ ， $c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $K_h = 1.0 \times 10^{-12}$ ，C 错误；a 点时溶液中存在电荷守恒： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{OH}^-)$ ，此时溶液显酸性，且溶液中不存在 H_2A ，则 $c(\text{Na}^+) < 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-)$ ，D 错误。

3. C 【解析】根据图示， pOH 较小时溶液碱性强，浓度降低的曲线 a 为 $\delta(\text{N}_2\text{H}_4)$ 随 pOH 的变化，随着 pOH 增加，酸性增强， N_2H_4 浓度减小， N_2H_5^+ 浓度逐渐增大，故曲线 b 为 $\delta(\text{N}_2\text{H}_5^+)$ 随 pOH 的变化，曲线 c 为 $\delta(\text{N}_2\text{H}_6^{2+})$ 随 pOH 的变化，A 正确； $\text{pH} = 7$ 时，溶液呈中性，溶液中存在电荷守恒： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{N}_2\text{H}_5^+) + 2c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+}) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$ ，初始溶液中溶质为 $\text{N}_2\text{H}_5\text{Cl}_2$ ，由此可得元素守恒： $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{N}_2\text{H}_5^+) + 2c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+}) + 2c(\text{N}_2\text{H}_4)$ ，两式相加并结合溶液呈中性时 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ 可得 $c(\text{Na}^+) = c(\text{N}_2\text{H}_5^+) + 2c(\text{N}_2\text{H}_4)$ ，B 正确；根据图示，曲线 a、b 的交点 $c(\text{N}_2\text{H}_5^+) = c(\text{N}_2\text{H}_4)$ ，故 N_2H_4 的电离常数 $K_{b1} = \frac{c(\text{N}_2\text{H}_5^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{N}_2\text{H}_4)} = c(\text{OH}^-) = 10^{-6.06}$ ，b、c 的交点

$c(\text{N}_2\text{H}_5^+) = c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+})$ ， $K_{b2} = \frac{c(\text{N}_2\text{H}_5^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+})} = c(\text{OH}^-) = 10^{-9.30}$ ，将 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 100 mL $\text{N}_2\text{H}_5\text{Cl}_2$ 溶液与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 100 mL N_2H_4 溶液混合生成 $\text{N}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ，由其水解平衡常数 $K_h = \frac{K_w}{K_{b1}} = \frac{10^{-14}}{10^{-6.06}} = 10^{-7.94} > K_{b2} = 10^{-9.30}$ ，溶液呈酸性，C 错误； $\text{N}_2\text{H}_6^{2+} + \text{N}_2\text{H}_4 \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{H}_5^+$ 的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{N}_2\text{H}_5^+)}{c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+})c(\text{N}_2\text{H}_4)} = \frac{c(\text{N}_2\text{H}_5^+)}{c(\text{N}_2\text{H}_6^{2+}) \cdot c(\text{OH}^-)} = \frac{c(\text{N}_2\text{H}_5^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{N}_2\text{H}_4)} = \frac{K_{b1}}{K_{b2}} = \frac{10^{-6.06}}{10^{-9.30}} = 10^{3.24}$ ，D 正确。

4. D 【解析】由图可知， 25°C ， $c(\text{HA}^-) = c(\text{H}_2\text{A})$ 时， pH 约为 4，则 H_2A 第一步电离平衡常数 $K_{a1} = \frac{c(\text{HA}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{A})} = c(\text{H}^+) \approx 10^{-4}$ ，A 正确；c 点溶液中溶质为 NaHA 和 Na_2A ，且 $c(\text{HA}^-) = c(\text{A}^{2-})$ ，由电荷守恒可知 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HA}^-) + c(\text{OH}^-) + 2c(\text{A}^{2-})$ ， $\text{pH} = 7$ ， $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，故 $c(\text{Na}^+) = c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) = 3c(\text{HA}^-) = 3c(\text{A}^{2-}) = 2c(\text{HA}^-) + c(\text{A}^{2-})$ ，B 正确；未加 NaOH 溶液时， H_2A 电离出 H^+ ，抑制水的电离，加入 NaOH 溶液，酸逐渐被中和生成盐，对水的抑制程度减弱，生成的 NaHA 、 Na_2A 能水解，促进水的电离，当酸碱恰好中和为 Na_2A ，即 d 点附近 (pH 突变)，对水的电离促进程度最大，故 a、b、c、d 四点溶液中水的电离

程度： $d > c > b > a$ ，C 正确；滴定后溶液呈碱性，应选择酚酞作指示剂，D 错误。

5. D 【解析】 $c(\text{NH}_3)$ 越大， pNH_3 越小， $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 越多，因此 δ_2 代表 $\delta([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ 随 pNH_3 的变化，A 错误；溶液中根据电荷守恒有 $c(\text{H}^+) + c(\text{Ag}^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{NO}_3^-)$ ，根据题意无法得出 $c(\text{H}^+)$ 与 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小，B 错误；向体系中滴入稀硝酸， NH_3 与 H^+ 反应生成 NH_4^+ ， $c(\text{NH}_3)$ 减小， $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的平衡逆向移动， $\delta([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ 减小，C 错误；a 点， $\delta(\text{Ag}^+) = \delta([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ ，则 $K_{\text{不稳}} = \frac{c(\text{Ag}^+) \cdot c^2(\text{NH}_3)}{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)} = 1.0 \times 10^{-7.3}$ ，则对于反应 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ ， $K = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{K_{\text{不稳}}} = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{1.0 \times 10^{-7.3}} = 1.6 \times 10^{-2.7}$ ，D 正确。

6. D 【解析】 $\frac{K_{a1}}{c(\text{H}^+)} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ ， $\frac{K_{a2}}{c(\text{H}^+)} = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ ，因为 $K_{a1} > K_{a2}$ ，所以当 $c(\text{H}^+)$ 相同 (即 pH 相同) 时， $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} > \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ ，即 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} > \lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ ，故直线 a 表示 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 与 pH 的变化关系，直线 b 表示

$\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ 与 pH 的变化关系，A 正确；图像 N 点时，纵坐标 $\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = 0$ ，即 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ ，则 $K_{a2} =$

$\frac{c(\text{H}^+)}{10^{-3.82}}$ ，Q 点的 $c(\text{H}^+)$ 大于 N 点的 $c(\text{H}^+)$ ，则 Q 点的 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，酸性溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 很小，B 正确；N 点溶液中存在电荷守恒： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{OH}^-)$ ，且 N 点溶液中 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ ，可得 $3c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-)$ ，C 正确； $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 第一步水解的离子方程式为 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HC}_2\text{O}_4^- + \text{OH}^-$ ，水解常数 $K_{h1} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ ，根据 N 点 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ ，则 $K_{h1} = c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = \frac{10^{-14}}{10^{-3.82}} = 10^{-10.18}$ ，D 错误。

7. B 【解析】设 HF 的电离平衡常数为 K_a ， $\frac{1}{K_a} = \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)c(\text{F}^-)} = \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)} \times \frac{1}{c(\text{F}^-)}$ ，温度一定， K_a 不变，随 $\lg \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)}$ 增大， F^- 浓度增大， SrF_2 难溶于水， F^- 浓度越大， Sr^{2+} 的浓度越小，所以 L_1 代表 $-\lg c(\text{F}^-)$ 与 $\lg \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)}$ 的变化曲线， L_2 代表

$-\lg c(\text{Sr}^{2+})$ 与 $\lg \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)}$ 的变化曲线，A 错误；溶液中 Sr 、 F 两种元素均由 SrF_2 提供，根据元素守恒，a、c 两点的溶液中均存在 $2c(\text{Sr}^{2+}) = c(\text{F}^-) + c(\text{HF})$ ，B 正确；根据图像可知， $\lg \frac{c(\text{HF})}{c(\text{H}^+)} = 1$ 时， $-\lg c(\text{F}^-) = 2.2$ ， $K_a(\text{HF}) = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{F}^-)}{c(\text{HF})} = 0.1 \times 10^{-2.2} = 10^{-3.2}$ ， $K_a(\text{HF})$ 的数量级为 10^{-4} ，C 错误；根据电荷守恒， $2c(\text{Sr}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{F}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$ ，c 点 $c(\text{Sr}^{2+}) = c(\text{F}^-)$ ，由 B 项分析可知 $c(\text{F}^-) = c(\text{HF}) = c(\text{Sr}^{2+})$ ，则 c 点时 $c(\text{H}^+) = K_a = 10^{-3.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\text{pH} = 3.2$ ，溶液呈酸性， $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，所以 $c(\text{Sr}^{2+}) < c(\text{Cl}^-)$ ，D 错误。

8. C 【解析】滴定时先后发生反应 $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{A} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{NaH}_2\text{A}$ 、 $\text{NaOH} + \text{NaH}_2\text{A} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{HA}$ 、 $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_3\text{A}$ ，则在滴定过程中， pH 逐渐增大， $\lg c(\text{H}_3\text{A})$ 逐渐减小， $\lg c(\text{H}_2\text{A}^-)$ 先增大后减小， $\lg c(\text{HA}^{2-})$ 先增大后减小， $\lg c(\text{A}^{3-})$ 增大，则曲线①代表 H_2A^- ，曲线②代表 H_3A ，曲线③代表 A^{3-} ，曲线④代表 HA^{2-} ，A 正确；当 $c(\text{H}_2\text{A}^-) = c(\text{HA}^{2-})$ 时， $\text{pH} = 7.12$ ，则 H_3A 的 $K_{a2} = \frac{c(\text{HA}^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{A}^-)} = c(\text{H}^+) = 10^{-7.12}$ ，B 正确；当 $\frac{V(\text{NaOH})}{V(\text{H}_3\text{A})} = 2$ 时，得到 Na_2HA 溶液此时溶液 $\text{pH} = 9.67$ ，呈碱性，则 $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$ ， $c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) < 0 < 2c(\text{H}_3\text{A})$ ，C 错

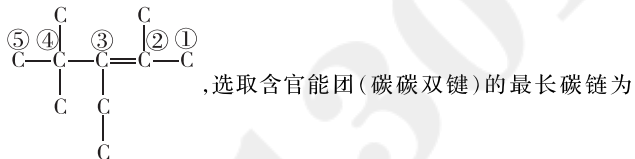
误;D点 $\frac{V(\text{NaOH})}{V(\text{H}_3\text{A})} = 1.5$,由元素守恒可知 $c(\text{Na}^+) = 1.5c(\text{H}_2\text{A}^-) + 1.5c(\text{HA}^{2-}) + 1.5c(\text{A}^{3-}) + 1.5c(\text{H}_3\text{A})$,F点 $\frac{V(\text{NaOH})}{V(\text{H}_3\text{A})} = 2.5$,由元素守恒可知 $c(\text{Na}^+) = 2.5c(\text{H}_2\text{A}^-) + 2.5c(\text{HA}^{2-}) + 2.5c(\text{A}^{3-}) + 2.5c(\text{H}_3\text{A})$,D、F 两点之间的某一点有: $c(\text{Na}^+) = \frac{7}{4}[c(\text{H}_2\text{A}^-) + c(\text{HA}^{2-}) + c(\text{A}^{3-}) + c(\text{H}_3\text{A})]$,D 正确。

9. C 【解析】由题干信息可知, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] > K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$,加碱后溶液中 Cu^{2+} 先沉淀, Fe^{2+} 后沉淀,又 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的组成相似,二者的 pM 随 pH 的变化关系曲线应是平行线,①代表 $\text{pc}(\text{Cu}^{2+})$ 随 pH 的变化关系,②代表 $\text{pc}(\text{Fe}^{2+})$ 随 pH 的变化关系,③代表 $\text{p}\frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)}$ 随 pH 的变化关系,B 正确; $\text{pc}(\text{Cu}^{2+}) = 0$ 时, $c(\text{Cu}^{2+}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 4.2$, $c(\text{H}^+) = 10^{-4.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{OH}^-) = \frac{10^{-14}}{10^{-4.2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-9.8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 1 \times (10^{-9.8})^2 = 10^{-19.6}$,同理, $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 1 \times (10^{-7.5})^2 = 10^{-15}$; $\text{p}\frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)} = 0$ 时, $\text{pH} = 5.0$,此时 HX 的电离平衡常数为 $K_{\text{a}} = \frac{c(\text{X}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HX})} = c(\text{H}^+) = 10^{-5}$,A 正确;根据 A 项分析, $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 10^{-19.6}$,调节溶液的 $\text{pH} = 6.0$ 时, $c(\text{OH}^-) = 10^{-(14-6)} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{10^{-19.6}}{(10^{-8})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-3.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} > 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Cu^{2+} 沉淀不完全,不能将工业废水中的 Cu^{2+} 沉淀完全,C 错误;由图可知,a 点时 $\text{pc}(\text{Fe}^{2+}) = \text{p}\frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)}$,即 $-\lg c(\text{Fe}^{2+}) = -\lg \frac{c(\text{HX})}{c(\text{X}^-)}$, $-\lg \frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_2]}{c^2(\text{OH}^-)} = -\lg \frac{c(\text{H}^+)}{K_{\text{a}}}$,解得 $c(\text{H}^+) = 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$,根据电荷守恒, $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{X}^-)$ 可得, $c(\text{Na}^+) > c(\text{X}^-)$,则溶液中 $c(\text{Na}^+) > c(\text{X}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$,D 正确。

第 39 讲 认识有机化合物

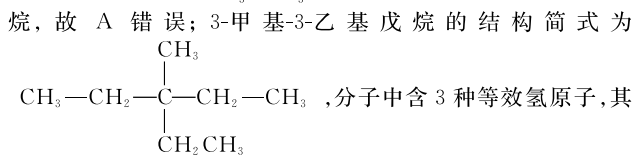
1. D 【解析】羟基和苯环直接相连,这类有机物属于酚类,A 错误;该有机物不含苯环,属于脂环烃,B 错误;该有机物含有苯环,且仅含有 C、H 两种元素,属于芳香烃,C 错误;分子式为 C_4H_{10} ,属于链状烷烃,属于链状化合物,D 正确。

2. B 【解析】可将键线式转换为碳的骨架形式:

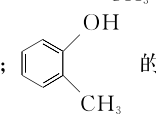


主链,从靠近官能团的一端(即右端)进行编号,最后按命名规则正确书写名称,B 项正确。

3. B 【解析】 $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3$ 的名称为 2,3-二甲基丁烷,故 A 错误;3-甲基-3-乙基戊烷的结构简式为



$\text{CH}_3\text{CHCH}=\text{CH}_2$ 的名称为 3-甲基-1-丁烯,故 C 错误;

 的名称应为 2-甲基苯酚或邻甲基苯酚,故 D 错误。

4. B 【解析】 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$ 含酚羟基,酚羟基与甲基位于苯环的对位,因此名称为对甲基苯酚,含有氧元素,属于芳香

族化合物,不是芳香烃,A 错误;

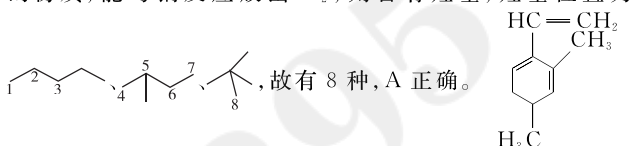
 为烷烃,选择最长碳链为主链,离取代基近的一端编号得到正确命名为 2,2,3-三甲基戊烷,B 正确;

 为一元醇,正确命名应为 2-丁醇,C 错误; $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_3$ 中含有碳碳双键的最长碳链有 5 个碳原子,正确命名应为 2,3-二甲基-1-戊烯,D 错误。

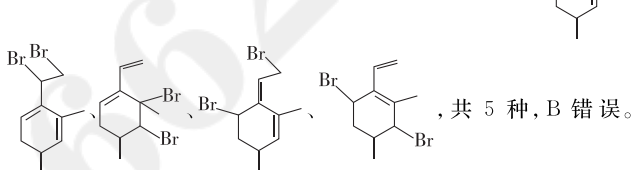
5. B 【解析】乙烷的一氯代物有 1 种,二氯代物有 2 种,A 项错误;正戊烷的一氯代物有 3 种,二氯代物有 9 种,B 项正确;正丁烷的一氯代物有 2 种,二氯代物有 6 种,C 项错误;丙烷的一氯代物有 2 种,二氯代物有 4 种,D 项错误。

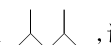
6. C 【解析】a 含有碳碳双键,能够使溴的 CCl_4 溶液褪色,而 b 不可以,A 正确;b 和 d 的分子式均为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$,结构不同,互为同分异构体,B 正确;c 只有一种等效氢原子,其一氯化物只有 1 种,C 错误;d 分子中含有羟基,可以发生取代反应,含有碳碳双键,可以发生加聚反应,D 正确。

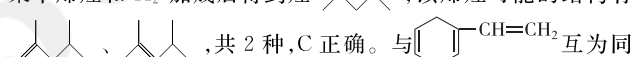
7. B 【解析】醇可以和钠发生反应生成氢气,分子式为 $\text{C}_3\text{H}_{12}\text{O}$ 的物质,能与钠反应放出 H_2 ,则含有羟基,羟基位置为



与等量的 Br_2 发生加成反应,可能生成的产物有



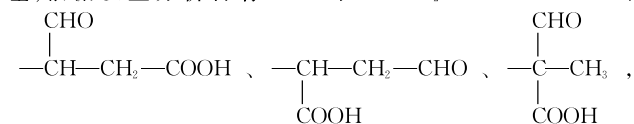
某单烯烃和 H_2 加成后得到烃  ,该烯烃可能的结构有



分异构体的芳香族化合物,则含苯环,此外含有 1 个 C、1 个 O,若为 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CH}_3$ 2 个取代基,则有邻间对 3 种;若为 1 个取代基可以为 $-\text{OCH}_3$ 、 $-\text{CH}_2\text{OH}$ 这 2 种,共有 5 种,D 正确。

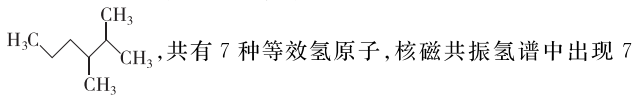
8. C 【解析】①苯环上有两个取代基,且苯环上的一溴代物只有 2 种,说明两个取代基在对位;②能发生银镜反应,说明含有醛基;③与碳酸氢钠溶液反应可生成使澄清石灰水变浑浊的气体,含有羧基;④与 FeCl_3 溶液发生显色反应,含有酚羟基;

基;根据以上分析含有 $-\text{OH}$ 和 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CHO})-\text{COOH}$ 、



因此共 4 种结构。

9. D 【解析】区别晶体与非晶体最科学的方法是对固体进行 X 射线衍射实验,A 正确;2,3-二甲基己烷的结构简式为



组峰,B 正确;提纯苯甲酸可采用重结晶的方法,主要步骤有加热溶解、趁热过滤、冷却结晶、过滤、洗涤等,C 正确;元素分析只能确定元素种类,而红外光谱确定分子结构,两种方法无法确定分子式,D 错误。

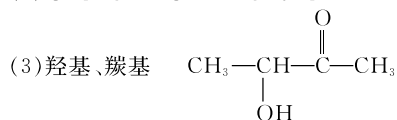
10. C 【解析】由流程可知,苯甲醛与 KOH 反应生成苯甲醇、苯甲酸钾,然后加水、乙醚萃取苯甲醇,则乙醚溶液中含苯甲醇,所以操作 I 是萃取分液,A 正确;由流程可知,操作 II 是分离乙醚和苯甲醇,根据乙醚、苯甲醇的沸点不同,用蒸馏法分离乙醚和苯甲醇,B 正确;水溶液中含苯甲酸钾,加盐酸发生强酸制取弱酸的反应,生成苯甲酸,苯甲酸的溶解度小,生成苯甲酸沉淀,通过操作 III 过滤得到的产品乙是苯甲酸,C 错误;由流程可知,白色糊状物中含有苯甲醇和苯甲酸钾,苯

甲醇易溶于乙醚,苯甲酸钾是盐、易溶于水,所以乙醚溶液中所溶解的主要成分是苯甲醇,D正确。

11. A 【解析】根据球棍模型判断,含有8种不同化学环境的H原子,A项正确;该有机物中不含苯环,所以不属于芳香族化合物,B项错误;根据该有机物的球棍模型判断Et为乙基,C项错误;根据球棍模型可知,该物质的分子式是 $C_5H_{12}O_4$,D项错误。

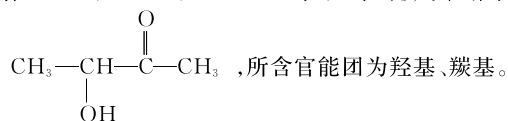
12. (1)蒸馏烧瓶 仪器B

(2)① C_2H_4O ②88 $C_4H_8O_2$



【解析】(1)球形冷凝管一般用于冷凝回流装置中,故虚线框内应选仪器B。(2)①根据M中碳、氢元素的质量分数确定氧元素的质量分数为 $w(O)=100\%-54.5\%-9.1\%=36.4\%$,分子内各元素原子的个数比 $N(C):N(H):N(O)=\frac{54.5\%}{12}:\frac{9.1\%}{1}:\frac{36.4\%}{16}\approx 2:4:1$,其实验式为 C_2H_4O 。

②M的相对分子质量为 $2\times 44=88$,设分子式为 $(C_2H_4O)_n$,则 $44n=88,n=2$,则M的分子式为 $C_4H_8O_2$ 。(3)根据核磁共振氢谱图中有4组峰,说明分子中含有4种不同化学环境的氢原子,且个数比为1:3:1:3,结合红外光谱图所示含有C—H、H—O、C=O等化学键,其结构简式为



第40讲 烃

1. D 【解析】烷烃分子中碳原子均形成4个键,杂化轨道数为4,均采用 sp^3 杂化轨道成键,A正确;碳碳三键含1个 σ 键、2个 π 键,B正确;苯环中碳原子采用 sp^2 杂化轨道成键,6个碳原子上未参与成键的p电子形成一个 π 键,C正确;甲苯分子中,苯环上的碳原子都采用 sp^2 杂化,但甲基上的碳原子采用 sp^3 杂化,D错误。

2. B 【解析】乙烯使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色是因为发生了氧化反应,A项错误;丙烯和氯气在一定条件下反应生成 $CH_2=CHCH_2Cl$,丙烯中甲基上的氢原子被氯原子取代,属于取代反应,乙烷和氯气光照下发生取代反应,B项正确;己烷与溴水混合时溴水褪色是因为发生了萃取,未发生氧化反应,C项错误;乙烯生成聚乙烯发生了加聚反应,而氨基酸生成蛋白质发生了缩聚反应,D项错误。

3. B 【解析】由题干实验装置图可知,装置I为制备乙烯的发生装置, $C_2H_5OH \xrightarrow[170^\circ C]{\text{浓硫酸}} CH_2=CH_2 \uparrow + H_2O$,由于此过程中可能发生乙醇脱水碳化,然后碳将浓硫酸还原为 SO_2 ,乙醇和 SO_2 均能使酸性高锰酸钾溶液褪色,故装置II用于除去乙烯中的 SO_2 和乙醇,可为NaOH溶液,装置III检验乙烯的还原性,装置IV检验乙烯的加成性质。由分析可知,I中烧瓶内应控制液体温度为 $170^\circ C$,A错误;II中液体为氢氧化钠溶液,吸收乙醇和 SO_2 、 CO_2 气体,以免干扰实验,B正确;III和IV中溶液均褪色,但前者属于氧化还原反应,后者属于加成反应,即其褪色原理不相同,C错误;由于乙烯的密度与空气的密度非常接近,故收集乙烯不可采用排空气法,D错误。

4. A 【解析】a有两种化学环境不同的氢原子,一氯代物只有两种,A正确;分子式为 C_4H_4 的物质还有等,B错误;b不含碳碳双键和碳碳三键,不可与溴水发生加成反应,C错误;碳碳三键两端原子在同一直线,碳碳双键两端的原子共面,c中所有原子处于同一平面上,D错误。

5. D 【解析】根据双环戊二烯的键线式可知其分子式为 $C_{10}H_{12}$,A正确;双环戊二烯和环戊二烯中均含有碳碳双键,因此均能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色,B正确;环戊二烯的等效氢原子有3种,其一氯代物有3种,C正确;环戊二烯中含有1个“ $-CH_2-$ ”结构,不可能所有原子都共平面,D错误。

6. B 【解析】苯环上氢原子被链状烷基取代得到的物质称为苯的同系物。①属于芳香烃,是苯的同系物;②属于芳香烃,但侧链不是烷基,不属于苯的同系物;③中含硝基,不属于芳香烃;④中含酚羟基,不属于芳香烃;⑤属于芳香烃,但含两个苯

环,不属于苯的同系物;⑥属于芳香烃,是苯的同系物;②⑤符合题意,故选B。

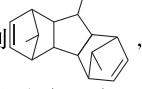
7. D 【解析】根据结构简式可知,2-苯基丙烯的分子式为 C_9H_{10} ,选项A错误;含有与3个碳原子直接相连的饱和碳原子,所有碳原子不可能都在同一平面,选项B错误;两者都有碳碳双键,所以二者均可发生加聚反应和氧化反应,但不能发生缩聚反应,选项C错误;因2-苯基丙烯分子中含有5种等效氢原子,则其一氯代物有5种,选项D正确。

8. C 【解析】反应①为苯的取代,反应条件为液溴、溴化铁作催化剂,故A错误;化合物M的分子式为 C_6H_{12} ,化合物L的分子式为 C_6H_{10} ,不满足同系物的定义,两者不互为同系物,故B错误;化合物K为溴苯,溴苯的密度比水大,苯的密度比水小,用蒸馏水可鉴别苯和溴苯,故C正确;化合物L中有碳碳双键,能发生加成反应,其他饱和碳原子上的氢原子也可以发生取代反应,故D错误。

9. B 【解析】n中双键的一侧连接的原子均为H,不存在顺反异构,A错误。m、n、p中均含有不饱和键,能发生加成反应,含有一 CH_3 也能发生取代反应,B正确。由p分子的结构可知,p中不存在手性碳原子,C错误。p分子中,苯环的6个碳原子和取代基中与苯环连接的碳原子一定共平面,其他原子可能共平面;与苯环连接的碳原子和苯环上连接的碳原子,以及取代基的对位碳原子在同一条直线上;p分子中在同一平面上与在同一条直线上的碳原子数目最多分别为9、3,D错误。

10. B 【解析】化学反应 $Br_2 + FeBr_3 \rightleftharpoons FeBr_4^- + Br^+$,产物中没有新的单质生成,故A错误;单质溴易溶于四氯化碳,因此装置乙能吸收反应过程中挥发出来的溴蒸气,故B正确;装置甲中生成溴苯的化学方程式为 + $Br_2 \xrightarrow{FeBr_3}$  + $HBr \uparrow$,故C错误;装置丙中导管口有白雾生成,溶液中有淡黄色沉淀生成,故D错误。

11. C 【解析】根据反应历程可知,①②③为断裂旧化学键,为吸热过程, $\Delta H > 0$,④⑤⑥为新化学键的形成,为放热过程, $\Delta H < 0$,故A正确;根据信息可知,(A)的稳定性大于(B),物质越稳定所含能量越低,故光照条件下,得到等量的(A)和(B)时,生成(B)时需要能量更多,③需要消耗更多能量,故B正确;产物(C)和(D)物质的量之比为14.5:1,每产生1 mol(D),生成14.5 mol(C),总共消耗氯气 $(14.5+1) \text{ mol} = 15.5 \text{ mol}$,同时生成15.5 mol HCl,故C错误;产物(C)和(D)物质的量之比为14.5:1,则光照条件下,氯原子更容易取代含H较少的碳原子上的H,故D正确。

12. C 【解析】是物质A的结构简式,A项错误;物质A与 Cl_2 发生加成反应,最多可以得到3种加成产物,B项错误;3分子发生已知信息的反应,可得到,C项正确;物质A在一定条件下可以发生加成聚合反应,D项错误。

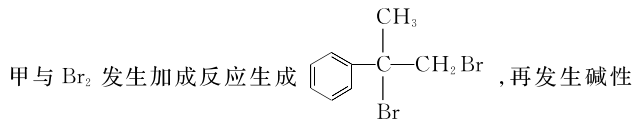
13. D 【解析】由题中信息可知,M和N均属于二异丙基萘,两者分子式相同,但是其结构不同,故二者互为同分异构体,二者不互为同系物,A错误;萘分子中的10个碳原子是共面的,由于单键可以旋转,异丙基中最多可以有2个碳原子与苯环共面,因此,M分子中最多有14个碳原子共平面,B错误;N分子中有5种不同化学环境的H,因此其一溴代物有5种,C错误;萘分子中有8个H,但是只有两种不同化学环境的H(分别用 α 、 β 表示,其分别有4个),根据定一议一法可知,若先取代 α ,则取代另一个H的位置有7个,然后先取代1个 β ,再取代其他 β ,有3种,因此,萘的二溴代物有10种,D正确。

第41讲 烃的衍生物(一) 卤代烃 醇 酚 醛和酮

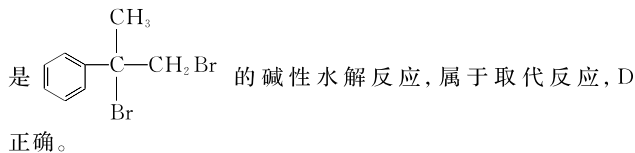
1. C 【解析】与酸性高锰酸钾溶液发生反应,得到的产物中含有羧基、碳溴键两种官能团,①错误;与水在酸性条件下发生加成反应,得到的产物中含有羟基、碳溴键两种官能团,②错误;与NaOH的乙醇溶液共热,发生消去反应,形成的产物中只含有碳碳双键一种官能团,③正确;与HBr发生加成反应,形成的产物中只含有碳溴键一种官能团,④正确。
2. B 【解析】试管①中1-溴丙烷和NaOH的醇溶液加热发生消去反应生成丙烯和NaBr,但过量的氢氧化钠与 $AgNO_3$ 反

应产生 Ag_2O 棕褐色沉淀,会干扰实验,因此向反应后的①试管中加入少量的 AgNO_3 溶液无法验证是否发生消去反应,A 正确;由于所用试剂中有醇,醇有一定的挥发性,醇也能使酸性高锰酸钾溶液褪色,若②中试剂改为酸性高锰酸钾溶液,醇和丙烯均能使酸性高锰酸钾溶液褪色,因此观察到溶液褪色,不能说明①中发生的是消去反应,B 错误;溴的 CCl_4 溶液褪色,说明生成了不饱和烃,则①试管中一定发生了消去反应,C 正确;②中溴的 CCl_4 溶液褪色,是因为生成物丙烯和溴发生了加成反应,D 正确。

3. B 【解析】甲中含有碳碳双键,丙中含有一 CH_2OH ,都能被酸性 KMnO_4 溶液氧化,A 正确;由转化关系可知,反应(1)是



水解生成丙,B 错误;甲含有碳碳双键,可与溴的四氯化碳溶液发生加成反应而使溶液褪色,而丙则不能,C 正确;反应(2)



4. C 【解析】W 中苯环侧链含有乙基,能使酸性高锰酸钾溶液褪色,X 中含有碳碳双键,能使酸性高锰酸钾溶液褪色,A 正确; $\text{M} \rightarrow \text{X}$ 是卤代烃的消去反应,在 NaOH 醇溶液、加热的条件下发生,B 正确; $\text{X} + \text{Y} \rightarrow \text{Z}$ 的反应是 X 中碳碳双键的加成,属于加成反应,C 错误;Y 是对称的结构,共有 4 种化学环境不同的 H 原子,核磁共振氢谱有 4 组峰,D 正确。

5. D 【解析】乙醇与水互溶,不能通过分液的方法获得无水乙醇,可通过加生石灰然后蒸馏的方法从 75% 乙醇溶液中分离得到无水乙醇,故 A 错误;乙醇和乙酸制备乙酸乙酯时,先向试管中加入无水乙醇,再加入浓硫酸和乙酸,故 B 错误;将热的铜丝伸入装有无水乙醇的试管中生成乙醛,故 C 错误;乙醇能降低 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 的溶解度,向 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 溶液中加入无水乙醇可得到 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体,故 D 正确。

6. B 【解析】同系物是指结构相似,在分子组成上相差一个或若干个 CH_2 原子团的化合物,A 错误;与浓溴水反应时, Br_2 与酚羟基的邻、对位发生取代反应,B 正确;醇羟基、酚羟基都能与 Na 反应,故 1 mol 该有机化合物与足量 Na 反应生成 1 mol H_2 ,C 错误;酚羟基与 NaOH 反应,醇羟基与 NaOH 不反应,故 1 mol 该有机化合物能与 1 mol NaOH 反应,D 错误。

7. D 【解析】该有机物分子中含有酚羟基,能发生氧化反应、取代反应,A 正确;该有机物分子中含有酚羟基,具有酚的性质,遇 FeCl_3 溶液发生显色反应,B 正确;该有机物中苯环上的碳原子,其价层电子对数都为 3,杂化方式为 sp^2 ,饱和碳原子的价层电子对数为 4,发生 sp^3 杂化,C 正确;1 个该物质的分子中,4 个酚羟基都能与 NaOH 发生反应,则 1 mol 该物质最多消耗 4 mol NaOH ,D 错误。

8. C 【解析】浓硫酸密度大于浓硝酸,“混酸”混合操作步骤是将浓硫酸慢慢地加入浓硝酸中,并及时搅拌冷却至室温,故 A 正确;硝酸不稳定,加热易分解,控制反应温度不超过 30°C 的主要原因是避免硝酸分解或挥发,同时避免副反应发生,故 B 正确;2-硝基-1,3-苯二酚的沸点为 88°C ,水蒸气蒸馏中,2-硝基-1,3-苯二酚从三颈烧瓶中蒸馏出来,故 C 错误;羟基的邻位、对位易发生硝化反应,按上述步骤合成产物的主要目的是防止硝基取代间苯二酚羟基对位上的氢原子,故 D 正确。

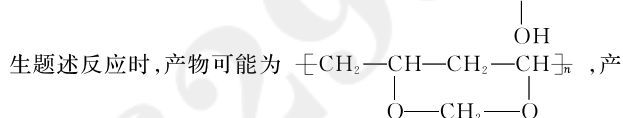
9. D 【解析】含有醛基,属于醛类,由结构简式可知其分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$,A 正确;含有一 CHO ,故能发生银镜反应,能与新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 发生反应,B 正确;醛基和碳碳双键都能与氢气发生加成反应,故催化加氢时,1 mol A 最多消耗 2 mol H_2 ,C 正确;A 中含有碳碳双键和醛基,溴水可将一 CHO 氧化生成一 COOH ,故加入溴水,不能检验碳碳双键,D 错误。

10. C 【解析】由结构简式可知,炔丙醇酮 R 的分子式为 $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$,A 错误。由结构简式可知,炔丙醇酮 R 分子中碳碳双键和碳碳三键能与溴发生加成反应,则 1 mol R 最多能与 3 mol 溴发生加成反应,B 错误。炔丙醇酮 R 的同分异构体中含一个

苯环且能与碳酸氢钠溶液反应产生二氧化碳,说明同分异构体分子中含有羧基,若苯环上只有 1 个取代基,可以视为丙酸分子中烷基上的氢原子被苯环取代所得结构,共有 2 种;若苯环上有 2 个取代基,同分异构体的结构可以视为乙苯分子中苯环上的氢原子被羧基取代所得结构,共有邻、间、对 3 种,也可以视为甲苯苯环上的氢原子被一 CH_2COOH 取代所得结构,共有邻、间、对 3 种;若苯环上有 3 个取代基,同分异构体的结构可以视为邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯分子中苯环上的氢原子被羧基取代所得结构,共有 6 种,则符合条件的同分异构体共有 14 种,C 正确。由结构简式可知,炔丙醇酮 R 分子中不含有酯基和卤素原子,不能发生水解反应,D 错误。

11. C 【解析】A 结构中有酚羟基,酚羟基遇到氯化铁溶液会发生显色反应,故 A 正确;反应 I 是 A 中酚羟基的对位与醛基发生了加成反应,反应 II 是 B 中的醇羟基被氧化为羰基,发生的是氧化反应,故 B 正确;B 中能和 NaOH 发生反应的只有酚羟基和羧基,1 mol 物质 B 最多能与 2 mol NaOH 反应,故 C 错误;香兰素中苯环和醛基上的 C 原子都采用 sp^2 杂化,饱和 C 原子采用 sp^3 杂化,所以香兰素中碳原子有两种杂化方式,故 D 正确。

12. A 【解析】加入干燥剂除去生成物水可提高醛或酮的平衡转化率, H^+ 是催化剂,增加 H^+ 的浓度,不能提高醛或酮的平衡转化率,A 错误;甲醛和聚乙烯醇($-\text{CH}_2-\text{CH}-$)发



物中可含有六元环结构,B 正确;根据反应机理可知,总反应



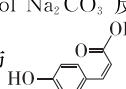
正确;根据反应机理,在有机合成中,将醛转化为缩醛可保护醛基不被氧化,缩醛再与水反应可恢复醛基,D 正确。

第 42 讲 烃的衍生物(二) 羧酸 羧酸衍生物

1. B 【解析】酯化反应的原理是酸脱羟基醇脱氢,A 项正确;题图中为 sp^2 杂化轨道和 s 轨道成键,即 sp^2-s ,甲醇分子中 C 为 sp^3 杂化,C—H 应为 sp^3-s ,B 项错误;增大 $\frac{n(\text{乙酸})}{n(\text{甲醇})}$ 相当于增加甲醇的同时增加乙酸浓度,平衡正向移动,甲醇转化率增大,C 项正确;浓硫酸是该反应的催化剂,能加快反应速率,加热升温也能加快反应速率,D 项正确。

2. D 【解析】硬脂酸($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$)与软脂酸($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$)均属于饱和脂肪酸,A 正确;亚油酸($\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$)为不饱和酸,在一定条件下可与氢气发生加成反应生成硬脂酸,B 正确;食用油含油酸等不饱和脂肪酸的甘油酯,在空气中久置易变质,C 正确;高级脂肪酸和丙三醇酯化得到的产物是油脂,D 错误。

3. A 【解析】与乙酸乙酯互为同分异构体的酯类化合物有甲酸丙酯、甲酸异丙酯和丙酸甲酯,共有 3 种,A 项正确;反应①为取代反应,②③为加成反应,B 项错误;乙醇、乙醛两种无色液体都能与酸性高锰酸钾溶液反应,不能鉴别,C 项错误;乙酸分子中碳氧双键形成一个平面,共平面原子最多有 6 个,D 项错误。

4. C 【解析】该有机物含碳碳双键、羟基和羧基 3 种官能团,因此可以发生加聚反应、缩聚反应、还原反应,A 项正确;1 mol 该化合物可以与 1 mol Br_2 发生加成反应,酚羟基的邻位氢原子还可以与 2 mol Br_2 发生取代反应,B 项正确;该有机物中含有酚羟基和羧基,1 mol 该化合物最多与 2 mol Na_2CO_3 反应,C 项错误;由碳碳双键两端的基团可知,X 与  互为顺反异构体,D 项正确。

5. B 【解析】该化合物含有苯环,含有碳碳三键,都能和氢气发生加成反应,因此该物质能发生加成反应,A 正确;该物质含有羧基和 ,因此 1 mol 该物质最多能与 2 mol

NaOH 反应, B 错误;该物质含有碳碳三键,因此能使溴水和酸性 KMnO_4 溶液褪色, C 正确;该物质含有羧基,因此能与氨基酸和蛋白质中的氨基反应, D 正确。

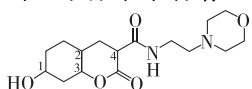
6. D 【解析】两者所含羟基官能团个数不同,不属于同系物, A 错误;两者的物质的量不确定,不能确定加成反应所需氢气的物质的量, B 错误;去甲肾上腺素比多巴胺多一个氧原子,相对分子质量多 16, C 错误;两者均只有酚羟基与 NaOH 反应, 1 mol 两物质中均含 2 mol 酚羟基,消耗 2 mol NaOH, D 正确。

7. D 【解析】由结构简式可知该结构中苯环存在对称轴,苯环上有 2 种不同化学环境的氢原子,苯环上一溴代物有 2 种, A 正确;该分子存在甲基,呈四面体结构,所有原子不可能共面, B 正确;该分子中含有酚羟基,能与 NaOH 反应,含有

—C(=O)—NH— ,在酸性或碱性条件下能发生水解, C 正确;该分子中含有苯环,能发生加成反应, D 错误。

8. D 【解析】由题干有机物结构简式可知,分子中含有酚羟基而不是醇羟基,故不属于芳香醇, A 错误;二肽是指由两分子氨基酸通过脱水后形成的物质,由题干有机物结构简式可知,该分子不是由氨基酸反应转化得到的,故不是一种二肽, B 错误;处方药的标识是“R”,“OTC”是非处方药的标识, C 错误;由题干有机物结构简式可知,分子中含有 1 个酚羟基和 1 个酰胺基,故 1 mol M 理论上消耗 2 mol NaOH, D 正确。

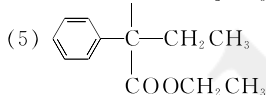
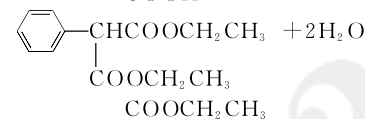
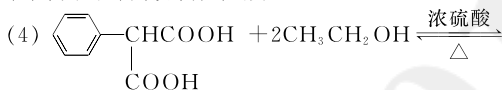
9. B 【解析】由题干有机物结构简式可知,1 mol X 中含有 1 mol 酚羟基、1 mol 羧基和 1 mol 酚酯基,故最多能与 4 mol NaOH 反应, A 错误;同时连有 4 个互不相同的原子或原子团的碳原子为手性碳原子,故荧光探针与足量 H_2 加成所得产物的 1 个分子中含有 4 个手性碳原子,如图中数字所示:

 , B 正确;由题干有机物结构简式可知,荧光探针中含有酚羟基,故其不能发生消去反应, C 错误;由题干有机物结构简式可知,和溴水反应时,分子中酚羟基的邻位两个 H 可被取代,碳碳双键能与 Br_2 发生加成,故 1 mol 荧光探针最多能消耗 3 mol Br_2 , D 错误。

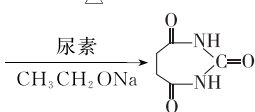
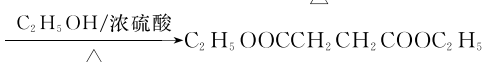
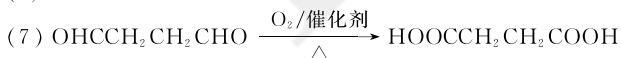
10. (1) 甲苯

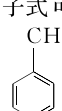
(2) $\text{Cl}_2/\text{光}$ 取代反应

(3) 氯原子(或碳氯键)、羧基



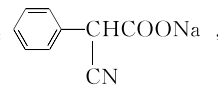
(6) 9

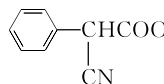


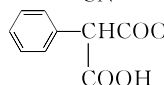
【解析】由 A 的分子式可知 A 为  ,对比 A 和 B 的分子式可知 A 到 B 发生取代反应,结合 C 的结构可知 B 为  ;B 中的 —Cl 被 —CN 取代生成 C, C 中 —CN 发生

水解生成 D, D 中亚甲基上的 1 个 H 被 Cl 取代生成 E, E 为

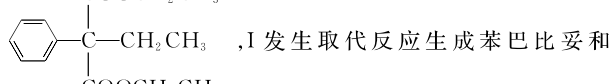


发生“已知”反应生成 

 发生水解、酸化生成 G, G 为

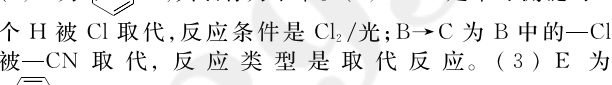


巴比妥的结构可知 H 和溴乙烷发生取代反应生成 I, I 为

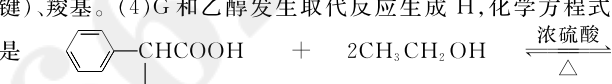


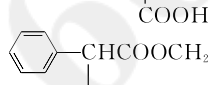
乙醇。

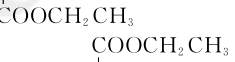
(1) A 为  ,其名称为甲苯。(2) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 是苯环侧链的 1 个 H 被 Cl 取代,反应条件是 $\text{Cl}_2/\text{光}$; $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 为 B 中的 —Cl 被 —CN 取代,反应类型是取代反应。(3) E 为



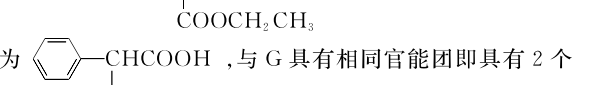
键)、羧基。(4) G 和乙醇发生取代反应生成 H,化学方程式是



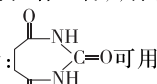


构简式为 

(6) 化合物 G 的结构简式

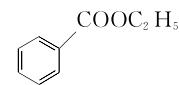
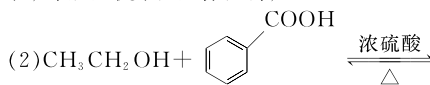


—COOH :若有 1 个取代基,没有符合条件的同分异构体;若有 2 个取代基,分别为 —COOH 、 $\text{—CH}_2\text{COOH}$,共邻、间、对 3 种;若有 3 个取代基(—COOH 、 —COOH 、 —CH_3),共有 6 种(2 个 —COOH 处于邻位有 2 种,2 个 —COOH 处于间位有 3 种,2 个 —COOH 处于对位有 1 种),符合要求的共有

3+6=9 种。(7)逆合成分析:

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ 和尿素合成, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ 由 $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 和乙醇合成, $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 由丁二醛合成。

11. (1) 冷凝回流(水和有机物)



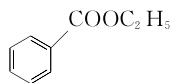
(3) 提高苯甲酸的转化率或苯甲酸乙酯的产率

(4) 分水器的内层高度不再发生变化

(5) 蒸馏烧瓶 (6) ab (7) 212.0 (8) 84%

【解析】(1) 仪器 A 是球形冷凝管,其作用是冷凝回流。(2) 乙醇和苯甲酸发生酯化反应制取苯甲酸乙酯,反应的化学方





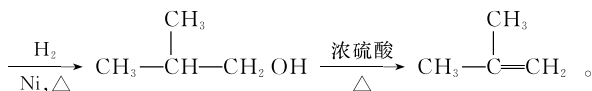
+ H₂O。(3)由于酯化反应是可逆反应,

所以实验时使用过量乙醇的目的是提高苯甲酸的转化率或苯甲酸乙酯的产率。(4)由于分水器的“分水”原理是冷凝液在分水器中分层,上层有机层从支管处流回烧瓶,下层水层从分水器下口放出,所以反应结束的标志是分水器内水层高度不再发生变化。(5)根据仪器构造可知 D 的名称是蒸馏烧瓶。(6)根据乙酸乙酯制备实验中饱和碳酸钠溶液的作用可判断加入 Na₂CO₃ 溶液的作用有除去硫酸和苯甲酸以及降低苯甲酸乙酯的溶解度,答案选 a、b。(7)苯甲酸乙酯的沸点是 212.0 °C,所以采用图乙装置进行蒸馏操作,收集 212.0 °C 的馏分。(8)2.44 g 苯甲酸的物质的量是 $2.44 \text{ g} \div 122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.02 \text{ mol}$, 15.0 mL 乙醇的物质的量是 $\frac{15.0 \text{ mL} \times 0.789 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.26 \text{ mol} > 0.02 \text{ mol}$,所以乙醇过量,理论上生成苯甲酸乙酯的物质的量是 0.02 mol,质量是 $0.02 \text{ mol} \times 150 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.0 \text{ g}$,所以产率是 $\frac{2.4 \text{ mL} \times 1.05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}}{3.0 \text{ g}} \times 100\% = 84\%$ 。

第 43 讲 有机合成

1. A 【解析】卤代烃的水解引入了羟基,RCN 水解生成 RCOOH, RCHO 被氧化生成 RCOOH, 烯烃如 RCH=CHR 被氧化后可以生成 RCOOH,故 A 项符合题意。

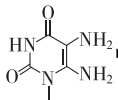
2. B 【解析】 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO} \xrightarrow[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CHO}$



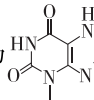
3. B 【解析】乙烯与水发生加成反应生成乙醇,乙醇催化氧化生成乙醛,乙醛氧化生成乙酸,故 A 可行;苯环可与氢气发生加成反应,氯代烃在 NaOH 的乙醇溶液中可发生消去反应,反应条件不是浓硫酸、加热,故 B 不可行;乙烯与氯气发生加成反应生成 1,2-二氯乙烷,1,2-二氯乙烷在氢氧化钠溶液中加热水解生成乙二醇,可实现转化,故 C 可行;光照条件下甲基上 H 被 Cl 取代, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$ 在 NaOH 水溶液中可发生水解反应生成 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$, 可实现转化,故 D 可行。

4. A 【解析】A 的分子式为 C₄H₈O,且 A 能和 Br₂/CCl₄ 反应,说明 A 分子中含有碳碳双键,由已知信息卤代烃与醇反应生成醚可知,A 中还含有一 OH,结合四氢呋喃的结构可知,A 为 CH₂=CHCH₂CH₂OH,故 B 为 CH₂BrCHBrCH₂CH₂OH, C 为 , D 和 E 分别为  中的一种;由上述分析可知,A 错误。

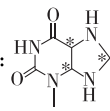
5. D 【解析】苯的硝化反应中浓硫酸为催化剂,反应后硫酸和剩余的硝酸可用碱中和,再用水洗,然后通过分液分离得到硝基苯,故 A 正确;苯胺具有碱性,若反应②中加入过量的酸会消耗部分苯胺,从而降低了苯胺的产率,故 B 正确;乙酰苯胺中的酰胺基在强酸或强碱条件下能发生水解反应,故 C 正确;反应②为还原反应,故 D 错误。

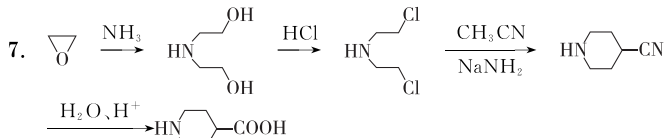
6. A 【解析】 中甲基上的 C 形成 4 个 σ 键,无孤电子

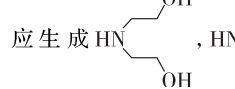
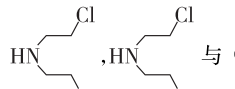
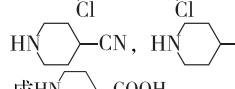
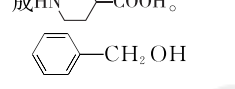
对,采取 sp³ 杂化,碳氧双键及碳碳双键中的 C 形成 3 个 σ 键,无孤电子对,采取 sp² 杂化,A 项正确;结合 A、C 的结构及 B

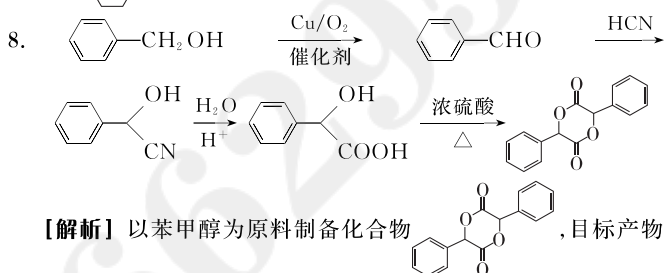
的分子式可推出 B 为 , B 项不正确;A 分子中含有

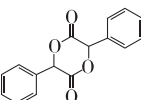
碳、氢、氧、氮四种元素,元素电负性大小关系为 H<C<N<O,但 N 原子的 2p 能级处于半充满状态,第一电离能最大的是 N 元素,C 项不正确;C 分子与氢气发生加成反应的产物含

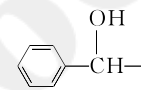
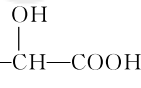
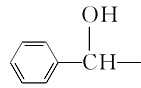
有 3 个手性碳原子,如图中 * 所示: Br, D 项不正确。

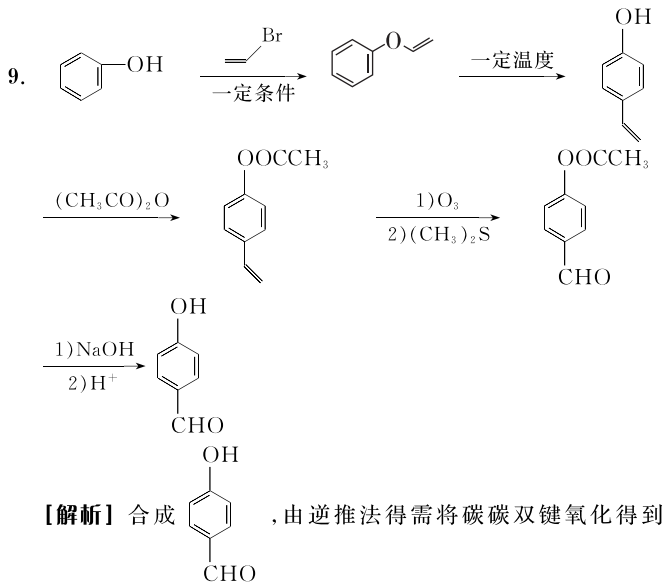


【解析】结合已知信息,  与 NH₃ 按物质的量之比 2:1 反应生成 ,  与 HCl 发生取代反应生成 ,  与 CH₃CN 在 NaNH₂ 作用下反应生成 ,  在酸溶液中发生水解生成 。

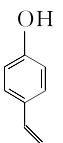


【解析】以苯甲醇为原料制备化合物 , 目标产物

可由  发生酯化反应得到,  可由  水解得到, 苯甲醛可由苯甲醇发生氧化反应生成。



【解析】合成 , 由逆推法得需将碳碳双键氧化得到

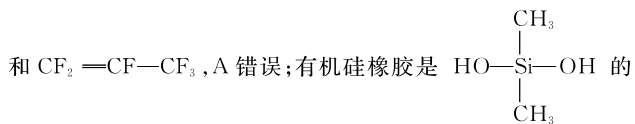
醛,但酚羟基易被氧化,需要进行保护,所以 



化为热能和光能,同时将有机物转化为无机物,水转化为氢气过程中说明光能(或电能)可以转化为化学能,二氧化碳和氢气在一定条件下转化为汽油或甲醇,实现无机物向有机物的转化,二氧化碳综合利用减少了碳排放,有利于缓解全球变暖,风电、光伏发电等新能源的开发和使用可减少碳排放;综上所述,D项正确。

8. A 【解析】海盐中的主要杂质离子是 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} ,为了保证除杂的效果,所加试剂一般会过量,NaOH的作用是除去 Mg^{2+} , $BaCl_2$ 的作用是除去 SO_4^{2-} , Na_2CO_3 的作用是除去 Ca^{2+} 以及过量的 Ba^{2+} ,因此 Na_2CO_3 应在 $BaCl_2$ 之后加入,A错误;我们可以从煤、石油、天然气中得到燃料和重要的化工原料,B正确;绿色化学的核心思想是利用化学原理从源头减少或消除环境污染,C正确;工业废渣的处理应遵循无害化、减量化和资源化的原则,D正确。

9. B 【解析】维通橡胶是经加聚反应合成的,其单体是 $CH_2=CF_2$

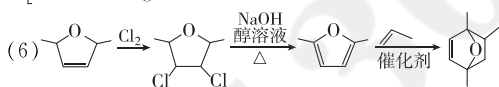
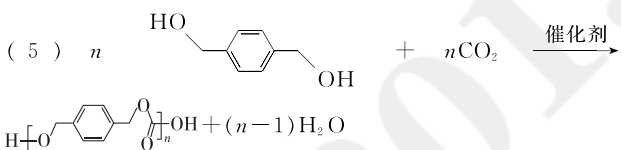
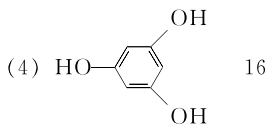


缩聚产物,B正确,C错误;聚甲基丙烯酸甲酯是甲基丙烯酸甲酯的加聚产物,D错误。

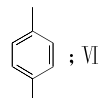
10. C 【解析】同时连有四个互不相同的原子或原子团的碳原子为手性碳原子,由乳酸的结构简式可知,乳酸有手性碳,分子中含有羧基和醇羟基则可以发生取代反应,醇羟基邻碳上有氢原子能够发生消去反应,醇羟基相连碳上有氢原子能够发生氧化反应,A正确;由题中转化信息可知,反应①是缩聚反应,反应②是酯化反应即取代反应,B正确;由题中转化信息并结合质量守恒可知,反应③中,参与聚合的化合物F和E的物质的量之比是 $2m:n$,C错误;由题中转化信息可知,PLA中含有羟基数目越多,与水分子间能形成的氢键数目越多,溶解性越大,故要增强改性PLA的水溶性,可增大 $m:n$ 的值,D正确。

11. (1)CD (2)4

(3)加成反应 对苯二甲酸(1,4-苯二甲酸)

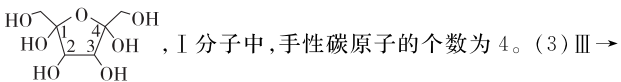


【解析】木质纤维素水解生成葡萄糖,葡萄糖在催化剂下反应生成I,I和 CO_2 发生反应生成II,II发生还原反应生成III,III和乙烯发生加成反应生成IV,IV发生还原反应生成V,

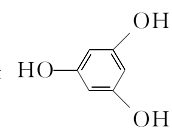
V发生氧化反应生成VI,结合V的分子式知,V为 ;VI

发生还原反应生成VII,VII和 CO_2 发生缩聚反应生成VIII。

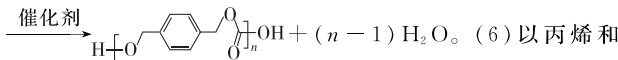
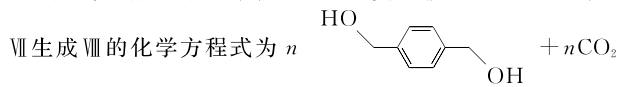
(1)纤维素和淀粉都是高分子化合物,n不同,分子式不同,所以不互为同分异构体,A错误;淀粉遇 I_2 显蓝色,检验淀粉是否水解实际上是检验葡萄糖而不是检验淀粉,B错误;核糖和脱氧核糖是含有5个碳原子的单糖,C正确;葡萄糖和果糖分子式相同但结构不同,所以二者互为同分异构体,蔗糖是由葡萄糖和果糖脱水生成的二糖,所以蔗糖水解生成互为同分异构体的葡萄糖和果糖,D正确。(2)同一碳原子连接4个不同原子或原子团为手性碳原子,如图中数字所示:



IV的反应类型为加成反应;VI的名称为对苯二甲酸或1,4-苯二甲酸。(4)化合物II的同分异构体中核磁共振氢谱只有两

组峰且峰面积之比为1:1的是  ;化合物VII

的芳香族同分异构体中符合下列条件:①最多能与相同物质的量的 Na_2CO_3 反应;②能与2倍物质的量的Na发生放出 H_2 的反应,说明含有1个酚羟基和1个醇羟基,如果取代基为 $-OH$ 、 $-CH_2CH_2OH$,两个取代基有邻位、间位、对位3种位置异构;如果取代基为 $-OH$ 、 $-CH(OH)CH_3$,两个取代基有邻位、间位、对位3种位置异构;如果取代基为 $-OH$ 、 $-CH_3$ 、 $-CH_2OH$,有10种位置异构,所以符合条件的同分异构体有16种。(5)VII和 CO_2 发生缩聚反应生成VIII,则



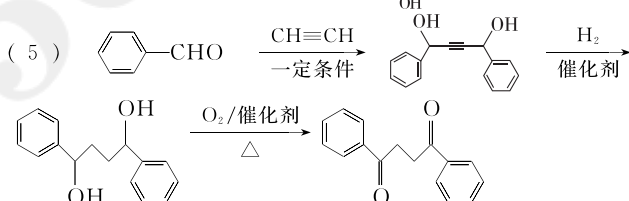
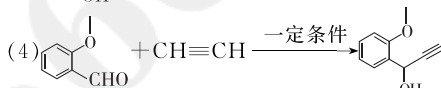
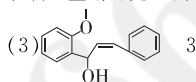
 为起始有机原料合成 ,  和氯气发生加成反应然后发生消去反应生成 ,  和丙烯发生加成

反应生成 。

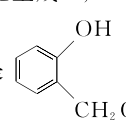
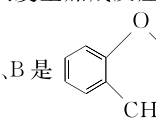
素养提升练(十七) 证据推理——有机推断与合成

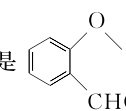
1. (1)邻羟基苯甲醇或2-羟基苯甲醇

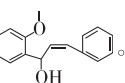
(2)羟基、醚键 加成反应

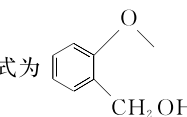


【解析】根据A、B的分子式,可知A与 CH_3I 发生取代反应生成B,B发生催化氧化生成C,C与乙炔发生加成反应生成D,

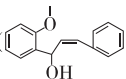
由D逆推,可知A是 、B是 、C

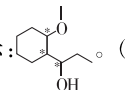
是 ;E和氢气发生加成反应生成F,由F的结构

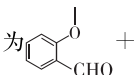
简式,结合E的分子式可知E为 。(2)B的结构简

式为 ,所以B中所含官能团的名称为羟基、醚

键,D与  发生碳碳三键的加成反应生成E

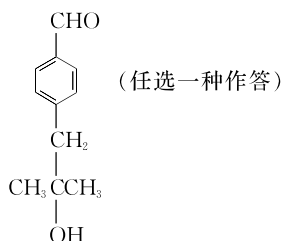
()。(3)D与足量 H_2 完全加成后的产物分子中含有

3个手性碳原子,如图中“*”所示: 。(4)C→D的反

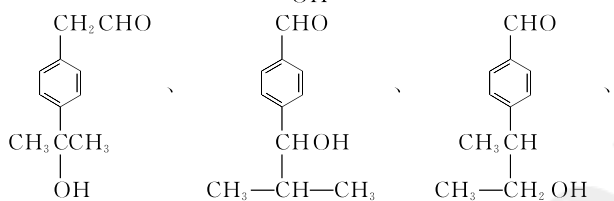
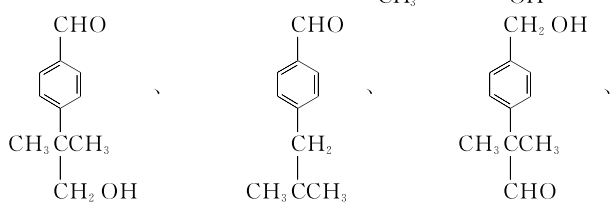
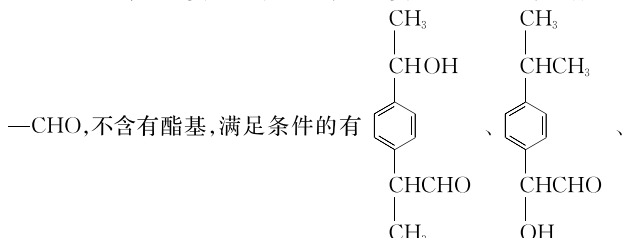
应为醛基与乙炔的加成反应,反应的化学方程式为  +



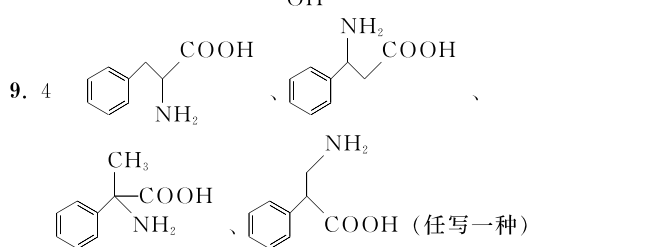
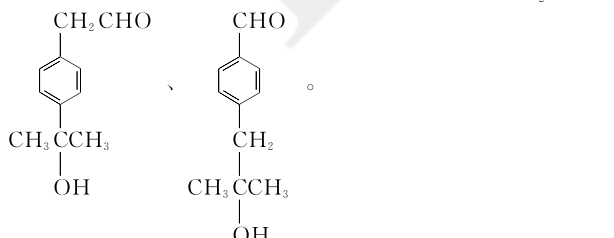
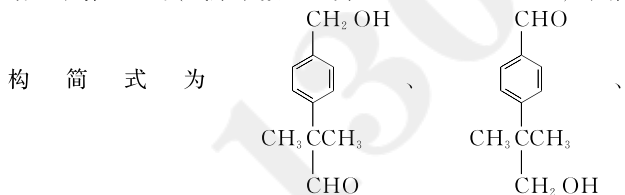




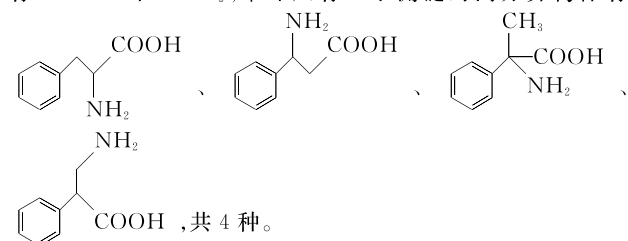
【解析】在 C 的同分异构体中：①含有苯环和两个甲基，苯环上只有两个对位取代基（不是甲基）；②与 FeCl_3 溶液不发生显色反应，但能与金属钠反应生成气体，含有一 OH ，但是不接在苯环上；③能发生银镜反应，不能发生水解反应，含有



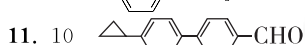
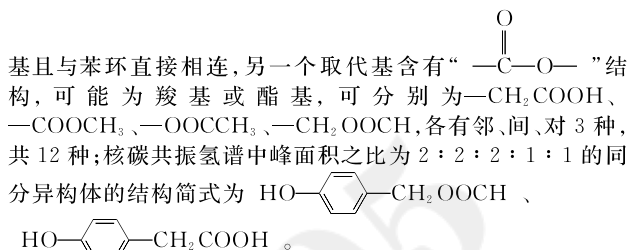
$$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{CH}_3\text{COH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}, \begin{array}{c} \text{CHO} \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ | \\ \text{CH}_3\text{COH} \\ | \\ \text{CHO} \end{array},$$
 , 共 10 种, 其中核磁共振氢谱显示有 6 组峰(氢原子数目比为 6 : 2 : 2 : 2 : 1 : 1) 的结



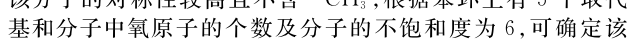
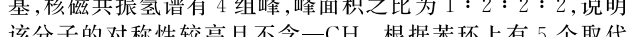
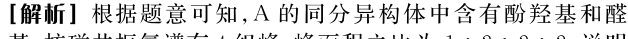
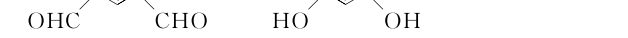
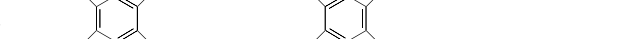
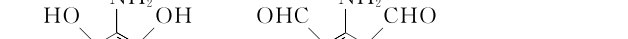
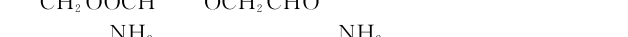
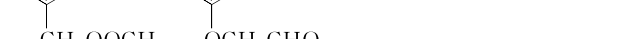
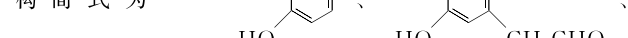
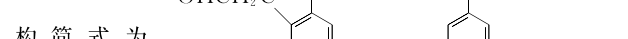
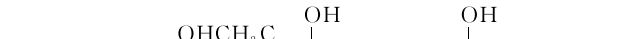
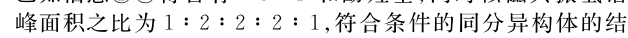
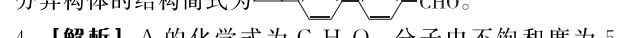
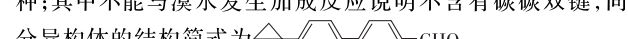
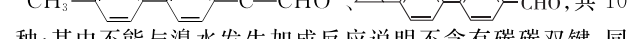
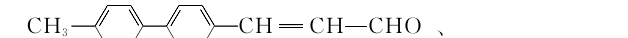
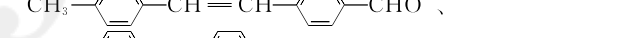
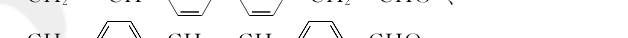
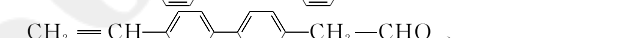
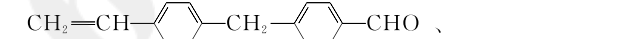
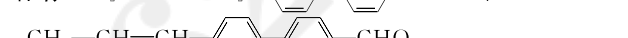
【解析】F 的同分异构体中, 属于芳香族氨基酸, 即结构中有 —COOH 和 —NH_2 , 苯环只有 1 个侧链的同分异构体有



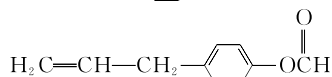
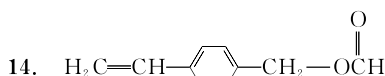
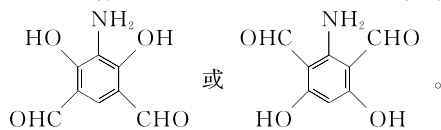
【解析】R 是 E 的同分异构体, 有两个取代基, 其中一个为羧基且与苯环直接相连, 另一个取代基含有“ —C(=O)—O— ”结构, 可能为羧基或酯基, 可分别为 $\text{—CH}_2\text{COOH}$ 、 —COOCH_3 、 —OOCCH_3 、 $\text{—CH}_2\text{OOCH}$, 各有邻、间、对 3 种, 共 12 种; 核磁共振氢谱中峰面积之比为 2 : 2 : 2 : 1 : 1 的同分异构体的结构简式为 $\text{HO—C}_6\text{H}_4\text{—CH}_2\text{OOCH}$ 、



【解析】满足①分子中有两个苯环, 且每个苯环上的两个取代基均在对位; ②能发生银镜反应说明含有醛基; 同分异构体有 $\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—C}_6\text{H}_4\text{—CHO}$ 、



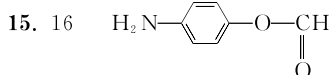
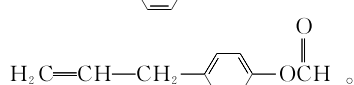
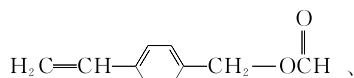
分子中含有 2 个羟基、2 个醛基和 1 个氨基,则其结构简式为



【解析】D 的分子式为 $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_2$ 。F 既能发生银镜反应又能

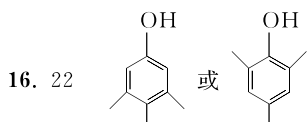
发生水解反应,含有 $-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ 结构,同时其相对分子质量比 D 小 28,则 J 的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$ 。该分子能与 4 mol

H_2 反应即除了苯环还含有 $\text{C}=\text{C}$,同时核磁共振氢谱峰面积比为 1:1:2:2:2:2,即苯环上为二取代,则 J 的结构为

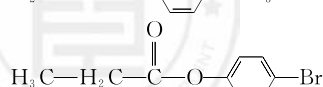
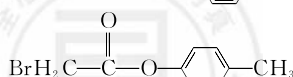
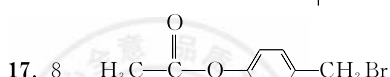
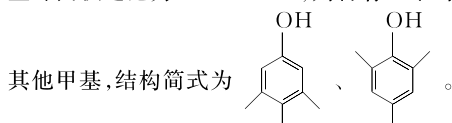


【解析】J 有多种同分异构体,同时满足下列条件 (a) 含有一个苯环, (b) 能发生银镜反应,说明有 $-\text{CHO}$ 或

$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-$, (c) 红外光谱显示没有氮氧键,可以取代苯环上的两个氢,有 $-\text{OCHO}$ 、 $-\text{NH}_2$ 和 $-\text{OH}$ 、 $-\text{NHCHO}$ 两种组合,结合邻、间、对三位置关系,有 6 种;也可以是取代苯环上的三个氢,有 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CHO}$ 、 $-\text{NH}_2$, 取代基不同,有 10 种,故共有 16 种。其中核磁共振氢谱显示有四组峰,峰面积之比为 2:2:2:1 的结构简式为 $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ 。

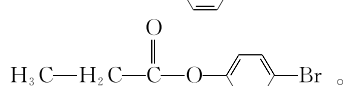
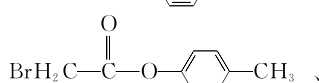
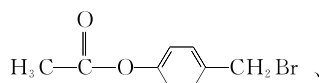


【解析】C 的分子式为 $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}$; J 是 C 的同分异构体, J 能与 FeCl_3 溶液发生显色反应,则含有苯环和酚羟基;若取代基为 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, 则有邻、间、对 3 种情况;若取代基为 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, 则有邻、间、对 3 种情况;若取代基为 $-\text{OH}$ 、 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2\text{CH}_3$, 苯环上 3 个不同的取代基,则有 10 种情况;若取代基为 $-\text{OH}$ 、3 个 $-\text{CH}_3$, 则有 6 种情况;故符合条件的 J 共有 22 种;其中核磁共振氢谱显示 4 组峰,且峰面积之比为 1:2:3:6,则含有 2 个对称的甲基和 1 个



【解析】在 B 的同分异构体中,同时满足条件: a. 含有苯环和酯基(Br 原子不与酯基相连); b. 不能发生银镜反应,说明其

中不含有醛基和甲酸酯的结构; c. 苯环上的一氯代物有 2 种,说明苯环上有两个取代基且其是对位的;则 B 的同分异构体中苯环上的取代基可能为 $-\text{Br}$ 、 $-\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ 或 $-\text{Br}$ 、 $-\text{COOC}_2\text{H}_5$ 或 $-\text{Br}$ 、 $-\text{OOCCH}_2\text{CH}_3$ 或 $-\text{Br}$ 、 $-\text{CH}_2\text{OOCCH}_3$ 或 $-\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $-\text{COOCH}_3$ 或 $-\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $-\text{OOCCH}_3$ 或 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{OOCCH}_2\text{Br}$ 或 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{COOCH}_2\text{Br}$, 共 8 种情况,在酸性环境下的水解产物含酚羟基说明苯环上含有 $\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$ 的结构,满足条件的同分异构体为



第 45 讲 实验方案的设计与评价

1. C 【解析】原溶液可能存在 Fe^{3+} , 无 Fe^{2+} , A 错误; 如果溶液显酸性, 向溶液中加入硝酸银, 在酸性环境下硝酸根离子具有强氧化性, 可能把原溶液的 SO_3^{2-} 氧化成 SO_4^{2-} , B 错误; Fe^{3+} 溶液中加入维生素 C 后黄色变为浅绿色, 说明 Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} , 维生素 C 有还原性, C 正确; 碘离子被氧化为碘单质, 海带中含有的是 I^- , 而不是 I_2 , D 错误。
2. A 【解析】装置 b 中生成气体, 说明硫酸的酸性强于碳酸, 装置 c 中出现沉淀, 说明碳酸的酸性强于硅酸, 最高价氧化物对应水化物的酸性越强, 元素非金属性越强, 即非金属性: $\text{S} > \text{C} > \text{Si}$, A 正确; MnO_2 和浓盐酸反应, 需要加热, 此装置中没有加热装置, 饱和食盐水除去氯气中的 HCl , 从装置 c 出来的氯气中混有水蒸气, 不是纯净的, B 错误; 向装置 b 中加入盐酸, 生成能使澄清石灰水变浑浊的气体, 不能说明 X 中含有 CO_3^{2-} , 可能含有 HCO_3^- 或 SO_3^{2-} 或 HSO_3^- , C 错误; 氯水具有强氧化性, 能把 SO_3^{2-} 氧化成 SO_4^{2-} , 不能达到实验目的, D 错误。
3. A 【解析】由步骤 (1) 可知, 溶液中一定存在 Br^- ; 由步骤 (2) 可知, 白色沉淀为 BaSO_4 , 但 SO_3^{2-} 能被氯水氧化为 SO_4^{2-} , 则 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 至少有一种, 因 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 均与 Ba^{2+} 不能大量共存, 则一定没有 Ba^{2+} ; 由步骤 (3) 可知, 白色沉淀为 AgCl , 步骤 (1) 中引入 Cl^- , 不能确定原溶液是否含有 Cl^- , 又因溶液为电中性, 一定存在阳离子, 则一定存在 Na^+ ; 综上所述, 一定存在 Na^+ 、 Br^- 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 至少有一种, 一定不存在 Ba^{2+} , 不能确定的离子为 Cl^- 。由分析可知, 肯定含有的离子是 Na^+ 、 Br^- , A 正确; SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 至少有一种, 一定不存在 Ba^{2+} , B 错误; 步骤 (1) 氯水过量, 也能将亚硫酸根离子氧化为硫酸根离子, 故白色沉淀只能是 BaSO_4 , C 错误; 如果将步骤 (1) 中氯水换成双氧水, 由步骤 (3) 可知, 白色沉淀一定为 AgCl , 可确定原溶液含有 Cl^- , 对结论有影响, D 错误。
4. A 【解析】 Fe^{2+} 被硝酸氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 能使 KSCN 溶液变红色, 若溶液变红, 说明菠菜中含有铁元素, 方案设计、现象与结论均正确, 故 A 符合题意; ClO_3^- 不能和 Ag^+ 生成 AgCl 沉淀, 方案设计、现象与结论不正确, 故 B 不符合题意; I_2 能使淀粉变蓝色, 溶液颜色不变, 说明该食盐不含 I_2 , 不能说明不含碘元素, 故 C 不符合题意; 某些蛋白质遇硝酸变黄色, 一段时间后鸡皮变黄, 说明鸡皮中含有蛋白质, 故 D 不符合题意。
5. B 【解析】 NaOH 不足, 由操作和现象不能检验醛基, A 错误; 植物油中含碳碳双键, 与溴发生加成反应, 振荡、静置后溴的苯溶液褪色, B 正确; NaOH 与溴水反应, 不能说明淀粉完全水解, C 错误; 浓硫酸的密度比乙醇、水都大, 应将浓硫酸加入 95% 的乙醇中, 挥发的醇及生成的乙烯均使酸性高锰酸钾溶液褪色, 不能检验乙烯, D 错误。
6. A 【解析】碳酸钠粉末中加少量水时试管变热说明溶解过程放热, 有结块出现说明生成结晶水合物, 故 A 正确; 向蛋白质溶液中加入浓 KCl 溶液引起的是蛋白质的盐析, 故 B 错误; 乙醇也能使酸性高锰酸钾溶液褪色, 应先用 NaOH 除去乙醇, 再将气体

- 通入酸性高锰酸钾溶液检验消去产物 1-丁烯,故 C 错误;检验氯离子应先加硝酸酸化,再加硝酸银溶液,故 D 错误。
7. D 【解析】 $\text{Cu} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{FeSO}_4 + \text{CuSO}_4$,该反应不是置换反应,A 项错误;混合后发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$,因 Fe^{3+} 过量,故加入 KSCN 溶液后产生的现象无法说明该反应具有可逆性,B 项错误;溴乙烷的密度比水大,甲苯的密度比水小,因此可用水鉴别溴乙烷和甲苯,C 项错误; NaX 与 NaY 的浓度相等,酸根离子水解能力越强,溶液的 pH 越大,D 项正确。
8. C 【解析】酸性溶液中硝酸根离子可氧化亚硫酸根离子,由实验操作和现象可知,不一定含有 SO_4^{2-} ,A 不符合题意; $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 可检验 Fe 生成的 Fe^{2+} ,只能证明铁发生了腐蚀,不能判断发生哪种腐蚀,B 不符合题意;盐类越弱越水解,等浓度的 CH_3COONa 溶液和 NaClO 溶液,测得 NaClO 溶液的 pH 大,则酸性 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{HClO}$,C 符合题意;向 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AgNO_3 溶液中滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液,产生白色沉淀,硝酸银过量,再滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,有黄色沉淀生成,均是沉淀的生成,没有沉淀的转化,不能比较 $K_{\text{sp}}(\text{AgI})$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ 的大小,D 不符合题意。
9. A 【解析】氯化镁和少量氢氧化钠反应生成氢氧化镁白色沉淀,加入氯化铁之后如果能出现红褐色沉淀,说明氢氧化铁的 K_{sp} 小于氢氧化镁,A 正确;淀粉水解后应该加入氢氧化钠中和酸,再加入银氨溶液检验水解产物,B 错误;亚硫酸钠能和氯化钡反应生成亚硫酸钡沉淀,应先加入盐酸除去亚硫酸根离子后再加入氯化钡溶液,C 错误;酸性高锰酸钾溶液浓度不同,颜色不同,应控制酸性高锰酸钾溶液不足且等量,改变草酸的浓度,D 错误。
10. B 【解析】实验 I 中黄色溶液很快变浅,固体中未检出铁单质,说明 Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} ,A 正确。 FeCl_3 溶液中的 Cl^- 也能被酸性高锰酸钾溶液氧化,干扰 Fe^{2+} 的检验,故不能用酸性高锰酸钾溶液检验实验 I 得到的溶液中含有 Fe^{2+} ,B 错误。2 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液(pH ≈ 0.70)中加入过量锌粉,很快有大量气泡产生,是因为溶液中的 H^+ 与锌粉反应产生锌离子和氢气,该反应为置换反应;出现红褐色浑浊,是因为氯化铁水解生成氢氧化铁,属于复分解反应;产生少量铁单质,是因为锌置换出铁,属于置换反应,C 正确。根据题述实验 I 可知,实验开始时 Fe^{3+} 浓度较大,先与锌发生氧化还原反应生成氯化锌和氯化亚铁, Fe^{3+} 浓度降低到一定程度后,溶液中的 H^+ 与锌反应产生无色气泡,由实验 II 可知,当 Fe^{3+} 浓度较低, H^+ 浓度较大时, H^+ 先与锌反应生成锌盐和氢气,故实验说明 Fe^{3+} 、 H^+ 与 Zn 的反应与离子浓度有关,D 正确。
11. B 【解析】实验 i, FeCO_3 中先加入 KSCN 溶液, FeCO_3 部分溶解,再加入 H_2O_2 溶液后, Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 同时生成红色的 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 和红褐色沉淀 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,A 正确;在 KSCN 溶液中, SCN^- 与 Fe^{2+} 形成配离子,促进 $\text{FeCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ 的溶解平衡向溶解方向移动,故 Fe^{2+} 能与 SCN^- 形成配合物,B 错误,D 正确; $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 中, Fe^{3+} 为中心离子, SCN^- 为配体, Fe^{3+} 提供空轨道形成配位键,C 正确。
12. C 【解析】A 装置中稀酸 X 和 FeS 反应生成 H_2S 气体, H_2S 气体通入 B 装置和含 Ag^+ 、 Cd^{2+} 溶液反应,装置 C 是为了检验硫化氢气体是否过量。X 如果为稀硝酸,会产生 NO 气体,达不到实验目的,A 项错误; Ag^+ 、 Cd^{2+} 浓度未知,不能根据沉淀先后去证明 Ag_2S 的溶解度小于 CdS ,B 项错误;关闭活塞 K,A 中固液分离,则停止通入气体,可以让反应停止,C 项正确;用浓盐酸和 MnO_2 制备氯气时需要加热,不能用装置 A,D 项错误。
13. B 【解析】A 中硫酸铜和过量氢氧化钠反应得到新制氢氧化铜悬浊液,新制氢氧化铜悬浊液与甲醛反应,装置 B 的主要作用是除去挥发的甲醛,C 装置用于检验是否有 CO 生成。步骤 2 检验固体产物,步骤 3 检验是否有 CO_3^{2-} 生成。向稀 AgNO_3 溶液中加入稀氨水,至产生的沉淀恰好溶解,得到银氨溶液,故 A 正确。甲醛易挥发,甲醛能与银氨溶液反应,装置 B 的主要作用是除去挥发的甲醛,防止干扰 CO 的检验,故 B 错误。 CO_3^{2-} 与盐酸反应放出二氧化碳,步骤 3 的目的是检验反应后溶液中是否存在 CO_3^{2-} ,故 C 正确。C 无明显

现象,说明没有 CO 生成;步骤 2 无明显现象,说明反应生成铜;步骤 3 无明显现象,说明没有生成碳酸钠,该实验中,过量甲醛与新制氢氧化铜可能发生的反应为 $\text{HCHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} \downarrow + \text{HCOONa} + 2\text{H}_2\text{O}$,故 D 正确。

第 46 讲 物质制备综合实验

- (1)分液漏斗 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
(2)m 吸收多余的氯气;防止空气中的 H_2O 进入三颈烧瓶中
(3) SnCl_4 产率降低;三颈烧瓶中产生的氢气、氯气混合爆炸(答出一条即可)
(4)过滤 蒸馏(精馏)
(5)96.4% 偏高

【解析】实验装置中 A 用于制备 Cl_2 ,B 装置用于除去 Cl_2 中混有的氯化氢气体,C 装置用于干燥氯气,D 装置用于制备四氯化锡,球形干燥管中碱石灰可以防止空气中的水蒸气进入三颈烧瓶,且吸收多余的氯气防止污染。(1)仪器 a 为分液漏斗,装置 A 中高锰酸钾和浓盐酸反应生成氯化钾、氯化锰、氯气和水,反应的化学方程式为 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。(2)为了更好的冷凝效果,冷凝管中的水应下进上出,进水口为 m;已知 SnCl_4 遇水极易水解且尾气氯气有毒,碱石灰的作用为吸收多余的氯气并防止空气中的 H_2O 进入三颈烧瓶中。(3) Cl_2 中含有杂质 HCl 和水蒸气,B 装置用于除去 Cl_2 中混有的氯化氢气体,氯化氢和锡会反应生成易燃易爆气体氢气,故如果缺少 B 装置,可能造成的影响: SnCl_4 产率降低,三颈烧瓶中产生的氢气、氯气混合爆炸。(4)由表可知,四氯化锡室温为液体,故实验结束后,将三颈烧瓶中得到的物质冷却至室温,过滤,得到粗产品,利用物质沸点不同,将粗产品再蒸馏可得到纯净的 SnCl_4 。(5)粗产品含有 SnCl_4 、 AsCl_3 ,由已知方程式可知,与硫代硫酸钠标准

溶液反应的碘为 $1.000 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.020 \text{ L} \times \frac{1}{2} = 1.000 \times 10^{-5} \text{ mol}$,则与 H_3AsO_3 反应的碘为 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.020 \text{ L} - 1.000 \times 10^{-5} \text{ mol} = 1.990 \times 10^{-3} \text{ mol}$,则 AsCl_3 为 $1.990 \times 10^{-3} \text{ mol}$,产品中 SnCl_4 的质量分数为 $\frac{10.00 \text{ g} - 1.990 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 181.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{10.00 \text{ g}} \times 100\% \approx 96.4\%$ 。

某同学认为粗产品中会溶有少量氯气,氯气具有氧化性,会直接氧化 H_3AsO_3 ,②反应消耗 I_2 偏少,硫代硫酸钠标准溶液偏多,导致测量结果偏高。

- (1) $2\text{V}_2\text{O}_5 + \text{N}_2\text{H}_4 + 8\text{HCl} \xrightarrow{\Delta} 4\text{VOCl}_2 + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
(2)①eabfgc ② $[\text{Cl}]^-$
(3)① $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ② $\frac{102}{w}$ ③能够除去过量的 NaNO_2 ,尿素不与 VO_2^+ 反应

【解析】步骤 i 中, V_2O_5 、盐酸和 N_2H_4 反应生成 VOCl_2 和 N_2 ,步骤 ii 是在 CO_2 保护下 VOCl_2 与 NH_4HCO_3 发生反应得到产品。(1)步骤 i 中反应物为 V_2O_5 、 N_2H_4 和 HCl ,生成物是 VOCl_2 和 N_2 ,根据原子守恒还应该有水生成,V 的化合价由 +5 价降低到 +4 价,一个 V_2O_5 得到 2 个电子, N_2H_4 中的 N 由 -2 价升高到 0 价,一个 N_2H_4 失去 4 个电子,得出化学方程式为 $2\text{V}_2\text{O}_5 + \text{N}_2\text{H}_4 + 8\text{HCl} \xrightarrow{\Delta} 4\text{VOCl}_2 + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ 。(2)①主反应容器是 D,要在隔绝空气环境中进行,利用 C 装置产生的二氧化碳把空气排出进行实验,二氧化碳气体从 e 口出来通过 A 除去氯化氢气体,进入 D,再从 g 口出来,通过 c 进入 B,因此连接顺序是 eabfgc。② VOCl_2 和碳酸氢铵溶液反应生成氧钒(IV)碱式碳酸铵,同时还有氯化铵生成,溶液中的阴离子 Cl^- 被吸附到晶体表面,用碳酸氢铵溶液洗去的阴离子就是 Cl^- ,电子式为 $[\text{Cl}]^-$ 。(3)①晶体

$(\text{NH}_4)_5[(\text{VO})_6(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_9] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中的 V 元素经过一系列转化为 VO_2^+ ,再与硫酸亚铁铵中的亚铁离子反应,滴定到终点时亚铁离子全部反应完,因此选择检验亚铁离子的试

剂 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液作指示剂进行滴定。②实验进行三次,三次体积平均值为 20.00 mL 即 0.020 00 L,根据原子守恒和得失电子守恒可知有以下关系: $V \sim VO_2^+ \sim Fe^{2+}$, 则 $n(V) = n(Fe^{2+}) = cV = 1.000 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 0.020 00 \text{ L} = 0.020 00 \text{ mol}$, 所以粗产品中钒的质量分数为 $\frac{0.020 00 \text{ mol} \times 51 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{w \text{ g}} \times$

$100\% = \frac{102}{w}\%$ 。③用适量的尿素溶液是为了除去过量的亚硝酸钠,亚硝酸钠具有氧化性,会对实验产生干扰。

3. (1)  (2) 停止加热,冷却后补加

(3) 通过分水器除去产物水,使反应正向进行,提高产率
(4) bca 不再有气泡生成 降低酯的溶解度,便于后续分液
(5) 温度计、直形冷凝管
(6) 67 (7) A

【解析】(1) 根据酯化反应原理“酸脱羟基醇脱氢”可知,产品中苯甲酸乙酯的结构简式为 。(2) 实验

时发现忘加磁搅拌子,应停止加热,待溶液冷却后加入磁搅拌子,重新继续实验。(3) 分水器上层是有机层,下层为水层,当有机层液面高于支管口时,有机层会回流至烧瓶,即达到了反应物回流,提高产率的目的,多次放出水是防止水层过高,到达支管口回流,保证只有有机层回流,及时分离出产物水,促使平衡正向移动,提高酯的产率。(4) 圆底烧瓶中残留物主要含有苯甲酸、浓硫酸、苯甲酸乙酯,想要得到纯净的苯甲酸乙酯需要除掉苯甲酸、浓硫酸等杂质,需先加入碳酸钠中和苯甲酸和浓硫酸,当不再有气泡生成时可停止加入碳酸钠;为使有机层和水层充分分层,需加入食盐降低苯甲酸乙酯的溶解度,最后需用无水氯化钙除去多余的水分。(5) 蒸馏过程除上述仪器外还需要温度计(测馏分蒸气温)和直形冷凝管(促进蒸馏产物的冷凝,便于收集)。(6) 6.1 g 苯甲酸的物质的量为

$\frac{6.1 \text{ g}}{122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$; 20 mL 95% 乙醇中 CH_3CH_2OH 的

物质的量约为 $\frac{20 \text{ mL} \times 0.789 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 95\%}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.33 \text{ mol}$; 因此乙醇过量,理论生成苯甲酸乙酯的物质的量为 0.05 mol,质

量为 7.5 g,产率为 $\frac{5.0 \text{ g}}{7.5 \text{ g}} \times 100\% \approx 67\%$ 。(7) 元素分析仪用来

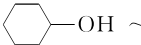
分析元素种类,质谱仪用来测定相对分子质量,红外光谱能够确定分子中化学键和官能团信息,核磁共振仪能够测定氢原子的化学环境种类及相对数目,X 射线衍射能获得分子的键长、键角等结构信息,故不能为产品结构分析提供信息的为元素分析仪。

4. (1) sp^3 (2) 溶解滤渣中的己二酸钾钠,提高产率

(3) 除去过量的高锰酸钾,避免在用浓盐酸酸化时,产生氯气
 $2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$

(4) 重结晶 (5) 71%

【解析】由环己醇制取己二酸时,需要在碱性条件下,使用 $KMnO_4$ 将环己醇氧化,从而获得己二酸钾钠;为防止过量的 $KMnO_4$ 氧化后续操作中加入的浓盐酸,应先往滤液中加入 $NaHSO_3$ 将 $KMnO_4$ 还原,最后用降温结晶法获得己二酸。

(1) 环己醇分子中每个 C 原子形成 4 个 σ 键且无孤电子对, C 原子的杂化轨道类型为 sp^3 。(2) 己二酸钾钠在过滤时可能会少量析出,利用己二酸钾钠在热水中溶解度大,使其溶解,转移至滤液中,提高产率。(3) 反应混合物中有 $KMnO_4$, 为避免后续加入的浓盐酸与其反应产生氯气,需先加入饱和亚硫酸钠溶液,除去过量的 $KMnO_4$; 用草酸处理 $KMnO_4$ 的反应方程式为 $2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$ 。(4) 若要得到纯度更高的己二酸,可通过重结晶的方法提纯。(5) 由得失电子守恒可得,3  $\sim$

8 $KMnO_4$, 由 $KMnO_4$ 的质量和环己醇的体积可知,两者按反应计量加入,设 2.1 mL 环己醇理论上可制得己二酸的质量为 x g,可得关系式

$C_6H_{12}O(\text{环己醇}) \sim C_6H_{10}O_4(\text{己二酸})$

$\frac{100}{(2.1 \times 0.96) \text{ g}} = \frac{146}{x}$

解得 $x = \frac{2.1 \times 0.96 \text{ g} \times 146}{100} \approx 2.94 \text{ g}$, 产率为 $\frac{2.1 \text{ g}}{2.94 \text{ g}} \times 100\% \approx 71\%$ 。

第 47 讲 定量综合实验分析

1. (1) 通入一定量的 O_2 b、a

(2) 为实验提供氧化剂、提供气流保证反应产物完全进入 U 形管中

(3) A C 碱石灰可以同时吸收水蒸气和二氧化碳

(4) 先熄灭 a, 一段时间后再熄灭 b, 继续通入氧气至石英管冷却至室温

(5) $C_4H_8O_4$

【解析】由实验装置可知,先通入氧气可排尽装置中的空气,连接装置后检验装置的气密性,先点燃 b 处,再点燃 a 处,有机物燃烧生成二氧化碳和水, CuO 可将有机物不完全燃烧产生的 CO 氧化为 CO_2 , c 处无水氯化钙可吸收水, d 处碱石灰可吸收二氧化碳, c、d 不能互换,否则碱石灰吸收的质量为混合物的质量,然后熄灭 a, 一段时间后再熄灭 b, 继续通入氧气至石英管冷却至室温,可保证水、二氧化碳被完全吸收,取下 c 和 d 管称重, c 中为水的质量, d 中为二氧化碳的质量,结合质量守恒及相对分子质量确定分子式。(1) 将装有样品的 Pt 坩埚和 CuO 放入石英管中,先通氧气,排出装置中的空气,而后将已称重的 U 形管 c、d 与石英管连接,检查气密性,防止漏气,依次点燃煤气灯 b、a, 保证有机物充分燃烧,进行实验。

(2) O_2 的作用有作助燃剂使有机物充分反应,排尽装置中的二氧化碳和水蒸气,保证反应产物完全进入 U 形管中。(3) c 处无水氯化钙可吸收水, d 处碱石灰可吸收二氧化碳, c 和 d 中的试剂分别是 A、C; c 和 d 中的试剂不可调换,理由是碱石灰可以同时吸收水蒸气和二氧化碳。(4) Pt 坩埚中样品 $C_xH_yO_z$ 反应完全后,应进行操作:先熄灭 a, 一段时间后再熄灭 b, 继续通入氧气至石英管冷却至室温,取下 c 和 d 管称重。(5) 若样品 $C_xH_yO_z$ 为 0.023 6 g, 实验结束后, c 管质量增加

$0.010 8 \text{ g}$, $n(H_2O) = \frac{0.010 8 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.000 6 \text{ mol}$, H 元素的质量为 $0.000 6 \text{ mol} \times 2 \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.001 2 \text{ g}$, d 管质量增加

$0.035 2 \text{ g}$, $n(CO_2) = \frac{0.035 2 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.000 8 \text{ mol}$, C 元素的质量为 $0.000 8 \text{ mol} \times 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.009 6 \text{ g}$, 则有机物中

$n(O) = \frac{0.023 6 \text{ g} - 0.009 6 \text{ g} - 0.001 2 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.000 8 \text{ mol}$, C、H、

O 的原子个数比为 $0.000 8 \text{ mol} : 0.001 2 \text{ mol} : 0.000 8 \text{ mol} = 2 : 3 : 2$, 最简式为 $C_2H_3O_2$, 设分子式为 $(C_2H_3O_2)_n$, 质谱测得该有机物的相对分子量为 118, $59 \times n = 118$, 解得 $n = 2$, 可知其分子式为 $C_4H_6O_4$ 。

2. (1) $CaC_2O_4 \cdot CaCO_3$

(2) $CaC_2O_4 \xrightarrow{\Delta} CaCO_3 + CO \uparrow$

(3) CaO

(4) 当加入最后半滴标准溶液时,溶液由蓝色变成无色,且 30 s 内颜色不恢复

(5) $\frac{22.625cV}{m} 4I^- + O_2 + 4H^+ = 2I_2 + 2H_2O$

【解析】(1) 根据题目要求可分 3 段讨论 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 的受热分解, $T_1^\circ C$ 时 A 点, 100 mg $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 的质量减少至 87.7 mg, 从中分析 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 受热分解的产物, 固体 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 的摩尔质量为 $146 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 分解过程中 $n(Ca)$ 不变, 设分解后产物的摩尔质量为 M_1 , $\frac{100 \times 10^{-3} \text{ g}}{146 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{87.7 \times 10^{-3} \text{ g}}{M_1}$, 解得 $M_1 \approx 128 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由于 CaC_2O_4 的摩尔

质量为 $128 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 从而判断出 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ 的分解反应方程式为 $CaC_2O_4 \cdot H_2O \xrightarrow{\Delta} CaC_2O_4 + H_2O \uparrow$, 则 A 的化学式是 CaC_2O_4 ; 再讨论 $T_2^\circ C$ 时 B 点, 87.7 mg 的 CaC_2O_4 受热分解, 设分解产物的摩尔质量为 M_2 , $\frac{87.7 \times 10^{-3} \text{ g}}{128 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{68.5 \times 10^{-3} \text{ g}}{M_2}$, 解得 $M_2 \approx 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可推断出产物 B 应为

CaCO_3 分解方程式为 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCO}_3 + \text{CO} \uparrow$; 故固体产物的化学式 A 是 CaC_2O_4 , B 是 CaCO_3 。(2) 由 (1) 中分析可知, 由 A 得到 B 的化学方程式为 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCO}_3 + \text{CO} \uparrow$ 。(3) 当加热至 $1100 \sim 1200^\circ\text{C}$ 时, 由图可知分解产物 C 的质量约为 38 mg , 设 C 点化合物的摩尔质量为 M_3 , $\frac{68.5 \times 10^{-3} \text{ g}}{100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{38 \times 10^{-3} \text{ g}}{M_3}$, 解得 $M_3 \approx 55.47 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, M_3 与 CaO 的摩尔

质量 ($56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 接近, 分解方程式应为 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$, 由此得出 C 的化学式为 CaO 。(4) 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定待测溶液, 发生反应 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 指示剂淀粉溶液遇 I_2 变为蓝色, 故滴定终点的现象为加入最后半滴标准溶液时, 溶液由蓝色变成无色, 且 30 s 内颜色不恢复。(5) 由反应中的 I 元素守恒可知: $\text{ClO}_2^- \sim 2\text{I}_2 \sim 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 故 25.00 mL 待测溶液中 $n(\text{NaClO}_2) = \frac{1}{4} \times cV \times 10^{-3} \text{ mol}$,

$m(\text{NaClO}_2) = n \times M = \frac{1}{4} \times 90.5cV \times 10^{-3} \text{ g}$; $m \text{ g}$ 样品配成 250 mL 待测溶液, 故样品中 NaClO_2 的质量分数为 $\frac{\frac{1}{4} \times 90.5cV \times 10^{-3} \text{ g} \times 10}{m \text{ g}} \times 100\% = \frac{22.625cV}{m}\%$; 实验测得结果偏高, 说明滴定消耗的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液体积偏大, 则溶液中碘单质的含量偏高, 可能原因为过量的碘离子被空气中的氧气氧化为碘单质, 反应的离子方程式为 $4\text{I}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

- (1) (球形)干燥管 无水 CaCl_2 或 P_2O_5
- (2) 水浴加热 温度过高, 双氧水受热易分解, 浓氨水受热易分解和挥发
- (3) 增大氯离子浓度, 利用同离子效应, 促进钴配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 完全析出, 提高产率
- (4) 减小产品 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶解损失, 乙醇易挥发带走水分, 产品能快速干燥
- (5) 甲基橙 无影响

【解析】 第一步中向 CoCl_2 、 NH_4Cl 和活性炭中滴加浓氨水, 充分反应后滴加双氧水, 反应生成三氯化六氨合钴, 将所得浊液趁热过滤, 滤液中加入浓盐酸, 增大氯离子浓度, 促使三氯化六氨合钴完全析出, 冷却结晶后过滤, 用少量冷水和无水乙醇分别洗涤晶体 $2 \sim 3$ 次, 得到三氯化六氨合钴晶体。(1) 仪器 b 的名称为 (球形)干燥管, b 中装的固体是无水氯化钙或 P_2O_5 , 作用为吸收挥发出来的 NH_3 。(2) 步骤 I 控制温度在 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 之间, 采用的方法为水浴加热。反应物中有双氧水, 温度过高双氧水易分解, 同时温度过高浓氨水易分解和挥发, 故温度不易过高。(3) 滤液中加入浓盐酸, 增大了氯离子浓度, 利用同离子效应, 促进 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 完全析出, 提高产率。(4) 步骤 III 用乙醇洗涤, 减小产品 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的溶解损失, 同时乙醇易挥发能带走多余的水分, 产品能快速干燥。(5) 用 NaOH 溶液滴定剩余 H_2SO_4 , 接近滴定终点时溶液中溶质为硫酸钠和硫酸铵, 呈酸性, 可选择甲基橙作指示剂。氢氧化钠标准溶液使用前敞口放置于空气中一段时间, 部分 NaOH 与空气中的二氧化碳反应生成碳酸钠, 因滴定终点溶液显酸性, Na_2CO_3 和 H_2SO_4 反应生成 Na_2SO_4 、 CO_2 和 H_2O , 仍是 $2\text{Na} \sim \text{SO}_4^{2-} \sim 2\text{H}^+$, 则测得 NH_3 的含量无影响。

- (1) 恒压滴液漏斗
- (2) $\text{I}_2 + 2\text{KClO}_3 + \text{HCl} \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3 + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{KCl}$ 碱石灰或 NaOH 固体
- (3) 温度过高, 碘易升华, 盐酸易挥发, $\text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3$ 会分解, 产率低 溶液变为无色或回流液呈无色或不再有黄绿色的气体冒出
- (4) KOH 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液 (5) 酸式滴定管
- (6) 87.15% 偏低 (7) BD

【解析】 将 2.54 g I_2 和 2.60 g KClO_3 的混合物用盐酸酸化并水浴加热, 得到碘酸氢钾 ($\text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3$) 溶液, 反应后溶液经 KOH 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中和后, 加入氯化钙得到碘酸钙 $[\text{Ca}(\text{IO}_3)_2]$ 悬浊液, 经冰水浴冷却后, 抽滤、洗涤并晾干得碘

酸钙晶体。(1) 仪器 c 的名称为恒压滴液漏斗。(2) 碘在酸性条件下被氯酸钾氧化成碘酸氢钾 ($\text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3$), 反应中有黄绿色的气体生成, 此气体应为氯气, 则该反应的化学方程式为

$\text{I}_2 + 2\text{KClO}_3 + \text{HCl} \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3 + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{KCl}$; 干燥管 d 中的试剂是碱石灰或 NaOH 固体, 吸收产生的氯气, 防止污染空气。(3) 步骤 I 中温度不宜过高的原因是温度过高, 碘易升华, 盐酸易挥发, $\text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3$ 会分解, 产率低; 碘单质反应完全或不再有氯气产生则反应结束, 故判断反应结束的实验现象是溶液变为无色或回流液呈无色或不再有黄绿色的气体冒出。(4) 步骤 II 中加入 X 溶液, 中和盐酸, 调节 $\text{pH} = 10$, 为不引入新的杂质离子, X 溶液可用 KOH 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液。(5) 根据数值精确度及实验操作可知步骤 III 中量取 25.00 mL 溶液 (酸性) 的玻璃仪器为酸式滴定管。(6) 滴定过程中发生的反应如下: $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 + 2\text{HClO}_4 \rightleftharpoons 2\text{HIO}_3 + \text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$, $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 可得 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \sim 2\text{HIO}_3 \sim 6\text{I}_2 \sim 12\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 根据题目描述, 25.00 mL 溶液用去 $25.24 \text{ mL} - 0.04 \text{ mL} = 25.20 \text{ mL}$ 标准溶液, 则 250 mL 溶液中含 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ 物质的量为 25.20×10^{-3}

$\text{L} \times 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{12} \times 10 = 0.002100 \text{ mol}$, 碘酸钙晶体

中 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的纯度为 $\frac{0.002100 \text{ mol} \times 498 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.2000 \text{ g}}$

$\times 100\% = 87.15\%$; 滴定过程 ① 中, 溶液蓝色褪去, 30 s 内又恢复蓝色, 消耗标准液偏少, 导致测得含量偏低。(7) 步骤 I 中球形冷凝管的冷凝水应该下进上出, 冷水进口为 a, A 错误; 碘酸钙为白色固体, 微溶于水, 步骤 II 中用冰水冷却有利于碘酸钙晶体析出, B 正确; O_2 也可氧化 I^- 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 步骤 III 中空白实验的主要目的是排除空气中 O_2 的干扰, C 错误; 2.54 g I_2 的物质的量为 $\frac{2.54 \text{ g}}{254 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$, 2.60 g KClO_3 的物

质的量为 $\frac{2.60 \text{ g}}{122.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.02 \text{ mol}$, 结合步骤 I 的反应可知

反应理论生成 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的物质的量为 0.01 mol , 则

产率为 $\frac{4.50 \text{ g} \times 87.15\%}{0.01 \text{ mol} \times 498 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 100\% \approx 78.8\%$, D 正确。

第 48 讲 探究型综合实验

- (1) 有刺激性气味气体放出 溶液变为黄色

(2) ① U 形管 ② $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
③ 防止水蒸气进入 B 中

(3) ① 偏大 锥形瓶内溶液颜色的变化 ② 10.00%

【解析】 (1) 当滴加足量浓 KOH 溶液并微热时, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 平衡 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) + $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色) + 2H^+ 向正反应方向移动, 故观察到的主要现象为固体溶解, 有刺激性气味气体放出, 溶液变为黄色。(2) ① 仪器 B 的名称是 U 形管。② 因碱石灰不能吸收 NH_3 , 而 D 中酚酞溶液不变色, 说明重铬酸铵分解无氨气产生; B 中碱石灰质量增加, 说明有水蒸气生成 (质量为 1.44 g), 但 B 中增加的质量 (1.44 g) 小于 A 中减小的质量 (2.00 g), 说明重铬酸铵分解产生的气体中除水蒸气外还有另外的气体, 该气体不能被碱石灰吸收, 结合 -3 价氮的还原性和 $+6$ 价铬的氧化性推测该气体是氮气, $n(\text{N}_2) = \frac{2.00 \text{ g} - 1.44 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, 生成 0.02 mol N_2 时转移电子的物质的量 $= 0.02 \text{ mol} \times 6 = 0.12 \text{ mol}$, 又因 A

中样品 $n[(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7] = \frac{5.040 \text{ g}}{252 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$, 根据氧化还原反应中得失电子守恒, 每个 $+6$ 价铬原子得到的电子数

$= \frac{0.12 \text{ mol}}{0.02 \text{ mol} \times 2} = 3$, 即铬元素化合价由 $+6$ 价降到 $+3$ 价, 由此推知 A 中生成固体是 Cr_2O_3 , $n(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0.02 \text{ mol}$; 生成水

蒸气的物质的量 $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1.44 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.08 \text{ mol}$; 则反应

中各物质的物质的量之比为 $n[(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7] : n(\text{Cr}_2\text{O}_3) : n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0.02 : 0.02 : 0.02 : 0.08 = 1 : 1 : 1 : 4$ 。

故重铬酸铵受热分解的化学方程式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta}$

$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。③为了使 B 中碱石灰只吸收重铬酸钾分解产生的水蒸气, C 的作用是防止 D 中水蒸气进入 B 中。(3)由甲醛法测定样品中氮的质量分数的反应原理知, 1 mol $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 能产生 4 mol H^+ [$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4\text{H}^+$ 与 H^+ 相当], 其中 2 mol H^+ 是由 2 mol NH_4^+ 生成的, NH_4^+ 产生的 H^+ 消耗的 NaOH 的量占消耗 NaOH 的总量的 $\frac{1}{2}$ (每摩尔氮原子生

成的 H^+ 消耗 1 mol NaOH)。①碱式滴定管用蒸馏水洗涤后, 直接加入 NaOH 标准溶液, NaOH 溶液将被滴定管内壁的水膜稀释, 用该 NaOH 溶液滴定时用去的 NaOH 溶液的体积将偏大; 中和滴定的关键是准确确定酸与碱恰好中和的时间点, 故眼睛应观察锥形瓶内溶液颜色的变化。②由表格数据知, 四次平行实验用去的 NaOH 标准溶液体积分别为 21.06 mL - 1.07 mL = 19.99 mL, 20.89 mL - 0.88 mL = 20.01 mL, 21.20 mL - 0.20 mL = 21.00 mL, 20.66 mL - 0.66 mL = 20.00 mL; 显然第三次实验数据异常, 舍去, 故滴定用去 NaOH 标准溶液体积的平均值 = $\frac{19.99 \text{ mL} + 20.01 \text{ mL} + 20.00 \text{ mL}}{3}$

20.00 mL; 2.800 g 样品可用去 NaOH 的总物质的量 = $0.020 \text{ 00 L} \times 0.200 \text{ 0 mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{250 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} = 0.040 \text{ 00 mol}$, 则

样品中氮原子物质的量 = $\frac{1}{2} \times 0.040 \text{ 00 mol} = 0.020 \text{ 00 mol}$,

样品中氮的质量分数 = $\frac{0.020 \text{ 00 mol} \times 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2.800 \text{ g}} \times 100\% = 10.00\%$ 。

2. (1) ① $3d^5 4s^1$ ②将四氯化碳吹入管式炉中和 Cr_2O_3 反应生成三氯化铬 ③冰水 ④ $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{CCl}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{COCl}_2 + 2\text{CrCl}_3$
(2) $\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{CrO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
(3) ①反应的活化能较高, 需要较高温度才能进行
②1:1 高锰酸根离子和溶液中氯离子发生了氧化还原反应, 导致高锰酸钾溶液用量增加

【解析】 A 中四氯化碳进入装置 B 中和 Cr_2O_3 反应生成三氯化铬, 生成物在 C 中冷凝, 尾气进行处理减少污染。

(1) ①Cr 为 24 号元素, 其基态原子的价层电子排布为 $3d^5 4s^1$ 。
②三氯化铬易升华, 高温下能被氧气氧化, 实验前先往装置 A 中通入 N_2 , 其目的是排尽装置中的空气防止空气中的氧气氧化三氯化铬, 在实验过程中还需要持续通入 N_2 , 其作用是将四氯化碳吹入管式炉中和 Cr_2O_3 反应生成三氯化铬。③三氯化铬熔点为 83°C , 则装置 C 的水槽中应盛有冰水, 便于生成物冷凝。④装置 B 中四氯化碳和 Cr_2O_3 反应生成三氯化铬, 还会生成光气 (COCl_2), B 中反应的化学方程式为 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{CCl}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{COCl}_2 + 2\text{CrCl}_3$ 。(2) CH_3OH 将铬酸钠 (Na_2CrO_4) 还原为 CrCl_3 , 同时甲醇被氧化为二氧化碳气体, 离子方程式为 $\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{CrO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。(3) ① CrCl_3 与 KMnO_4 在常温下反应, 观察不到 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的橙色, 另一种可能的原因是反应的活化能较高, 需要较高温度才能进行, 所以必须将反应液加热至沸腾 4~5 min 后, 才能观察到反应液由紫红色逐渐变为橙黄色的实验现象。②由表中数据可知, 在题述反应条件下, 欲将 Cr^{3+} 氧化为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, 高锰酸钾最佳用量为 10 滴, 则 CrCl_3 与 KMnO_4 最佳用量比为 $10:10=1:1$; 这与由反应 $10\text{Cr}^{3+} + 6\text{MnO}_4^- + 11\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 5\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Mn}^{2+} + 22\text{H}^+$ 所推断得到的用量比不符, 可能原因是高锰酸根离子和溶液中氯离子发生了氧化还原反应, 导致高锰酸钾溶液用量增加。

3. (1) $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$
(2) 弱碱性条件下 NO_2^- 氧化性弱, 不能将 I^- 氧化为 I_2
(3) $2\text{NO}_2^- + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
(4) ①碘单质在水溶液中溶解呈紫黑色, 说明 I^- 被氧化 ②实验 II 中反应物的量较少, 可能生成的 NO 和 NO_2 较少, 观察不到气体变色现象
(5) 注射器内生成无色气体, 取下橡皮塞, 吸入少量空气后气体变为红棕色

【解析】 (1) NaNO_2 溶液显弱碱性, 是由于弱酸根离子水解导致的, 离子方程式: $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$ 。(2) 淀粉

遇碘变蓝, 未变蓝说明未被氧化成碘单质, 即 NaNO_2 没有将 KI 氧化成 I_2 。(3) 在酸性条件下, NaNO_2 能将 I^- 氧化成 I_2 , 离子方程式: $2\text{I}^- + 2\text{NO}_2^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{NO} \uparrow + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。(4) ①碘单质在水溶液中溶解呈紫黑色, 说明 I^- 被氧化成 I_2 ; ②实验 II 中反应物的量较少, 即使液面上方有红棕色气体 NO_2 产生, 肉眼也无法观察到。(5) 由于空气被抽空, 产生的 NO 无法被氧化成 NO_2 , 吸入少量空气后气体变为红棕色, 证明来源 2 正确。

4. (1) $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
(2) ① KNO_3 ②正 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$ ③强 ④ 1×10^{-8}
(3) 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KNO}_3$ 溶液中滴加 2~3 滴淀粉溶液, 再滴加少量浓硫酸 (或硝酸), 调节溶液 pH=6, 若溶液变蓝, 则说明硝酸有影响, 若溶液不变蓝, 则说明硝酸无影响

【解析】 (1) 实验 A 中的现象为溶液呈棕黄色, 滴加淀粉溶液, 溶液变蓝, 说明产生了 I_2 , 因此 A 中反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ 。(2) ①盐桥中电解质可以使用 KNO_3 , 若用 KCl 则其中氯离子会与银离子产生沉淀; ②当 K 闭合时, 指针向右偏转, 说明形成了原电池, 向右偏转则说明石墨 2 作正极, 电极反应为 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$; ③当指针归零后, 向右侧烧杯中加入更大浓度 AgNO_3 溶液或向左侧烧杯中加入更大浓度 KI 溶液, 指针仍向右偏转, 再次发生反应, 可知 Ag^+ (或 I^-) 浓度越大, 溶液的氧化性 (或还原性) 越强; ④根据 $K_{sp}(\text{AgI}) = 1 \times 10^{-16}$, 当等体积等浓度 KI 和 AgNO_3 溶液混合时, 溶液中 $c(\text{Ag}^+) = c(\text{I}^-) = \sqrt{K_{sp}(\text{AgI})} = \sqrt{1 \times 10^{-16}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(3) 丙同学认为可能是硝酸氧化了 I^- , 那么要先有 HNO_3 生成, 故实验步骤为向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KNO}_3$ 溶液中滴加 2~3 滴淀粉溶液, 再滴加少量浓硫酸 (或硝酸), 调节溶液 pH=6, 若溶液变蓝, 则说明硝酸有影响, 若溶液不变蓝, 则说明硝酸无影响。

5. (1) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, 加浓盐酸, 增大氢离子浓度, 抑制水解
(2) ①② (3) $\text{SO}_3^{2-} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 取少量正极产物的溶液于试管中, 向试管中滴加几滴铁氰化钾溶液, 生成蓝色沉淀, 则说明有亚铁离子生成
(4) 丁达尔效应
(5) ①氧化还原反应速率相对水解反应速率较慢, 氧化还原反应和水解反应都是有限的

【解析】 配制氯化铁溶液时先加浓盐酸, 再稀释至所需体积。亚硫酸钠溶液含 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 、 H_2SO_3 、 Na^+ 、 OH^- 、 H^+ 、 H_2O 等微粒, 利用原电池原理分析亚硫酸钠和氯化铁溶液反应, 氯化铁作正极反应物, 亚硫酸钠作负极反应物, 用不同浓度的亚硫酸钠和氯化铁溶液混合进行探究性实验, 根据实验现象进行分析得到两者既发生氧化还原反应又发生双水解反应, 且反应速率较慢, 两反应都有一定的限度。(1) 由于铁离子发生水解, 加浓盐酸, 增大氢离子浓度, 水解平衡 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 逆向移动, 抑制水解, 因此甲同学配制 FeCl_3 溶液时加浓盐酸。(2) 溶液含 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 、 H_2SO_3 、 Na^+ 、 OH^- 、 H^+ 、 H_2O 微粒, 根据元素守恒得到 $2[c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)] = c(\text{Na}^+)$, 故①正确; 由于亚硫酸根离子水解生成亚硫酸氢根离子和氢氧根离子, 因此溶液显碱性, 根据质子守恒得到 $c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) = c(\text{HSO}_3^-) + 2c(\text{H}_2\text{SO}_3)$, 故②正确。(3) ①分析亚硫酸根离子和铁离子中元素化合价, 因此亚硫酸钠作负极反应物, 其电极反应式为 $\text{SO}_3^{2-} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ 。②正极是铁离子得到电子变为亚铁离子, 主要通过验证溶液中是否有亚铁离子, 因此探究正极产物的实验方案为取少量正极产物的溶液于试管中, 向试管中滴加几滴铁氰化钾溶液, 生成蓝色沉淀, 则说明有亚铁离子生成。(4) 甲同学认为实验 III 中红褐色的“溶液”可能是氢氧化铁胶体, 胶体具有丁达尔效应, 因此用丁达尔效应实验证实了推测。(5) 根据实验 I 有红褐色沉淀生成, 说明发生了相互促进的双水解反应, 放置一小时后, 溶液颜色变为绿色, 说明发生了氧化还原反应; 根据实验 III 的现象说明当 $c(\text{FeCl}_3) < c(\text{Na}_2\text{SO}_3)$ 时水解反应占主导地位, 几乎没有发生氧化还原反应, 因此同意他们的观点①。根据实验继续滴加 Na_2SO_3 溶液, 增大亚硫酸根离子的浓度, 一小时后氧化还原反应引起的现象才清晰, 说明氧化还原反应速率相对水解反应速率较慢, 氧化还原反应和水解反应都是有限的。