

# 2015 年天津市高考化学试卷解析版

## 参考答案与试题解析

### 一、选择题：

1. (6 分) 下列有关“化学与生活”的叙述不正确的是 ( )

- A. 点燃爆竹后，硫燃烧生成  $\text{SO}_3$
- B. 中国古代利用明矾溶液的酸性清除铜镜表面的铜锈
- C. 服用阿司匹林出现水杨酸反应时，用  $\text{NaHCO}_3$  溶液解毒
- D. 使用含钙离子浓度较大的地下水洗衣服，肥皂去污能力减弱

**【考点】** 14：物质的组成、结构和性质的关系.

**【分析】** A. 硫在空气或氧气中燃烧生成二氧化硫；

B. 明矾溶液中  $\text{Al}^{3+}$  水解使溶液呈酸性，铜锈为  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，溶于酸性溶液；

C. 水杨酸为邻羟基苯甲酸，含有羧基、酚羟基，羧基能与碳酸氢钠反应；

D. 肥皂有效成分为高级脂肪酸钠盐，会与钙离子反应生成难溶的高级脂肪酸钙。

**【解答】** 解：A. 硫在空气或氧气中燃烧生成二氧化硫，不能生成  $\text{SO}_3$ ，故 A 错误；

B. 明矾溶液中  $\text{Al}^{3+}$  水解使溶液呈酸性，铜锈为  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ，溶于酸性溶液，故利用明矾溶液的酸性清除铜镜表面的铜锈，故 B 正确；

C. 水杨酸为邻羟基苯甲酸，含有羧基、酚羟基，羧基能与碳酸氢钠反应生成二氧化碳，服用阿司匹林出现水杨酸反应时，可以用  $\text{NaHCO}_3$  溶液解毒，故 C 正确；

D. 肥皂有效成分为高级脂肪酸钠盐，用含钙离子浓度较大的地下水洗衣服，高级脂肪酸钠盐会与钙离子反应生成难溶的高级脂肪酸钙，使肥皂去污能力减弱，故 D 正确，

故选：A。

**【点评】** 本题考查化学与生活，比较基础，体现了化学知识在生产、生活中的应用。

2. (6 分) 下列关于物质或离子检验的叙述正确的是 ( )

- A. 在溶液中加入  $\text{KSCN}$ ，溶液显红色，证明原溶液中有  $\text{Fe}^{3+}$ ，无  $\text{Fe}^{2+}$
- B. 气体通过无水  $\text{CuSO}_4$ ，粉末变蓝，证明原气体中含有水蒸气
- C. 灼烧白色粉末，火焰呈黄色，证明原粉末中有  $\text{Na}^+$ ，无  $\text{K}^+$
- D. 将气体通入澄清石灰水，溶液变浑浊，证明原气体是  $\text{CO}_2$

**【考点】** 1B：真题集萃；DG：常见离子的检验方法；PG：常见阳离子的检验.

**【分析】** A. 如果该溶液既含  $\text{Fe}^{3+}$ ，又含  $\text{Fe}^{2+}$ ，滴加  $\text{KSCN}$  溶液，溶液呈红色，证明存

在  $\text{Fe}^{3+}$ ，并不能证明无  $\text{Fe}^{2+}$ ；

B. 无水硫酸铜吸水变为  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，白色粉末变蓝，可证明原气体中含有水蒸气；

C. 灼烧白色粉末，火焰成黄色，证明原粉末中有  $\text{Na}^+$ ，不能证明无  $\text{K}^+$ ，因为黄光可遮住紫光， $\text{K}^+$ 焰色反应需透过蓝色的钴玻璃滤去黄光后观察；

D. 能使澄清石灰水变浑浊的气体有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  等。

**【解答】**解：A.  $\text{Fe}^{3+}$ 遇  $\text{KSCN}$  会使溶液呈现红色， $\text{Fe}^{2+}$ 遇  $\text{KSCN}$  不反应无现象，如果该溶液既含  $\text{Fe}^{3+}$ ，又含  $\text{Fe}^{2+}$ ，滴加  $\text{KSCN}$  溶液，溶液呈红色，则证明存在  $\text{Fe}^{3+}$ ，并不能证明无  $\text{Fe}^{2+}$ ，故 A 错误；

B. 气体通过无水硫酸铜，粉末变蓝，则发生反应： $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，可证明原气体中含有水蒸气，故 B 正确；

C. 灼烧白色粉末，火焰呈黄色，证明原粉末中有  $\text{Na}^+$ ，并不能证明无  $\text{K}^+$ ， $\text{Na}^+$ 焰色反应为黄色，可遮住紫光， $\text{K}^+$ 焰色反应需透过蓝色的钴玻璃滤去黄光后观察，故 C 错误；

D. 能使澄清石灰水变浑浊的气体有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  等，故将气体通入澄清石灰水，溶液变浑浊，则原气体不一定是  $\text{CO}_2$ ，故 D 错误，

故选：B。

**【点评】**本题考查常见物质及离子检验，侧重对基础知识的考查，注意对基础知识的掌握积累。

3. (6分) 下列说法不正确的是 ( )

A.  $\text{Na}$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的反应是熵增的放热反应，该反应能自发进行

B. 饱和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液或浓硝酸均可使蛋白质溶液产生沉淀，但原理不同

C.  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{MnO}_2$  均可加快  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解，同等条件下二者对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解速率的改变相同

D.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  固体在溶液存在平衡： $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ ，该固体可溶于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液

**【考点】**C5：焓变和熵变；CA：化学反应速率的影响因素；DH：难溶电解质的溶解平衡及沉淀转化的本质；K6：氨基酸、蛋白质的结构和性质特点。

**【分析】**A. 该反应为固体与液态反应生成气体，该反应为熵增反应，反应放出大量的热，结合  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ ，反应自发进行；

B. 饱和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液或浓硝酸均可使蛋白质溶液产生沉淀，前者为盐析，后者为蛋白质变性；

- C.  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{MnO}_2$  对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解催化效果不相同；
- D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液中铵根离子水解呈酸性，消耗  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$  溶解平衡中的氢氧根离子，平衡右移。

【解答】解：A. Na 与水反应为固体与液态反应生成气体，该反应为熵增反应，即  $\Delta S > 0$ ，反应中钠熔化为小球，说明反应放出大量的热，即  $\Delta H < 0$ ，则  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ ，故该反应自发进行，故 A 正确；

B. 饱和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液或浓硝酸均可使蛋白质溶液产生沉淀，饱和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液降低蛋白质溶解度，为盐析现象，为可逆过程，再加入水可以溶解，硝酸具有强氧化性，使蛋白质变性，过程不可能，二者原理不同，故 B 正确；

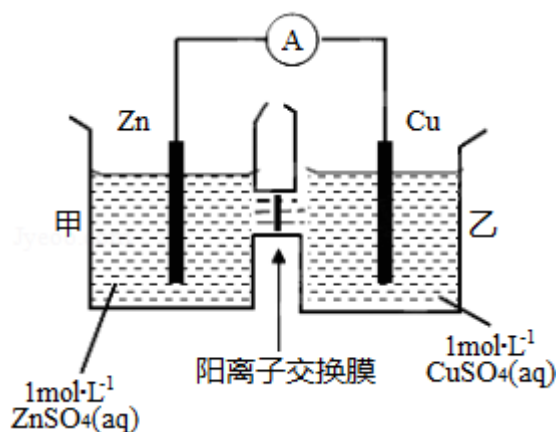
C.  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{MnO}_2$  对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解催化效果不相同，同等条件下  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解速率的改变不相同，故 C 错误；

D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液中铵根离子水解呈酸性，消耗  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$  溶解平衡中的氢氧根离子，使  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$  平衡右移，故  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  可溶于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液，故 D 正确，

故选：C。

【点评】本题侧重对化学反应原理考查，涉及反应自发性判断、蛋白质的性质、反应速率影响因素、沉淀溶解平衡等，注意 B 选项中蛋白质变性的一些方法，难度不大。

4. (6分) 锌铜原电池装置如图所示，其中阳离子交换膜只允许阳离子和水分子通过，下列有关叙述正确的是 ( )



- A. 铜电极上发生氧化反应
- B. 电池工作一段时间后，甲池的  $c(\text{SO}_4^{2-})$  减小
- C. 电池工作一段时间后，乙池溶液的总质量增加

D. 阴阳离子分别通过交换膜向负极和正极移动，保持溶液中电荷平衡

【考点】1B：真题集萃；BH：原电池和电解池的工作原理。

【分析】由图象可知，该原电池反应式为： $Zn+Cu^{2+}=Zn^{2+}+Cu$ ，Zn 发生氧化反应，为负极，Cu 电极上发生还原反应，为正极，阳离子交换膜只允许阳离子和水分子通过，两池溶液中硫酸根浓度不变，随反应进行，甲池中的  $Zn^{2+}$  通过阳离子交换膜进入乙池，以保持溶液呈电中性，进入乙池的  $Zn^{2+}$  与放电的  $Cu^{2+}$  的物质的量相等，而 Zn 的摩尔质量大于 Cu，故乙池溶液总质量增大。

【解答】解：A. 由图象可知，该原电池反应式为： $Zn+Cu^{2+}=Zn^{2+}+Cu$ ，Zn 为负极，发生氧化反应，Cu 为正极，发生还原反应，故 A 错误；

B. 阳离子交换膜只允许阳离子和水分子通过，故两池中  $c(SO_4^{2-})$  不变，故 B 错误；

C. 甲池中的  $Zn^{2+}$  通过阳离子交换膜进入乙池，乙池中发生反应： $Cu^{2+}+2e^{-}=Cu$ ，保持溶液呈电中性，进入乙池的  $Zn^{2+}$  与放电的  $Cu^{2+}$  的物质的量相等，而 Zn 的摩尔质量大于 Cu，故乙池溶液总质量增大，故 C 正确；

D. 甲池中的  $Zn^{2+}$  通过阳离子交换膜进入乙池，以保持溶液电荷守恒，阴离子不能通过阳离子交换膜，故 D 错误，

故选：C。

【点评】本题考查原电池工作原理，比较基础，注意阳离子交换膜只允许阳离子通过，C 选项利用电荷守恒分析。

5. (6分) 室温下，将  $0.20\text{mol Na}_2\text{CO}_3$  固体溶于水配成  $100\text{mL}$  溶液，向溶液中加入下列物质，有关结论正确的是 ( )

	加入的物质	结论
A	$100\text{mL } 2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$	反应结束后， $c(\text{Na}^+) = c(\text{SO}_4^{2-})$
B	$0.20\text{molCaO}$	溶液中 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{HCO}_3^-)}$ 增大
C	$200\text{mL H}_2\text{O}$	由水电离出的 $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ 不变
D	$0.4\text{molNaHSO}_4$ 固体	反应完全后，溶液 pH 减小， $c(\text{Na}^+)$ 不变

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】DD：盐类水解的应用。

【专题】51H：盐类的水解专题。

【分析】 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.2\text{mol}$ ，碳酸钠是强碱弱酸盐，碳酸根离子水解导致溶液呈碱性，水解方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ，

A.  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2\text{mol/L} \times 0.1\text{L} = 0.2\text{mol}$ ， $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，根据方程式知，二者恰好反应生成强酸强碱溶液  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，溶液呈中性，根据电荷守恒判断  $c(\text{Na}^+)$ 、 $c(\text{SO}_4^{2-})$  相对大小；

B.  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$ ，所以得  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$ ，根据方程式知，二者恰好反应生成  $\text{NaOH}$ ，反应后溶液中的溶质是  $\text{NaOH}$ ；

C. 加水稀释促进碳酸钠水解；

D.  $\text{NaHSO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应方程式为： $2\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，根据方程式知，二者恰好反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ ，溶液中的溶质是硫酸钠，溶液呈中性。

【解答】解： $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.2\text{mol}$ ，碳酸钠是强碱弱酸盐，碳酸根离子水解导致溶液呈碱性，水解方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ，

A.  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2\text{mol/L} \times 0.1\text{L} = 0.2\text{mol}$ ， $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，根据方程式知，二者恰好反应生成强酸强碱溶液  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，溶液呈中性，则  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，根据电荷守恒得  $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-})$ ，故 A 错误；

B.  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$ ，随着  $\text{CO}_3^{2-}$  的消耗， $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$  向左移动， $c(\text{HCO}_3^-)$  减小，反应生成  $\text{OH}^-$ ，则  $c(\text{OH}^-)$  增大，导致溶液中  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{HCO}_3^-)}$  增大，故 B 正确；

C. 加水稀释促进碳酸钠水解，则由水电离出的  $n(\text{H}^+)$ 、 $n(\text{OH}^-)$  都增大，但氢离子、氢氧根离子物质的量增大倍数小于溶液体积增大倍数， $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$  减小，二者浓度之积减小，故 C 错误；

D.  $\text{NaHSO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应方程式为： $2\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，根据方程式知，二者恰好反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ ，溶液中的溶质是硫酸钠，溶液呈中性，溶液由碱性变为中性，溶液的 pH 减小，因为硫酸氢钠中含有钠离子，所以  $c(\text{Na}^+)$

增大，故 D 错误；

故选：B。

**【点评】**本题为 2015 年高考题的改编题，考查离子浓度大小比较，为高频考点，明确盐类水解原理及物质之间的反应是解本题关键，结合电荷守恒、盐类水解特点分析解答，易错选项是 C，注意 C 中计算的是水电离出的  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$  之积而不是溶液中  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$  之积，为易错点。

6. (6 分) 某温度下，在 2L 的密闭容器中，加入 1molX (g) 和 2molY (g) 发生反应： $\text{X}(\text{g}) + m\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Z}(\text{g})$ ，平衡时，X、Y、Z 的体积分数分别为 30%、60%、10%，在此平衡体系中加入 1molZ (g)，再将达到平衡后，X、Y、Z 的体积分数不变。下列叙述不正确的是 ( )

A.  $m=2$

B. 两次平衡的平衡常数相同

C. X 与 Y 的平衡转化率之比为 1: 1

D. 第二次平衡时，Z 的浓度为  $0.4\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

**【考点】**CP：化学平衡的计算。

**【分析】**A. 平衡时，X、Y、Z 的体积分数分别为 30%、60%、10%，在此平衡体系中加入 1molZ (g)，再将达到平衡后，X、Y、Z 的体积分数不变，说明反应前后气体计量数之和不变；

B. 平衡常数只与温度有关，温度不变，平衡常数不变；

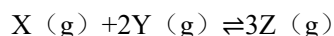
C. 设第一次达到平衡状态时 X 参加反应的物质的量为  $a\text{mol}$ ，根据转化率 
$$= \frac{\text{参加反应的物质的量}}{\text{初始物质的量}} \times 100\%$$
 进行计算；

D. 该反应的反应前后气体计量数之和不变，第一次反应是按照 X、Y 的计量数之比来投料，所以第二次平衡与第一次平衡是等效平衡，两次平衡后各物质的含量不变，据此解答。

**【解答】**解：A. 平衡时，X、Y、Z 的体积分数分别为 30%、60%、10%，在此平衡体系中加入 1molZ (g)，再将达到平衡后，X、Y、Z 的体积分数不变，说明反应前后气体计量数之和不变，所以  $m=2$ ，故 A 正确；

B. 平衡常数只与温度有关，温度不变，平衡常数不变，所以两次平衡的平衡常数相同，故 B 正确；

C. 设第一次达到平衡状态时 X 参加反应的物质的量为 amol,



开始 (mol)    1        2        0

转化 (mol)    a        2a      3a

平衡 (mol) (1 - a) (2 - 2a)    3a

相同条件下, 气体的体积与物质的量成正比, 所以其体积分数等于其物质的量分数, 即

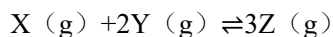
$(1 - a) : (2 - 2a) : 3a = 30\% : 60\% : 10\%$ , 所以  $a = 0.1$ , 则参加反应的  $\Delta n(\text{X}) = 0.1\text{mol}$ 、 $\Delta n(\text{Y}) = 0.2\text{mol}$ ,

转化率 =  $\frac{\text{参加反应的物质的量}}{\text{初始物质的量}} \times 100\%$ ,

X 的转化率 =  $\frac{0.1\text{mol}}{1\text{mol}} \times 100\% = 10\%$ , Y 的转化率 =  $\frac{0.2\text{mol}}{2\text{mol}} \times 100\% = 10\%$ , 所以 X 和 Y

的转化率之比为 1: 1, 故 C 正确;

D. 该反应的反应前后气体计量数之和不变, 第一次反应是按照 X、Y 的计量数之比来投料, 所以第二次平衡与第一次平衡是等效平衡, 两次平衡后各物质的含量不变, 投入 Z 后, 设 Z 参加反应的物质的量为 3bmol,



第一次平衡 (mol): 0.9        1.8        0.3

加入 1molZ: 0.9        1.8        1.3

转化: b        2b        3b

第二次平衡 (mol): (0.9+b)    (1.8+2b)    (1.3 - 3b)

各物质含量不变, 所以  $(0.9+b) : (1.8+2b) : (1.3 - 3b) = 30\% : 60\% : 10\% = 3 : 6 : 1$ ,

$b = 0.3$ ,  $n(\text{Z}) = (1.3 - 0.9)\text{mol} = 0.4\text{mol}$ , Z 的物质的量浓度 =  $\frac{0.4\text{mol}}{2\text{L}} = 0.2\text{mol/L}$ , 故

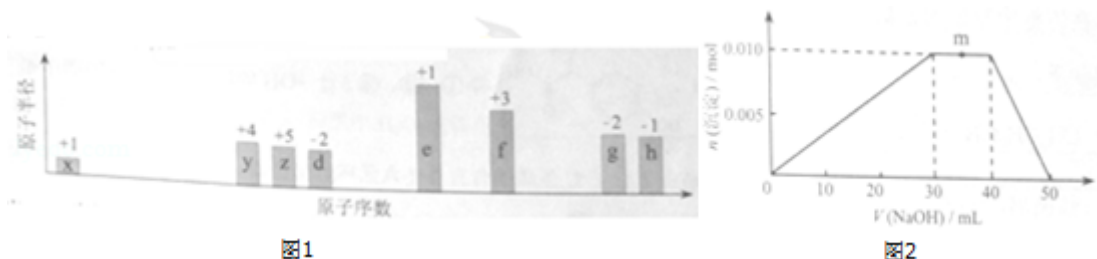
D 错误;

故选: D。

**【点评】**本题为 2015 年高考题, 考查化学平衡计算、等效平衡、平衡常数等知识点, 侧重考查学生分析计算能力, 注意平衡常数、电离平衡常数、溶度积常数、盐类水解平衡常数都只与温度有关, 与浓度无关, 难点是 D 选项计算, 题目难度中等。

## 二、非选择题

7. (14分) 随原子序数递增, 八种短周期元素(用字母x等表示)原子半径的相对大小, 最高正价或最低负价的变化如图1所示。



根据判断出的元素回答问题:

(1) f在周期表中的位置是 第三周期ⅢA族;

(2) 比较d、e常见离子的半径大小(用化学式表示, 下同):  $O^{2-} > Na^+$ ; 比较g、h的最高价氧化物对应水化物的酸性强弱:  $HClO_4 > H_2SO_4$ 。

(3) 任选上述元素组成一种四个原子共价化合物, 写出其电子式:  $\begin{array}{c} H \\ | \\ H : N : H \\ | \\ H \end{array}$  (或  $H : \ddot{O} : \ddot{O} : H$ 、 $H : C :: C : H$ );

(4) 已知1mole的单质在足量 $d_2$ 中燃烧, 恢复至室温, 放出255.5kJ热量, 写出该反应的热化学方程式:  $2Na(s) + O_2(g) = Na_2O_2(s) \Delta H = -511kJ \cdot mol^{-1}$ ;

(5) 上述元素可组成盐R:  $zx_4f(gd_4)_2$ , 向盛有10mL  $1mol \cdot L^{-1}$ R溶液的烧杯中滴加  $1mol \cdot L^{-1}$ NaOH溶液, 沉淀物质的量随NaOH溶液体积的变化示意图如图2

①R溶液中, 离子浓度由大到小的顺序是  $c(SO_4^{2-}) > c(NH_4^+) > c(Al^{3+}) > c(H^+) > c(OH^-)$ ;

②写出m点反应的离子方程式:  $NH_4^+ + OH^- = NH_3 \cdot H_2O$ ;

③若在R溶液中改加20ml  $1.2mol \cdot L^{-1}$  $Ba(OH)_2$ 溶液, 充分反应后, 溶液中产生沉淀的物质的量为 0.022 mol。

**【考点】** 1B: 真题集萃; 8J: 位置结构性质的相互关系应用。

**【分析】** 从图中的化合价和原子半径的大小, 可知x是H元素, y是C元素, z是N元素, d是O元素, e是Na元素, f是Al元素, g是S元素, h是Cl元素。

(1) f是Al元素, 在元素周期表的位置是第三周期ⅢA族;

(2) 电子层结构相同的离子, 核电荷数越大离子半径越小; 非金属性越强, 最高价氧化物水化物的酸性越强;

(3) 四原子共价化合物, 可以是 $NH_3$ 、 $H_2O_2$ 、 $C_2H_2$ 等;

(4) 1molNa 的单质在足量 O<sub>2</sub> 中燃烧生成 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (s), 放出 255.5kJ 热量, 2molNa 反应放出热量为 511kJ, 注明聚集状态、反应热书写热化学方程式;

(5) ①R 是 NH<sub>4</sub>Al (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 溶液中 Al<sup>3+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>均水解使溶液呈酸性, 但 Al<sup>3+</sup>比 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>水解程度更大;

②m 点过程中加入氢氧化钠, 沉淀物质的量不变, 是 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>与 OH<sup>-</sup> 反应生成 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O;

③根据 n=cV 计算 n (Al<sup>3+</sup>)、n (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、n (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、n (Ba<sup>2+</sup>)、n (OH<sup>-</sup>), 根据 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ba<sup>2+</sup>中不足量的离子的物质的量计算生成 BaSO<sub>4</sub> 的物质的量, 依次发生: Al<sup>3+</sup>+OH<sup>-</sup> = Al (OH)<sub>3</sub>↓、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+OH<sup>-</sup> =NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O、Al (OH)<sub>3</sub>+OH<sup>-</sup> =AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>+2H<sub>2</sub>O, 根据方程式计算生成 Al (OH)<sub>3</sub> 的物质的量, 进而二者计算生成固体总物质的量。

**【解答】**解 从图中的化合价和原子半径的大小, 可知 x 是 H 元素, y 是 C 元素, z 是 N 元素, d 是 O 元素, e 是 Na 元素, f 是 Al 元素, g 是 S 元素, h 是 Cl 元素。

(1) f 是 Al 元素, 在元素周期表的位置是第三周期IIIA 族, 故答案为: 第三周期IIIA 族

(2) 电子层结构相同的离子, 核电荷数越大离子半径越小, 故离子半径: r (O<sup>2-</sup>) > r (Na<sup>+</sup>); 非金属性越强, 最高价氧化物水化物的酸性越强, 故酸性: HClO<sub>4</sub>>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 故答案为: r (O<sup>2-</sup>) > r (Na<sup>+</sup>); HClO<sub>4</sub>>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

(3) 四原子共价化合物, 可以是 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 等, 其电子式为:  $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{N}:\text{H} \\ \vdots \end{array}$  (或  $\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:\text{H} \\ \vdots \end{array}$ 、 $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$ ),

故答案为:  $\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{N}:\text{H} \\ \vdots \end{array}$  (或  $\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:\text{H} \\ \vdots \end{array}$ 、 $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$ );

(4) 1molNa 的单质在足量 O<sub>2</sub> 中燃烧生成 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (s), 放出 255.5kJ 热量, 2molNa 反应放出热量为 511kJ, 则该反应的热化学方程式为: 2Na (s) +O<sub>2</sub> (g) =Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (s) ΔH= - 511kJ·mol<sup>-1</sup>,

故答案为: 2Na (s) +O<sub>2</sub> (g) =Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (s) ΔH= - 511kJ·mol<sup>-1</sup>;

(5) ①R 是 NH<sub>4</sub>Al (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 溶液中 Al<sup>3+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>均水解使溶液呈酸性, 但 Al<sup>3+</sup>比 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>水解程度更大, 故离子浓度由大到小的顺序是: c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) >c (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) >c (Al<sup>3+</sup>) >c (H<sup>+</sup>) >c (OH<sup>-</sup>),

故答案为: c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) >c (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) >c (Al<sup>3+</sup>) >c (H<sup>+</sup>) >c (OH<sup>-</sup>);

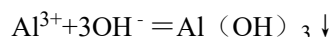
②m 点过程中加入氢氧化钠, 沉淀物质的量不变, 是 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>与 OH<sup>-</sup> 反应生成 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O,

离子方程式为： $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,

故答案为： $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;

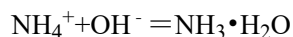
③  $10\text{mL } 1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  溶液中  $\text{Al}^{3+}$  物质的量为  $0.01\text{mol}$ ,  $\text{NH}_4^+$  的物质的量为  $0.01\text{mol}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量为  $0.02\text{mol}$ ,  $20\text{mL } 1.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中  $\text{Ba}^{2+}$  物质的量为  $0.024\text{mol}$ ,  $\text{OH}^-$  为  $0.048\text{mol}$ ,

由  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ , 可知  $\text{SO}_4^{2-}$  不足, 故可以得到  $0.02\text{mol BaSO}_4$ ,



$0.01\text{mol } 0.03\text{mol } 0.01\text{mol}$

反应剩余  $\text{OH}^-$  为  $0.048\text{mol} - 0.03\text{mol} = 0.018\text{mol}$ ,



$0.01\text{mol } 0.01\text{mol}$

反应剩余  $\text{OH}^-$  为  $0.018\text{mol} - 0.01\text{mol} = 0.008\text{mol}$ ,



$0.008\text{mol } 0.008\text{mol}$

故得到  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀为  $0.01\text{mol} - 0.008\text{mol} = 0.002\text{mol}$

则最终得到固体为  $0.02\text{mol} + 0.002\text{mol} = 0.022\text{mol}$ ,

故答案为： $0.022\text{mol}$ 。

**【点评】** 本题考查结构位置性质关系、离子半径的大小比较、元素周期律、热化学方程式书写、离子浓度大小比较、化学图象及化学计算, 是对学生综合能力的考查, 需要学生具备扎实的基础, 难度中等。

8. (18分) 扁桃酸衍生物是重要的医药中间体, 以 A 和 B 为原料合成扁桃酸衍生物 F 的路线如图 1:

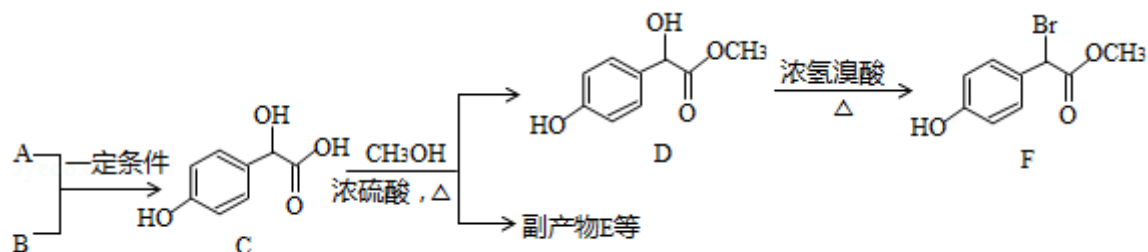
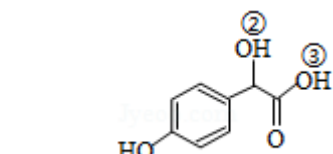
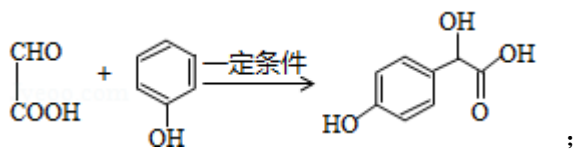


图1

(1) A 分子式为  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_3$ , 可发生银镜反应, 且具有酸性, A 所含官能团名称为 醛基、羧基, 写出  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  的化学方程式:

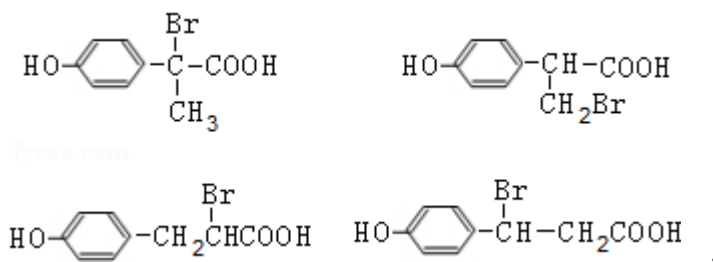


(2) C ( ① ) 中①、②、③3个 -OH 的酸性由强到弱的顺序是 ③>①  
>② ;

(3) E 是由 2 分子 C 生成的含有 3 个六元环的化合物, E 分子中不同化学环境的氢原子有 4 种.

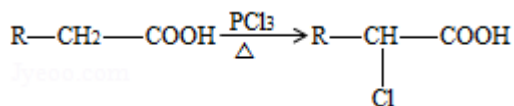
(4) D→F 的反应类型是 取代反应, 1mol F 在一定条件下与足量 NaOH 溶液反应, 最多消耗 NaOH 的物质的量为 3 mol.

写出符合下列条件的 F 的所有同分异构体 (不考虑立体异构) 的结构简式:



①属于一元酸类化合物

②苯环上只有 2 个取代基且处于对位, 其中一个为羟基



(5) 已知:

A 有多种合成方法, 在图 2 方框中写出由乙酸合成 A 的路线图 (其他原料任选), 合

成路线图示例如下:  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}, \Delta]{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{浓硫酸}, \Delta]{\text{CH}_3\text{COOH}} \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ .



图2

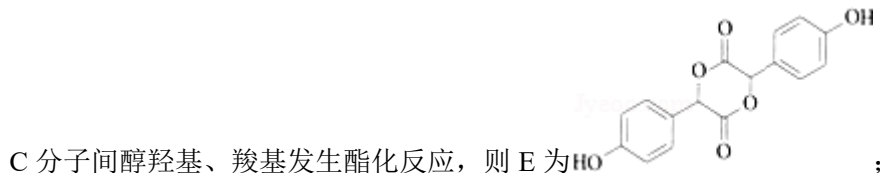
【考点】HC: 有机物的合成.

【分析】(1) A 的分子式为  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_3$ , 可发生银镜反应, 且具有酸性, 含有醛基和羧基,

则 A 是  $\text{OHC} - \text{COOH}$ ，根据 C 的结构可知 B 是 ， $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  发生加成反应；

(2) 羧基的酸性强于酚羟基，酚羟基的酸性强于醇羟基；

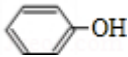
(3) C 中有羟基和羧基，2 分子 C 可以发生酯化反应，可以生成 3 个六元环的化合物，

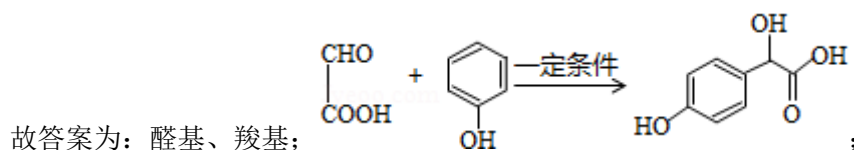
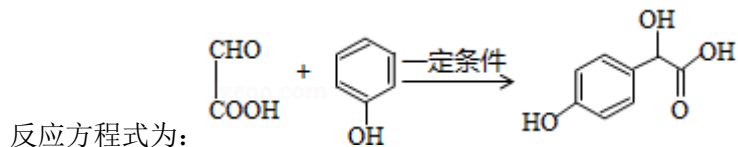


(4) 对比 D、F 的结构，可知溴原子取代 -OH 位置；F 中溴原子、酚羟基、酯基（羧酸与醇形成的酯基），都可以与氢氧化钠反应；

F 的所有同分异构体符合：①属于一元酸类化合物，②苯环上只有 2 个取代基且处于对位，其中一个是羟基，另外取代基为  $-\text{CBr}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}(\text{CH}_2\text{Br})\text{COOH}$ 、 $-\text{CH}_2\text{CHBrCOOH}$ 、 $-\text{CHBrCH}_2\text{COOH}$ ；

(5) 由题目信息可知，乙酸与  $\text{PCl}_3$  反应得到  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ，在氢氧化钠水溶液、加热条件下发生水解反应得到  $\text{HOCH}_2\text{COONa}$ ，用盐酸酸化得到  $\text{HOCH}_2\text{COOH}$ ，最后在 Cu 作催化剂条件下发生催化氧化得到  $\text{OHC} - \text{COOH}$ 。

**【解答】**解：(1) A 的分子式为  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_3$ ，可发生银镜反应，且具有酸性，含有醛基和羧基，则 A 是  $\text{OHC} - \text{COOH}$ ，根据 C 的结构可知 B 是 ， $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  发生加成反应，

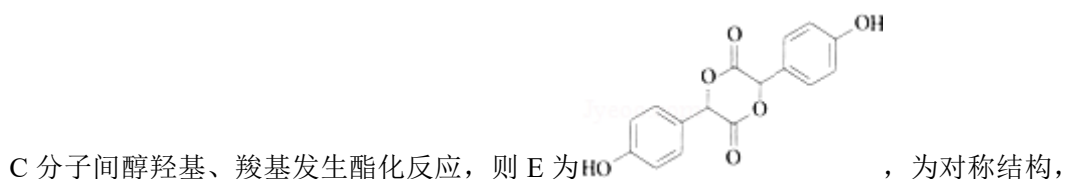


(2) 羧基的酸性强于酚羟基，酚羟基的酸性强于醇羟基，故强弱顺序为：③ > ① > ②，

故答案为：③ > ① > ②；

羧基的酸性强于酚羟基，酚羟基的酸性强于醇羟基；

(3) C 中有羟基和羧基，2 分子 C 可以发生酯化反应，可以生成 3 个六元环的化合物，

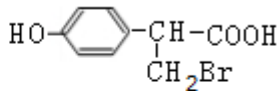
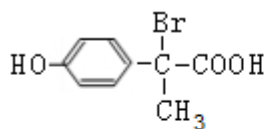


分子中有 4 种化学环境不同的 H 原子，分别为苯环上 2 种、酚羟基中 1 种、亚甲基上 1 种，

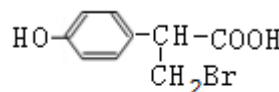
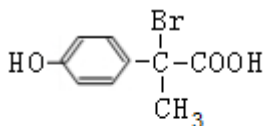
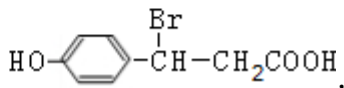
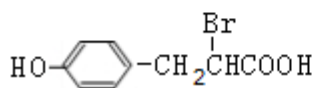
故答案为：4；

(4) 对比 D、F 的结构，可知溴原子取代 -OH 位置，D→F 的反应类型是：取代反应；F 中溴原子、酚羟基、酯基（羧酸与醇形成的酯基），都可以与氢氧化钠反应，1mol F 最多消耗 3mol NaOH；

F 的所有同分异构体符合：①属于一元酸类化合物，②苯环上只有 2 个取代基且处于对位，其中一个是羟基，另外取代基为 -CBr(CH<sub>3</sub>)COOH、-CH(CH<sub>2</sub>Br)COOH、-CH<sub>2</sub>CHBrCOOH、-CHBrCH<sub>2</sub>COOH，可能的结构简式为：



byee.com



byee.com

故答案为：取代反应；3； $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Br})-\text{COOH}$   $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}(\text{Br})-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ；

(5) 由题目信息可知，乙酸与 PCl<sub>3</sub> 反应得到 ClCH<sub>2</sub>COOH，在氢氧化钠水溶液、加热条件下发生水解反应得到 HOCH<sub>2</sub>COONa，用盐酸酸化得到 HOCH<sub>2</sub>COOH，最后在 Cu 作催化剂条件下发生催化氧化得到 OHC - COOH，合成路线流程图为：



故答案为： $\text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{PCl}_3} \text{ClCH}_2\text{COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}} \text{HOCH}_2\text{COONa} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{HOCH}_2\text{COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{O}_2/\text{Cu}} \text{OHC}$

- COOH.

【点评】本题考查有机物的推断与合成、同分异构体的书写、常见有机反应类型、官能团的性质等，是对有机化学基础的综合考查，难度中等。

9. (18 分) 废旧印刷电路板是一种电子废弃物，其中铜的含量达到矿石中的几十倍，湿法

技术是将粉碎的印刷电路板经溶解、萃取、电解等操作得到纯铜产品。某化学小组模拟该方法回收铜和制取胆矾，流程简图如图 1：

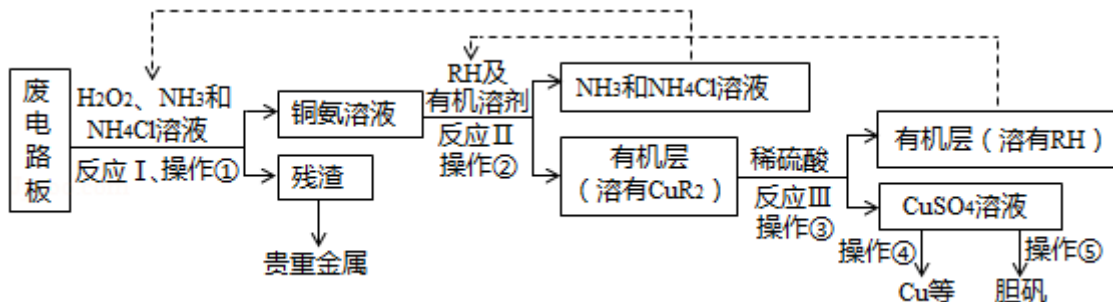


图1

回答下列问题：

(1) 反应 I 是将 Cu 转化为  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ，反应中  $\text{H}_2\text{O}_2$  的作用是 氧化剂，写出操作①的名称：过滤；

(2) 反应 II 是铜氨溶液中的  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  与有机物 RH 反应，写出该反应的离子方程式： $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{RH} = \text{CuR}_2 + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \uparrow$ ，操作②用到的主要仪器名称为 分液漏斗，其目的是（填序号）ab。

- a. 富集铜元素
- b. 使铜元素与水溶液中的物质分离
- c. 增加  $\text{Cu}^{2+}$  在水中的溶解度

(3) 反应 III 是有机溶液中的  $\text{CuR}_2$  与稀硫酸反应生成  $\text{CuSO}_4$  和 RH，若操作③使用如图 2 装置，图中存在的错误是 分液漏斗尖端未紧靠烧杯内壁；液体过多；



图2

(4) 操作④以石墨作电极电解  $\text{CuSO}_4$  溶液，阴极析出铜，阳极产物是  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，操作⑤由硫酸铜溶液制胆矾的主要步骤是 加热浓缩、冷却结晶、过滤；

(5) 流程中有三处实现了试剂的循环使用，已用虚线标出两处，第三处的试剂是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，循环使用的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  在反应 I 中的主要作用是 防止由于溶液中  $c(\text{OH}^-)$  过高，生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀。

**【考点】** 1B：真题集萃；P8：物质分离和提纯的方法和基本操作综合应用。

**【分析】** 废电路板中加入双氧水、氨气、氯化铵溶液，得到铜氨溶液和残渣，分离难溶

性固体和溶液采用过滤方法，所以操作①是过滤，反应 I 是将 Cu 转化为  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ，Cu 元素化合价由 0 价变为 +2 价，所以 Cu 是还原剂，则双氧水是氧化剂，将 Cu 氧化；反应 II 是铜氨溶液中的  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  与有机物 RH 反应，生成  $\text{CuR}_2$ ，同时生成  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$ ；

互不相溶的液体采用分液方法分离，所以操作②是分液；向有机层中加入稀硫酸，根据流程图知，生成  $\text{CuSO}_4$  和 HR，然后采用分液方法分离得到 HR，以石墨为电极电解硫酸铜溶液时，阳极上氢氧根离子放电、阴极上铜离子放电；从硫酸铜溶液中获取胆矾，采用加热浓缩、冷却结晶、过滤的方法得到晶体；

(1) 双氧水具有氧化性，能氧化还原性物质，分离难溶性固体和溶液采用过滤方法；

(2) 反应 II 是铜氨溶液中的  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  与有机物 RH 反应生成  $\text{CuR}_2$ ，同时生成  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$ ，根据反应物和生成物书写该反应的离子方程式为：分离互不相溶的液体采用分液方法，分液时常用分液漏斗；

(3) 反应 III 是有机溶液中的  $\text{CuR}_2$  与稀硫酸反应生成  $\text{CuSO}_4$  和 RH，分液时分液漏斗下端要紧靠烧杯内壁，且分液漏斗内不能盛放太多溶液；

(4) 以石墨为电极电解硫酸铜溶液时，阳极上氢氧根离子放电、阴极上铜离子放电， $\text{SO}_4^{2-}$  向阳极移动；从溶液中获取晶体采用加热浓缩、冷却结晶、过滤方法；

(5) 电解硫酸铜溶液时能得到硫酸，硫酸能循环利用；氯化铵电离出的铵根离子抑制一水合氨电离而降低溶液碱性。

**【解答】**解：废电路板中加入双氧水、氨气、氯化铵溶液，得到铜氨溶液和残渣，分离难溶性固体和溶液采用过滤方法，所以操作①是过滤，反应 I 是将 Cu 转化为  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ，Cu 元素化合价由 0 价变为 +2 价，所以 Cu 是还原剂，则双氧水是氧化剂，将 Cu 氧化；反应 II 是铜氨溶液中的  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  与有机物 RH 反应，生成  $\text{CuR}_2$ ，同时生成  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$ ；

互不相溶的液体采用分液方法分离，所以操作②是分液；向有机层中加入稀硫酸，根据流程图知，生成  $\text{CuSO}_4$  和 HR，然后采用分液方法分离得到 HR，以石墨为电极电解硫酸铜溶液时，阳极上氢氧根离子放电、阴极上铜离子放电；从硫酸铜溶液中获取胆矾，采用加热浓缩、冷却结晶、过滤的方法得到晶体；

(1) 双氧水具有氧化性，能氧化还原性物质 Cu，所以双氧水作氧化剂；分离难溶性固体和溶液采用过滤方法，该混合溶液中重金属是难溶物、铜氨溶液是液体，所以操作①是过滤，故答案为：氧化剂；过滤；

(2) 反应II是铜氨溶液中的  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  与有机物  $\text{RH}$  反应生成  $\text{CuR}_2$ ，同时生成  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$ ，根据反应物和生成物书写该反应的离子方程式  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{RH} = \text{CuR}_2 + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \uparrow$ ；分离互不相溶的液体采用分液方法，分液时常用分液漏斗，分液的目的是富集铜元素、使铜元素与水溶液中的物质分离，所以 ab 正确，

故答案为： $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{RH} = \text{CuR}_2 + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \uparrow$ ；分液漏斗；ab；

(3) 反应III是有机溶液中的  $\text{CuR}_2$  与稀硫酸反应相当于复分解反应，所以生成  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{RH}$ ，分液时分液漏斗下端要紧靠烧杯内壁，且分液漏斗内不能盛放太多溶液，

故答案为： $\text{RH}$ ；分液漏斗尖端未紧靠烧杯内壁；液体过多；

(4) 以石墨为电极电解硫酸铜溶液时，阳极上氢氧根离子放电、阴极上铜离子放电，所以阳极上生成  $\text{O}_2$ ，同时有大量的  $\text{H}^+$  生成，且  $\text{SO}_4^{2-}$  也向阳极移动在阳极积累，因此阳极产物还有  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ；从溶液中获取晶体采用加热浓缩、冷却结晶、过滤方法，

故答案为： $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ；加热浓缩、冷却结晶、过滤；

(5) 电解硫酸铜溶液时能得到硫酸，在反应 III 中用到硫酸，所以  $\text{H}_2\text{SO}_4$  能循环利用；氯化铵电离出的铵根离子抑制一水合氨电离而降低溶液碱性，从而抑制氢氧化铜生成，故答案为： $\text{H}_2\text{SO}_4$ ；防止由于溶液中  $c(\text{OH}^-)$  过高，生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀。

**【点评】**本题为 2015 年高考题，考查物质分离和提纯，涉及基本实验操作、氧化还原反应、电解原理等知识点，侧重考查学生实验操作规范性、知识综合应用能力等，能从整体上把握是解本题关键，易错点是 (5) 题第一个空，题目难度中等。

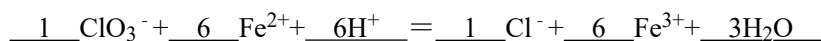
10. (14 分)  $\text{FeCl}_3$  具有净水作用，但腐蚀设备，而聚合氯化铁是一种新型的絮凝剂，处理污水比  $\text{FeCl}_3$  高效，且腐蚀性小，请回答下列问题：

(1)  $\text{FeCl}_3$  净水的原理是  $\text{Fe}^{3+}$  水解生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体粒子能吸附水中的悬浮杂质， $\text{FeCl}_3$  溶液腐蚀钢铁设备，除  $\text{H}^+$  作用外，另一主要原因是(用离子方程式表示)  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ ；

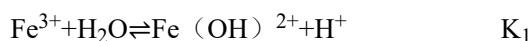
(2) 为节约成本，工业上用  $\text{NaClO}_3$  氧化酸性  $\text{FeCl}_2$  废液得到  $\text{FeCl}_3$ 。

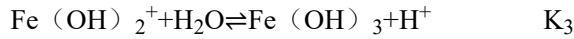
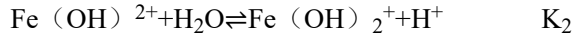
①若酸性  $\text{FeCl}_2$  废液中  $c(\text{Fe}^{2+}) = 2.0 \times 10^{-2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{Cl}^-) = 5.3 \times 10^{-2} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则该溶液的 pH 约为 2；

②完成  $\text{NaClO}_3$  氧化  $\text{FeCl}_2$  的离子方程式：



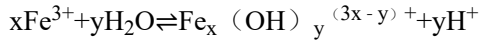
(3)  $\text{FeCl}_3$  在溶液中分三步水解：





以上水解反应的平衡常数  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  由大到小的顺序是  $K_1 > K_2 > K_3$ 。

通过控制条件，以上水解产物聚合，生成聚合氯化铁，离子方程式为：

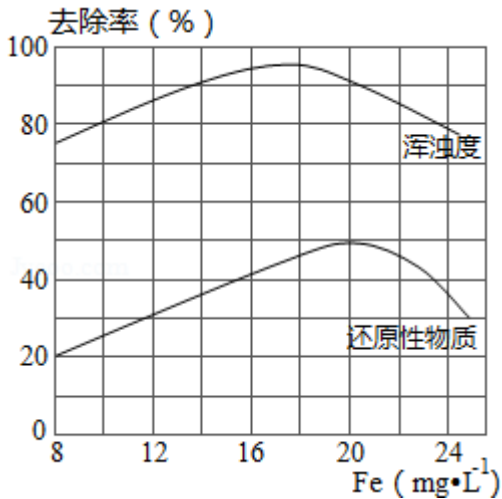


欲使平衡正向移动可采用的方法是（填序号） bd。

a. 降温      b. 加水稀释      c. 加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$       d. 加入  $\text{NaHCO}_3$

室温下，使氯化铁溶液转化为高浓度聚合氯化铁的关键条件是 调节溶液的 pH；

（4）天津某污水处理厂用聚合氯化铁净化污水的结果如图所示，由图中数据得出每升污水中投放聚合氯化铁[以  $\text{Fe}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$  表示]的最佳范围约为 18~20  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。



**【考点】** B3：氧化还原反应方程式的配平；CB：化学平衡的影响因素；DA：pH 的简单计算；DB：盐类水解的原理；DD：盐类水解的应用。

**【分析】**（1） $\text{Fe}^{3+}$  水解生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体粒子能吸附水中的悬浮杂质，可起到净水的作用；钢铁设备中的 Fe 会与铁离子反应生成亚铁离子；

（2）①根据电荷守恒： $c(\text{Cl}^-) = 2c(\text{Fe}^{2+}) + 3c(\text{Fe}^{3+}) + c(\text{H}^+)$ （酸性溶液中  $\text{OH}^-$  浓度很小，在这里可以忽略不计），据此溶液中氢离子的浓度，再根据  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$  计算；

②氯酸钠氧化酸性的氯化亚铁，则反应物中有氢离子参加，则生成物中有水生成，Cl 元素的化合价从 +5 价降低到 -1 价，得到 6 个电子，而 Fe 元素的化合价从 +2 价升高到 +3 价，失去 1 个电子，根据得失电子守恒，则氯酸根离子的系数为 1， $\text{Fe}^{2+}$  的系数为 6，则铁离子的系数也是 6，氯离子的系数是 1，根据电荷守恒，则氢离子的系数是 6，水的系数是 3；

(3) 铁离子的水解分为三步，且水解程度逐渐减弱，所以水解平衡常数逐渐减小；

控制条件使平衡正向移动，水解为吸热反应，所以降温平衡逆向移动；加水稀释，则水解平衡也正向移动；加入氯化铵，氯化铵溶液为酸性，氢离子浓度增大，平衡逆向移动；加入碳酸氢钠，则消耗氢离子，平衡正向移动；

从反应的离子方程式中可知，氢离子的浓度影响高浓度聚合氯化铁的生成，所以关键步骤是调节溶液的 pH；

(4) 由图象可知，聚合氯化铁的浓度在  $18\sim 20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时，去除率达到最大值，污水的浑浊度减小。

**【解答】**解：(1)  $\text{Fe}^{3+}$  水解生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体粒子能吸附水中的悬浮杂质，可起到净水的作用；钢铁设备中的 Fe 会与铁离子反应生成亚铁离子，离子方程式是： $2\text{Fe}^{3+}+\text{Fe}=3\text{Fe}^{2+}$ ，

故答案为： $\text{Fe}^{3+}$  水解生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体粒子能吸附水中的悬浮杂质； $2\text{Fe}^{3+}+\text{Fe}=3\text{Fe}^{2+}$ ；

(2) ①根据电荷守恒： $c(\text{Cl}^-)=2c(\text{Fe}^{2+})+3c(\text{Fe}^{3+})+c(\text{H}^+)$  (酸性溶液中  $\text{OH}^-$  浓度很小，在这里可以忽略不计)，则  $c(\text{H}^+)=c(\text{Cl}^-)-2c(\text{Fe}^{2+})-3c(\text{Fe}^{3+})=1.0\times 10^{-2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则溶液  $\text{pH}=-\lg 1.0\times 10^{-2}=2$ ，

故答案为：2；

②氯酸钠氧化酸性的氯化亚铁，则反应物中有氢离子参加，则生成物中有水生成，Cl 元素的化合价从 +5 价降低到 -1 价，得到 6 个电子，而 Fe 元素的化合价从 +2 价升高到 +3 价，失去 1 个电子，根据得失电子守恒，则氯酸根离子的系数为 1， $\text{Fe}^{2+}$  的系数为 6，则铁离子的系数也是 6，氯离子的系数是 1，根据电荷守恒，则氢离子的系数是 6，水的系数是 3，配平后离子方程式为： $\text{ClO}_3^-+6\text{Fe}^{2+}+6\text{H}^+=\text{Cl}^-+6\text{Fe}^{3+}+3\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为：1；6； $6\text{H}^+$ ；1；6； $3\text{H}_2\text{O}$ ；

(3) 铁离子的水解分为三步，且水解程度逐渐减弱，所以水解平衡常数逐渐减小，则  $K_1>K_2>K_3$ ；

控制条件使平衡正向移动，使平衡正向移动，因为水解为吸热反应，所以降温，平衡逆向移动；加水稀释，则水解平衡也正向移动；加入氯化铵，氯化铵溶液为酸性，氢离子浓度增大，平衡逆向移动；加入碳酸氢钠，则消耗氢离子，所以氢离子浓度降低，平衡正向移动，故选 bd；

从反应的离子方程式中可知，氢离子的浓度影响高浓度聚合氯化铁的生成，所以关键步

骤是调节溶液的 pH,

故答案为:  $K_1 > K_2 > K_3$ ; bd; 调节溶液的 pH;

(4) 由图象可知, 聚合氯化铁的浓度在  $18 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 去除率达到最大值, 污水的浑浊度减小,

故答案为:  $18 \sim 20$ .

**【点评】** 本题考查铁的化合物性质的应用、氧化还原反应方程式的配平、对图象的分析能力、平衡移动影响因素等, 需要学生具备扎实的基础与灵活运用难度, 难度中等.