

# 2020 年北京市普通高中学业水平等级性考试化学试题逐题解析

本试卷共 12 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16

## 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 近年来，我国航空航天事业成果显著。下列成果所涉及的材料为金属材料的是

- A. “天宫二号”航天器使用的质量轻强度高的材料——钛合金
- B. “北斗三号”导航卫星使用的太阳能电池材料——砷化镓
- C. “长征五号”运载火箭使用的高效燃料——液氢
- D. “C919”飞机身使用的复合材料——碳纤维和环氧树脂

**【答案】A**

**【解析】**

- A. 钛合金中含有 Ti 单质，故属于金属材料，故 A 正确；
- B. 砷化镓 GaAs 为盐类物质，其中的金属元素镓是离子状态而非单质，它属于无机非金属材料，故 B 错误；
- C. 液氢为非金属单质，故 C 错误；
- D. 碳纤维为无机非金属材料，环氧树脂为有机高分子材料，均不含金属单质，故 D 错误。

2. 下列物质的应用中，利用了氧化还原反应的是

- A. 用石灰乳脱除烟气中的 SO<sub>2</sub>
- B. 用明矾 [KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O] 处理污水
- C. 用盐酸去除铁锈（主要成分 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O）

D.用 84 消毒液（有效成分 NaClO）杀灭细菌

**【答案】D**

**【解析】**

- A.石灰乳脱除 SO<sub>2</sub>, 发生反应 SO<sub>2</sub>+Ca(OH)<sub>2</sub>=CaSO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O, 没有化合价变化, 故 A 错误;
- B.明矾处理污水, 本质是 Al<sup>3+</sup>+3H<sub>2</sub>O=Al(OH)<sub>3</sub>(胶体)+3H<sup>+</sup>, 生成的氢氧化铝胶体可以吸附水中的悬浮物, 没有化合价的改变, 故 B 错误;
- C.盐酸除铁锈, 利用 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O+6H<sup>+</sup>=2Fe<sup>3+</sup>+(x+3)H<sub>2</sub>O 反应, 没有化合价的改变, 故 C 错误;
- D.NaClO 有强氧化性, 可将细菌中的遗传物质如 DNA 等氧化破坏, 因此能杀灭细菌, 发生了氧化还原反应, 故 D 正确。

3.水与下列物质反应时, 水表现出氧化性的是

- A.Na      B.Cl<sub>2</sub>      C.NO<sub>2</sub>      D.Na<sub>2</sub>O

**【答案】A**

**【解析】**

- A.钠与水反应生成氢氧化钠和氢气, 水中氢元素化合价降低, 做氧化剂, 表现氧化性, 故 A 正确;
- B.氯气与水反应生成氯化钠和次氯酸钠, 氯元素化合价既降低又升高, 为自身氧化还原反应, 水既不做氧化剂, 也不做还原剂, 故 B 错误;
- C.二氧化氮与水反应生成硝酸和一氧化氮, 氮元素化合价既升高又降低, 为自身氧化还原反应, 水既不做氧化剂, 也不做还原剂, 故 C 错误;
- D.氧化钠与水反应生成氢氧化钠, 该反应无元素化合价变化, 为非氧化还原反应, 故 D 错误。

4.已知: <sub>33</sub>As (砷) 与 P 为同族元素。下列说法不正确的是

- A.As 原子核外最外层有 5 个电子

B.  $\text{AsH}_3$  的电子式是  $\text{H}:\ddot{\text{As}}:\text{H}$

C. 热稳定性:  $\text{AsH}_3 < \text{PH}_3$

D. 非金属性:  $\text{As} < \text{Cl}$

**【答案】B**

**【解析】**

A. As 与 P 为同族元素, 均为第 VA 族, 最外层电子数等于主族数, 故 A 正确;

B. 电子式必须满足最外层 8 电子稳定结构 (H 满足最外层 2 电子稳定结构), 题目中 As 最外层只有 6 个电子, 故 B 错误;

C. As 与 P 为同族元素, As 在 P 下方, 非金属性:  $\text{As} < \text{P}$ , 其氢化物的热稳定性为  $\text{AsH}_3 < \text{PH}_3$ , 故 C 正确;

D. As 与 P 为同族元素, As 在 P 下方, 非金属性:  $\text{As} < \text{P}$ , 而 P 与 Cl 同周期, Cl 在 P 右边, 非金属性:  $\text{P} < \text{Cl}$ , 三者非金属性:  $\text{As} < \text{P} < \text{Cl}$ , 故 D 正确。

5. 下列说法正确的是

A. 同温同压下,  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  的密度相同

B. 质量相同的  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{D}_2\text{O}$  (重水) 所含的原子数相同

C. 物质的量相同的  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  和  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  所含共价键数相同

D. 室温下, pH 相同的盐酸和硫酸中, 溶质的物质的量浓度相同

**【答案】C**

**【解析】**

A. 同温同压下, 气体的密度之比等于摩尔质量之比, 故 A 错误;

B. 质量相同的水和重水的摩尔质量不等, 所以物质的量不等, 故 B 错误;

C. 1 个乙醇分子和 1 个甲醚分子中均含 8 个共价键, 故 C 正确;

D. 室温下, pH 相同, 氢离子浓度相同, 盐酸是一元强酸, 硫酸是二元强酸, 物质的量浓度不相等, 故 D 错误。

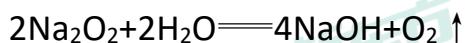
6. 下列方程式与所给事实不相符的是

- A.用碳酸钠溶液处理锅炉水垢:  $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}$

B.湿润的淀粉碘化钾试纸遇氯气变蓝:  $3\text{Cl}_2 + \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 6\text{Cl}^- + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+$

C.铝粉和氧化铁组成的铝热剂用于焊接钢轨:  $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$

D.淡黄色的过氧化钠敞口放置变成白色:  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$



【答案】B

## 【解析】

B.湿润的淀粉碘化钾试纸遇氯气变蓝是因为有碘单质产生，故方程式应为：



7.用下列仪器或装置（图中夹持略）进行相应实验，不能达到实验目的的是

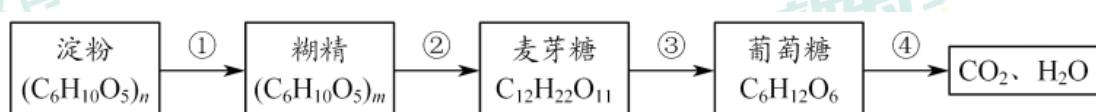
配制一定物质的量浓度的氯化钠溶液	检验浓硫酸与铜反应产生的二氧化硫	检验溴乙烷消去产物中的乙烯	分离酒精和水
A	B	C	D

【答案】D

## 【解析】

D. 酒精与水互溶，不能用分液的方法进行分离，应选用蒸馏的方法，故 D 错误。

8. 淀粉在人体内的变化过程如下：



下列说法不正确的是

A.  $n < m$ 

B. 麦芽糖属于双糖

C. ③的反应是水解反应

D. ④的反应为人体提供能量

**【答案】A****【解析】**

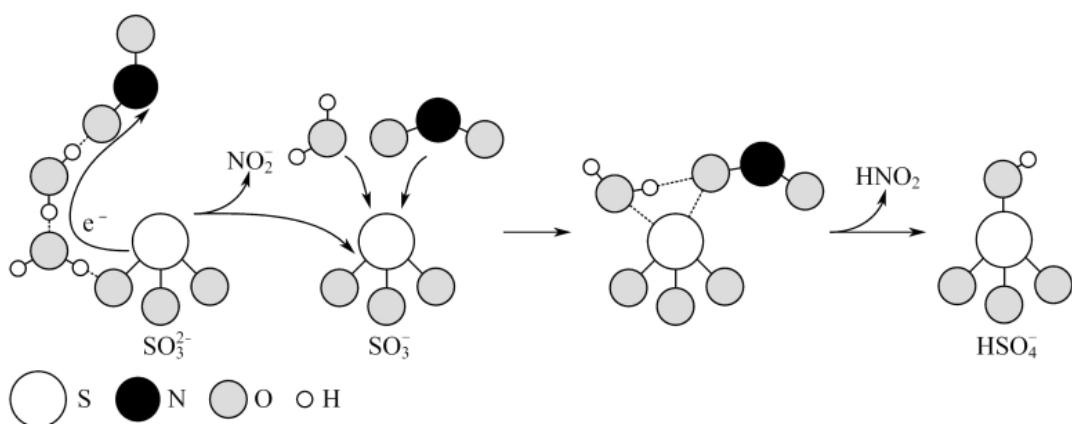
A. 糊精是大分子淀粉水解时产生的小分子中间物质，故  $m < n$ ，故 A 错误；

B. 麦芽糖可水解生成两分子葡萄糖，为双糖，故 B 正确；

C. 麦芽糖生成葡萄糖的反应为水解反应，故 C 正确；

D. ④的反应是葡萄糖的氧化分解反应，该反应为人体提供能量，故 D 正确。

9. 硫酸盐（含  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HSO}_4^-$ ）气溶胶是  $\text{PM}_{2.5}$  的成分之一。近期科研人员提出了雾霾微颗粒中硫酸盐生成的转化机理，其主要过程示意图如下：



下列说法不正确的是

A. 该过程有  $\text{H}_2\text{O}$  参与B.  $\text{NO}_2$  是生成硫酸盐的氧化剂

C. 硫酸盐气溶胶呈酸性

D. 该过程没有生成硫氧键

**【答案】D****【解析】**

A. 根据图中信息，反应过程中有  $\text{H}_2\text{O}$  参与，故 A 正确；

B. 反应物  $\text{NO}_2$  在反应过程中的产物为  $\text{NO}_2^-$  和  $\text{HNO}_2$ ，化合价降低，作氧化剂，故 B 正确；

C. 硫酸盐气溶胶中含  $\text{HSO}_4^-$  和  $\text{HNO}_2$  生成，显酸性，故 C 正确；

D. 反应的最后一步有硫氧键生成，故 D 错误。

10. 一定温度下，反应  $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$  在密闭容器中达到平衡时，测得  $c(I_2) = 0.11 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $c(H_2) = 0.11 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $c(HI) = 0.78 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。相同温度下，按下列 4 组初始浓度进行实验，反应逆向进行的是

	A	B	C	D
$c(I_2)/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	1.00	0.22	0.44	0.11
$c(H_2)/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	1.00	0.22	0.44	0.44
$c(HI)/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	1.00	1.56	4.00	1.56

(注： $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )

【答案】C

【解析】

根据题干信息，计算平衡常数  $K = c^2(HI) / [c(I_2)c(H_2)] = 0.78^2 / 0.11^2$ 。分别计算每个选项的  $Q_c$  可得  $Q_{c(A)} = 1$ 、 $Q_{c(B)} = 1.56^2 / 0.22^2 = 0.78^2 / 0.11^2$ 、 $Q_{c(C)} = 4^2 / 0.44^2 = 1^2 / 0.11^2 > 0.78^2 / 0.11^2$ 、 $Q_{c(D)} = 1.56^2 / (0.11 \times 0.44) = 0.78^2 / 0.11^2$ ，其中 C 选项对应  $Q_c > K$ ，此时反应逆向进行，故本题选 C。

11. 室温下，对于 1 L 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 醋酸溶液，下列判断正确的是

A. 该溶液中  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的粒子数为  $6.02 \times 10^{22}$

B. 加入少量  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体后，溶液的 pH 降低

C. 滴加 NaOH 溶液过程中， $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  与  $n(\text{CH}_3\text{COOH})$  之和始终为 0.1 mol

D. 与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液反应的离子方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

【答案】C

【解析】

A. 醋酸是弱酸，不完全电离，故溶液中的  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的粒子数小于  $6.02 \times 10^{22}$ ，故 A 错误；

B. 溶液中存在醋酸的电离平衡  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ，加入  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体后， $\text{CH}_3\text{COO}^-$

浓度增大，电离平衡逆向移动，氢离子浓度降低， $\text{pH}$ 升高，故 B 错误；

C. 溶液中存在物料守恒  $n(\text{CH}_3\text{COOH})+n(\text{CH}_3\text{COO}^-)=0.1 \text{ mol}$ ，故滴加  $\text{NaOH}$  过程， $n(\text{CH}_3\text{COOH})$  和  $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  之和始终为  $0.1 \text{ mol}$ ，故 C 正确；

D. 反应离子方程式为  $\text{CO}_3^{2-}+2\text{CH}_3\text{COOH}=\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2 \uparrow +2\text{CH}_3\text{COO}^-$ ，醋酸是弱酸，不完全电离，写离子反应方程式时不拆，故 D 错误。

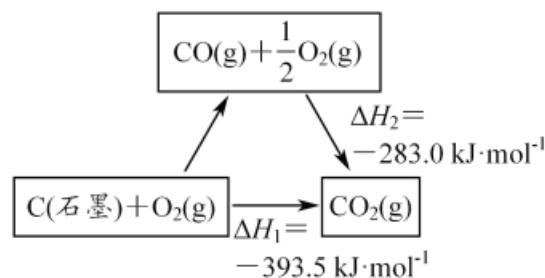
12. 依据图示关系，下列说法不正确的是

A. 石墨燃烧是放热反应

B.  $1 \text{ mol C(石墨)}$  和  $1 \text{ mol CO}$  分别在足量  $\text{O}_2$  中燃烧，全部转化为  $\text{CO}_2$ ，前者放热多

C.  $\text{C(石墨)}+\text{CO}_2(\text{g})=2\text{CO(g)}$   $\Delta H=\Delta H_1-\Delta H_2$

D. 化学反应的  $\Delta H$ ，只与反应体系的始态和终态有关，与反应途径无关



【答案】C

【解析】

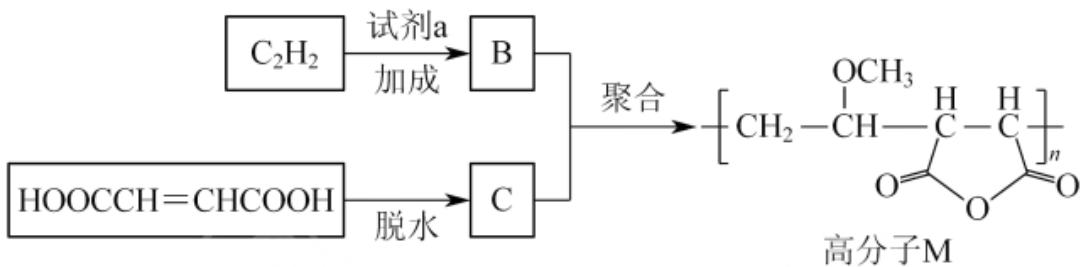
A.  $\Delta H<0$  的反应为放热反应，石墨燃烧生成二氧化碳反应  $\Delta H_1=-393.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}<0$ ，为放热反应，故 A 正确；

B. 由图可知， $1 \text{ mol}$  石墨在足量  $\text{O}_2$  中燃烧全部转化为  $\text{CO}_2$  放出热量为  $393.5 \text{ kJ}$ ， $1 \text{ mol CO}$  在足量的  $\text{O}_2$  中燃烧全部转化为  $\text{CO}_2$  放出热量为  $283.0 \text{ kJ}$ ，前者放热多，故 B 正确；

C. 根据盖斯定律可知， $\Delta H=\Delta H_1-2\Delta H_2$ ；故 C 错误；

D. 根据盖斯定律，化学反应中的焓变  $\Delta H$ ，只与反应的初末状态有关，与反应条件和途径无关，故 D 正确。

13. 高分子 M 广泛用于牙膏、牙科粘合剂等口腔护理产品，合成路线如下：



下列说法不正确的是

- A. 试剂 a 是甲醇
- B. 化合物 B 不存在顺反异构体
- C. 化合物 C 的核磁共振氢谱有一组峰
- D. 合成 M 的聚合反应是缩聚反应

**【答案】D**

**【解析】**

- A. 由高分子 M 的结构可知单体 B 为  $\text{CH}_2=\text{CHOCH}_3$ , 根据加成反应特点可知 a 为甲醇, 故 A 正确;
- B. 顺反异构要求烯烃碳碳双键两侧 C 原子所连基团或者原子均不相同, B 中碳碳双键一侧碳原子上有两个相同的氢原子, 故不存在顺反异构, 故 B 正确;
- C. 由图可知 C 为  $\text{O}=\text{C}(\text{H})=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})\text{O}$ , 为对称结构, 只有一种氢原子, 核磁共振氢谱只有一组峰, 故 C 正确;
- D. 化合物 B 和 C 中均含有碳碳双键, 故合成 M 的聚合反应是加聚反应, 故 D 错误。

14. 某同学进行如下实验:

	实验步骤	实验现象
I	将 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 固体加入试管中, 并将湿润 $\text{pH}$ 试纸置于试管口, 试管口略向下倾斜, 对试管底部进行加热	试纸颜色变化: 黄色 $\rightarrow$ 蓝色 ( $\text{pH} \approx 10$ ) $\rightarrow$ 黄色 $\rightarrow$ 红色 ( $\text{pH} \approx 2$ ) ; 试管中部有白色固体附着
II	将饱和 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液滴在 $\text{pH}$ 试纸上	试纸颜色变化: 黄色 $\rightarrow$ 橙黄色 ( $\text{pH} \approx 5$ )

下列说法不正确的是

- A.根据 I 中试纸变蓝，说明  $\text{NH}_4\text{Cl}$  发生了分解反应
- B.根据 I 中试纸颜色变化，说明氨气比氯化氢气体扩散速率快
- C.I 中试纸变成红色，是由于  $\text{NH}_4\text{Cl}$  水解造成的
- D.根据试管中部有白色固体附着，说明不宜用加热  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的方法制备  $\text{NH}_3$

【答案】C

【解析】

- A.pH 试纸变蓝，说明产生了碱性气体，体系中只可能是因为  $\text{NH}_4\text{Cl}$  受热分解产生，故 A 正确；
- B. $\text{NH}_4\text{Cl}$  受热分解同时产生碱性气体  $\text{NH}_3$  和酸性气体  $\text{HCl}$ ，根据 pH 是指先变蓝（碱色）后变红（酸色）可知  $\text{NH}_3$  扩散速度快于  $\text{HCl}$ ，故 B 正确；
- C.I 中试纸变红是  $\text{NH}_4\text{Cl}$  分解产生的  $\text{HCl}$  造成的，故 C 错误；
- D.试管中部的白色固体是  $\text{NH}_3$  和  $\text{HCl}$  重新反应生成的  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，由此可知该方法氨气的产生效率过低，不宜用于制备氨气，故 D 正确。

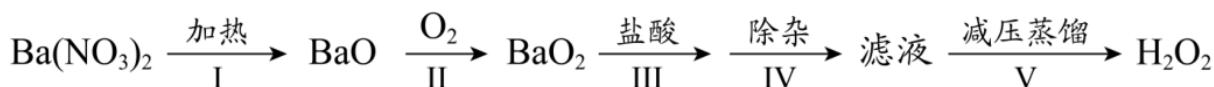
## 第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. (10 分)

$H_2O_2$  是一种重要的化学品，其合成方法不断发展。

(1) 早期制备方法



- ① I 为分解反应，产物除  $BaO$ 、 $O_2$  外，还有一种红棕色气体。该反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- ② II 为可逆反应，促进该反应正向进行的措施是\_\_\_\_\_。
- ③ III 中生成  $H_2O_2$ ，反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- ④ 减压能够降低蒸馏温度。从  $H_2O_2$  的化学性质角度说明 V 中采用减压蒸馏的原因：\_\_\_\_\_。

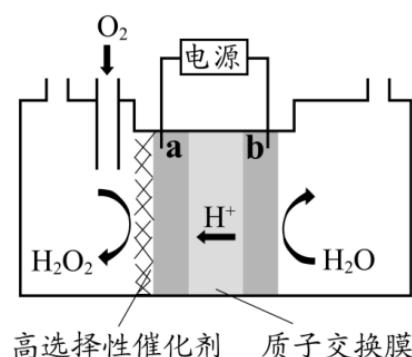
(2) 电化学制备方法

已知反应  $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 \uparrow$  能自发进行，反向不能自发进行，通过电解可以实现由  $H_2O$  和  $O_2$  为原料制备  $H_2O_2$ 。下图为制备装置示意图。

① a 极的电极反应式是\_\_\_\_\_。

② 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 该装置可以实现电能转化为化学能
- B. 电极 b 连接电源负极
- C. 该方法相较于早期制备方法具有原料廉价，对环境友好等优点。



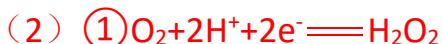
### 【答案】

(1) ①  $2Ba(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2BaO + 4NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$

②增大 O<sub>2</sub> 浓度



④防止 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解



② AC

### 【解析】

(1) ①为分解反应，产物红棕色气体为 NO<sub>2</sub>，故方程式为：



②可逆反应中促使反应正向进行的措施可为增大反应物浓度，故答案为：增大 O<sub>2</sub> 浓度；

③ BaO<sub>2</sub> 与盐酸反应产物为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，可推知另一个产物为 BaCl<sub>2</sub>，故方程式为



④ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 受热易分解，反应需要控制温度，减压能够降低蒸馏的温度，故 V 中减压蒸馏的原因为：防止 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解。

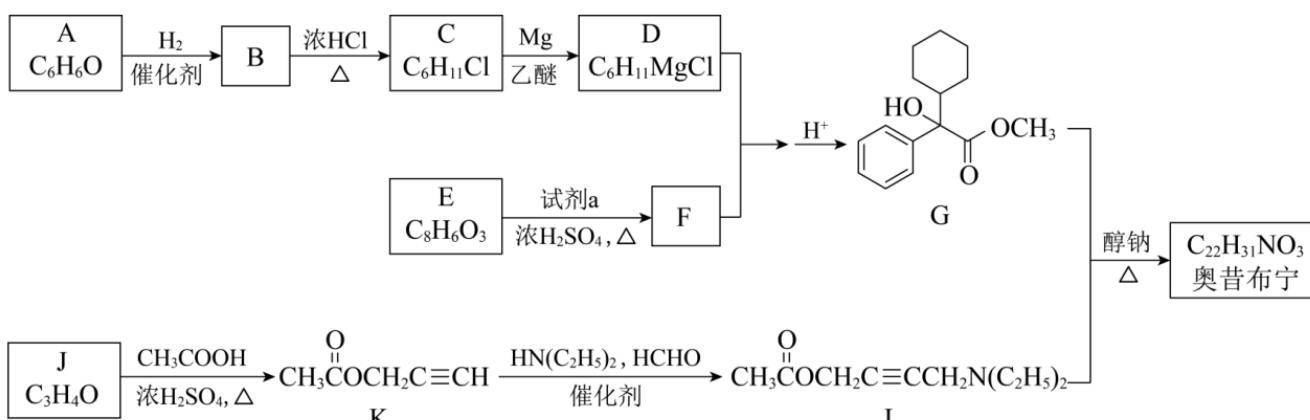
(2) ①该装置为电解池，根据电解池中阳离子向阴极移动的规律，通过 H<sup>+</sup> 移向可判断出 a 电极为阴极，根据示意图可看出 O<sub>2</sub> 在阴极变为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，故电极反应式为：



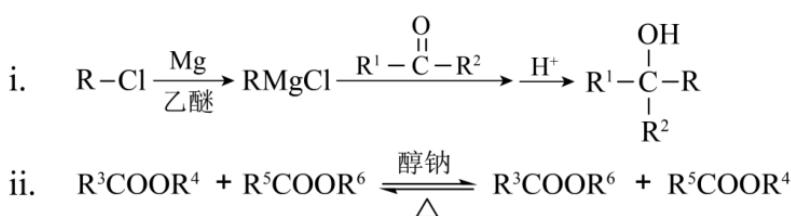
②电解池可以实现电能转化为化学能，故 A 正确；电极 b 为阳极，连接电源正极，故 B 错误；该反应实现了由 H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub> 制备 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，体现原料廉价，对环境友好的优点，故 C 正确；本题答案为：AC。

## 16. (12 分)

奥昔布宁是具有解痉和抗胆碱作用的药物，其合成路线如下：



已知：

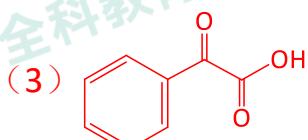


- (1) A 是芳香族化合物，A 分子中含氧官能团是\_\_\_\_\_。
- (2) B→C 的反应类型是\_\_\_\_\_。
- (3) E 的结构简式是\_\_\_\_\_。
- (4) J→K 的化学方程式\_\_\_\_\_。
- (5) 已知：G、L 和奥昔布宁的沸点均高于 200℃。G 和 L 发生反应合成奥昔布宁时，通过在 70℃左右蒸出\_\_\_\_\_（填物质名称）来促进反应。
- (6) 奥昔布宁的结构简式是\_\_\_\_\_。

### 【答案】

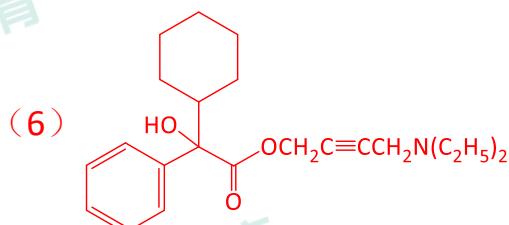
(1) -OH 或羟基

(2) 取代反应





(5) 乙酸甲酯



### 【解析】

(1) A 是芳香族化合物, 分子式为  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ , 为苯酚, 结构简式为 , 分子中含氧官能团是羟基。故答案为:  $-\text{OH}$  或羟基。

(2) 苯酚和氢气发生加成反应制得 B, B 为环己醇 ()。可以和 HCl 在加热的条件下反应生成 C () , B  $\rightarrow$  C 的反应类型是取代反应。故答案为: 取代反应。

(3) 由图可知, C 可以和 Mg 和乙醚反应制得 D, D 为 。根据 D 和 F 生成 G,

根据 G 的结构简式可知, F 的结构简式为 。E 和试剂 a 在浓硫酸加热

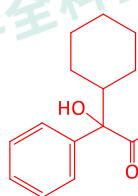
条件下生成 F, 可知此反应为酯化反应, E 和试剂 a 分别为酸和醇, 从而推出 E 的结构简式为: , 试剂 a 为甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )。故答案为:

(4) 由 K 的结构简式, 可知 J 的结构简式为:  $\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$ , 与乙酸在浓硫酸加热条件下发生酯化反应制得 K。故答案为:  $\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4} \text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{OC(=O)CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

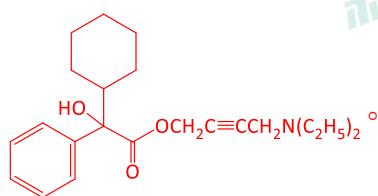
(5) 由已知信息可知 ii 反应为可逆反应, 故 G 和 L 发生反应合成奥昔布宁是可逆反应。反应得到奥昔布宁的过程中, L 断开“ $\text{CH}_3\text{CO}-$ ”部分, G 断开“ $-\text{OCH}_3$ ”部分, 两部分

组合为  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  (乙酸甲酯)。已知条件“G、L 和奥昔布宁的沸点均高于  $200^{\circ}\text{C}$ ”，可以通过在  $70^{\circ}\text{C}$  左右将乙酸甲酯蒸出来，使生成物浓度减小，促进该反应平衡正向移动。故答案为：乙酸甲酯。

(6) G 和 L 在醇钠加热条件下发生反应合成奥昔布宁，该反应为题目已知信息 ii 反应 (酯交换反应)。由奥昔布宁的分子式  $\text{C}_{22}\text{H}_{31}\text{NO}_3$  可知，反应得到奥昔布宁的过程中，L 断开“ $\text{CH}_3\text{CO}-$ ”部分，G 断开“ $-\text{OCH}_3$ ”部分，剩下部分组合得到奥昔布宁

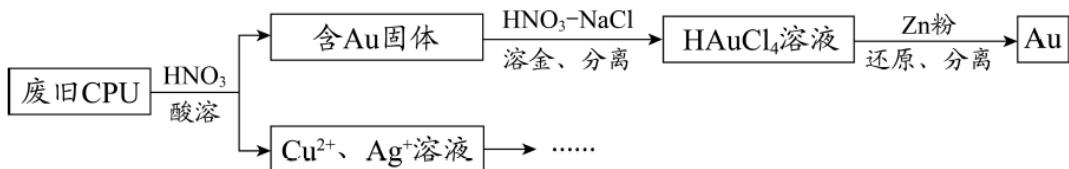


故答案为：



17. (12 分)

用如下方法回收废旧 CPU 中的单质 Au (金)、Ag 和 Cu。



已知：①浓硝酸不能单独将 Au 溶解。

②  $\text{HAuCl}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AuCl}_4^-$ 。

(1) 酸溶后经\_\_\_\_\_操作，将混合物分离。

(2) 浓、稀  $\text{HNO}_3$  均可作酸溶试剂。溶解等量的 Cu 消耗  $\text{HNO}_3$  的物质的量不同，写出消耗  $\text{HNO}_3$  物质的量少的反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{HNO}_3\text{-NaCl}$  与王水 [ $V(\text{浓硝酸}):V(\text{浓盐酸})=1:3$ ] 溶金原理相同。

① 将溶金反应的化学方程式补充完整。



② 关于溶金的下列说法正确的是\_\_\_\_\_

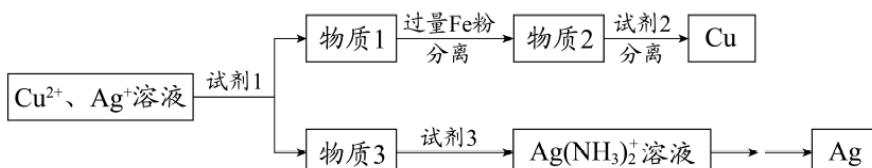
A. 用到了  $\text{HNO}_3$  的氧化性。

B. 王水中浓盐酸的主要作用是增强溶液的酸性。

C. 用浓盐酸与  $\text{NaNO}_3$  也可使 Au 溶解。

(4) 若用 Zn 粉将溶液中的 1 mol  $\text{HAuCl}_4$  完全还原，则参加反应的 Zn 的物质的量是 \_\_\_\_\_ mol。

(5) 用适当浓度的盐酸、 $\text{NaCl}$  溶液、氨水与铁粉，可按照如下方法从酸溶后的溶液中回收 Cu 和 Ag (图中标注的试剂和物质均不同)。



试剂 1 是 \_\_\_\_\_，物质 2 是 \_\_\_\_\_。

### 【答案】

(1) 过滤



② AC

(4) 2

(5)  $\text{NaCl}$  溶液    Cu、Fe

### 【解析】

(1) 废旧 CPU 加入硝酸酸溶后，其中的 Ag 和 Cu 会与硝酸反应生成  $\text{Ag}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$ ，由已知①可得 Au (金) 不溶解，则酸溶后得到是 Au 的固体单质、 $\text{Ag}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$  的混合溶液，将固体和液体分开的操作是过滤。

(2) 铜与稀硝酸反应的化学方程式为： $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ，溶解 1 mol Cu，消耗稀  $\text{HNO}_3$  的物质的量为  $\frac{8}{3}$  mol；铜与浓硝酸反应的化学方程式为： $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，溶解 1 mol Cu，消耗  $\text{HNO}_3$  的物质的量为 4 mol；故消耗等量 Cu 时，消耗  $\text{HNO}_3$  物质的量较少的反应的化学方程式为铜

与稀硝酸的反应，化学方程式为： $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) ①该反应属于氧化还原反应，根据化合价的变化规律可知，金的化合价从 0 价升高到+3 价，作还原剂；部分硝酸作氧化剂，生成 NO，氮元素从+5 价降低到+2 价，根据质量守恒及反应规律，生成物中还有水；由于 Au 反应系数为 1，故可由得失电子守恒得 NO 系数为 1，最后可由钠元素、氮元素及氢、氧元素守恒，得到其余系数，故化学方程式为：



② A.溶金过程中硝酸的化合价降低，作氧化剂，具有强氧化性，用到了  $\text{HNO}_3$  的氧化性，故 A 正确；

B.王水中  $V(\text{浓硝酸}):V(\text{浓盐酸})=1:3$ ，金与浓硝酸不溶解，但王水中浓盐酸提供了氯离子，有利于生成四氯合金离子，利于金与硝酸的反应，主要作用是增强硝酸的氧化性，故 B 错误；

C.由题目“ $\text{HNO}_3\text{-NaCl}$  与王水 [ $(\text{浓硝酸}):V(\text{浓盐酸})=1:3$ ] 溶金原理相同”，则用浓盐酸与  $\text{NaNO}_3$  也可使溶解，故 C 正确；

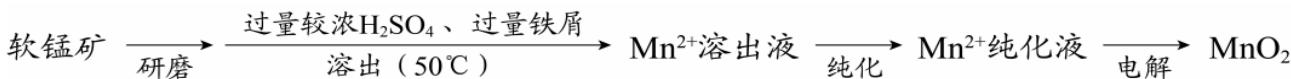
故答案为：AC。

(4) 由于  $\text{HAuCl}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{AuCl}_4^-$ ，若用 Zn 粉将溶液中的 1 mol  $\text{HAuCl}_4$  完全还原， $\text{HAuCl}_4$  中金由+3 价被锌还原为单质， $\text{H}^+$  由+1 价被锌还原为  $\text{H}_2$ ，锌的化合价从 0 价升高到+2 价，根据得失电子守恒可知参加反应的 Zn 的物质的量是 2 mol。

(5) 根据图中信息可知，含有  $\text{Ag}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$  的溶液加入试剂 1 后得到的是物质 1 和物质 3，物质 3 加入试剂 3 后得到的是银氨离子，则试剂 3 是氨水，物质 3 是氯化银，试剂 1 是  $\text{NaCl}$  溶液；物质 1 是  $\text{CuCl}_2$ ， $\text{CuCl}_2$  加入过量铁粉得到  $\text{Cu}$ 、过量的  $\text{Fe}$  和  $\text{Fe}^{2+}$ ，经过试剂 2，过滤后得到铜单质，试剂 2 是盐酸，除去过量的铁粉，银氨离子经过还原可以得到银单质，实现了铜和银的分离。故试剂 1 是  $\text{NaCl}$  溶液，物质 2 是  $\text{Cu}$ 、 $\text{Fe}$ 。

## 18. (12 分)

$\text{MnO}_2$  是重要化工原料，由软锰矿制备  $\text{MnO}_2$  的一种工艺流程如下：



资料：①软锰矿的主要成分为  $\text{MnO}_2$ ，主要杂质有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$

②金属离子沉淀的 pH

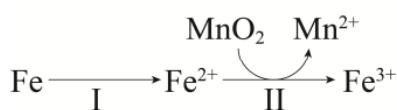
	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$
开始沉淀时	1.5	3.4	5.8	6.3
完全沉淀时	2.8	4.7	7.8	8.3

③该工艺条件下， $\text{MnO}_2$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  不反应

(1) 溶出

①溶出前，软锰矿需研磨。目的是\_\_\_\_\_。

②溶出时，Fe 的氧化过程及得到  $\text{Mn}^{2+}$  的主要途径如图所示。



i. II 是从软锰矿中溶出  $\text{Mn}^{2+}$  的主要反应，反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。

ii. 若  $\text{Fe}^{2+}$  全部来自于反应  $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ，完全溶出  $\text{Mn}^{2+}$  所需  $\text{Fe}$  与  $\text{MnO}_2$

的物质的量比值为 2。而实际比值 (0.9) 小于 2，原因是\_\_\_\_\_。

(2) 纯化

已知： $\text{MnO}_2$  的氧化性与溶液 pH 有关。纯化时先加入  $\text{MnO}_2$ ，后加入  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，调溶液  $\text{pH} \approx 5$ 。说明试剂加入顺序及调节 pH 的原因：\_\_\_\_\_。

(3) 电解

$\text{Mn}^{2+}$  纯化液经电解得  $\text{MnO}_2$ 。生成  $\text{MnO}_2$  的电极反应式是\_\_\_\_\_。

(4) 产品纯度测定

向  $a$  g 产品中依次加入足量  $b$  g  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  和足量稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 加热至充分反应, 再用  $c \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{KMnO}_4$  溶液滴定剩余  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  至终点, 消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液的体积为  $d$  L。

(已知:  $\text{MnO}_2$  及  $\text{MnO}_4^-$  均被还原为  $\text{Mn}^{2+}$ 。相对分子质量:  $\text{MnO}_2$  86.94;  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  134.0)。

产品纯度为\_\_\_\_\_ (用质量分数表示)。

新东方 XDF.CN

新东方 XDF.CN

(1) ①增大反应物接触面积, 加快  $\text{Mn}^{2+}$  溶出速率



ii.  $\text{Fe}^{2+}$  主要来自于反应  $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow 3\text{Fe}^{2+}$ , 从而提高了 Fe 的利用率

(2) 先加  $\text{MnO}_2$ , 可利用溶液的酸性将  $\text{Fe}^{2+}$  全部氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 再加氨水调溶液  $\text{pH} \approx 5$ , 将  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  沉淀除去。



$$\text{④ } \frac{86.94(b/134 - 2.5cd)}{a}$$

### 【解析】

(1) ①研磨软锰矿可增大固体与浓硫酸接触面积, 加快  $\text{Mn}^{2+}$  溶出速率;

②i. 根据反应途径可知, 二氧化锰与亚铁离子反应生成二价锰离子和铁离子, 则反应的离子方程式为  $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

ii. 根据方程式可知, Fe 与  $\text{MnO}_2$  的物质的量比值为 2, 实际反应时,  $\text{Fe}^{2+}$  主要来自于反应  $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow 3\text{Fe}^{2+}$ , 从而提高了 Fe 的利用率, 故实际比值 (0.9) 小于 2。

(2)  $\text{MnO}_2$  的氧化性与溶液  $\text{pH}$  有关, 且随酸性的减弱, 氧化性逐渐减弱, 溶液显酸性时, 二氧化锰的氧化性较强。故纯化时先加入  $\text{MnO}_2$ , 后加入  $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ , 调溶液

pH≈5，除去溶液中的  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ；

(3) 电解时，溶液呈酸性， $\text{Mn}^{2+}$ 失电子，与水反应生成二氧化锰和氢离子，则电极反应式为  $\text{Mn}^{2+}-2\text{e}^{-}+2\text{H}_2\text{O}=\text{MnO}_2+4\text{H}^{+}$ ；

(4) 根据题意可知，部分草酸钠与二氧化锰发生氧化还原反应，剩余部分再与高锰酸钾反应 ( $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4+2\text{KMnO}_4+3\text{H}_2\text{SO}_4=\text{K}_2\text{SO}_4+2\text{MnSO}_4+10\text{CO}_2 \uparrow +8\text{H}_2\text{O}$ )，则与二氧化

锰反应的草酸钠为  $\frac{b \text{ g}}{134 \text{ g/mol}} \times \frac{c \text{ mol/L} \times d \text{ L}}{2} \times 5$ ； $\text{MnO}_2+\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4+2\text{H}_2\text{SO}_4=\text{Na}_2\text{SO}_4+$

$\text{MnSO}_4+2\text{CO}_2 \uparrow +2\text{H}_2\text{O}$ ， $n(\text{MnO}_2)=n(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)=\frac{b \text{ g}}{134 \text{ g/mol}} \times \frac{c \text{ mol/L} \times d \text{ L}}{2} \times 5$ ，则产品

纯度为： $\frac{\left( \frac{b \text{ g}}{134 \text{ g/mol}} \times \frac{c \text{ mol/L} \times d \text{ L}}{2} \times 5 \right) \times 86.94 \text{ g/mol}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{86.94(b/134 - 2.5cd)}{a}$ 。

### 19. (12 分)

探究  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  固体的热分解产物。

资料：①  $4\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{S} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$

②  $\text{Na}_2\text{S}$  能与 S 反应生成  $\text{Na}_2\text{S}_x$ ， $\text{Na}_2\text{S}_x$  与酸反应生成 S 和  $\text{H}_2\text{S}$ 。

③  $\text{BaS}$  易溶于水

隔绝空气条件下，加热无水  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  固体得到黄色固体 A，过程中未检测到气体生成。黄色固体 A 加水得到浊液，放置得无色溶液 B。

#### (1) 检验分解产物 $\text{Na}_2\text{S}$

取少量溶液 B，向其中滴加  $\text{CuSO}_4$  溶液，产生黑色沉淀，证实有  $\text{S}^{2-}$ 。反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。

#### (2) 检验分解产物 $\text{Na}_2\text{SO}_4$

取少量溶液 B，滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液，产生白色沉淀，加入盐酸，沉淀增多（经检验该沉淀含 S），同时产生有臭鸡蛋气味的气体 ( $\text{H}_2\text{S}$ )，由于沉淀增多对检验造成干扰，另取少量溶液 B，加入足量盐酸，离心沉降（固液分离）后，

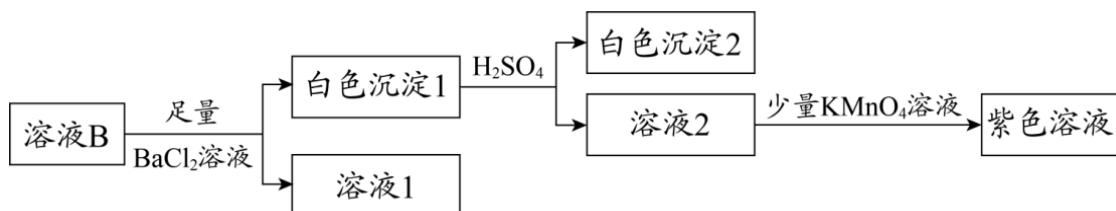
\_\_\_\_\_ (填操作和现象), 可证实分解产物中有  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

### (3) 探究(2)中 S 的来源

来源1: 固体A中有未分解的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 在酸性条件下与  $\text{Na}_2\text{S}$  反应生成S。

来源2: 溶液B中有  $\text{Na}_2\text{S}_x$ , 加酸反应生成S。

针对来源1进行如下实验:



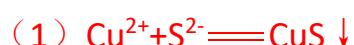
①实验可证实来源1不成立。实验证据是\_\_\_\_\_。

②不能用盐酸代替硫酸的原因是\_\_\_\_\_。

③写出来源2产生S的反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(4) 实验证明  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  固体热分解有  $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和 S 产生。运用氧化还原反应规律分析产物中 S 产生的合理性: \_\_\_\_\_。

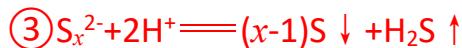
### 【答案】



(2) 取上层清液, 加入  $\text{BaCl}_2$  溶液, 产生白色沉淀

(3) ①向溶液2中加入少量  $\text{KMnO}_4$  溶液, 紫色不褪, 证明无  $\text{SO}_3^{2-}$

②盐酸有还原性, 可使  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色, 干扰  $\text{SO}_3^{2-}$  检验



(4)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  热分解时只有+4价硫元素发生氧化还原反应, 升价产物有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 降价产物有S是合理的。

### 【解析】

(1)  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{CuSO}_4$  溶液发生复分解反应生成  $\text{CuS}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 反应的离子方程式为:



- (2) 取少量溶液 B, 滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液, 产生白色沉淀, 加入盐酸沉淀增多且沉淀含 S, 说明溶液 B 中含有  $\text{Na}_2\text{S}_x$ , 根据资料②可知:  $\text{Na}_2\text{S}_x$  与盐酸反应生成 S 和  $\text{H}_2\text{S}$ , 由于沉淀增多对检验造成干扰, 故需要另取少量溶液 B 加足量 HCl 离心沉降后滴加  $\text{BaCl}_2$ , 产生白色沉淀可证明分解产物中有硫酸根。
- (3) 若固体 A 中有未分解的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 在酸性条件下  $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$  则溶液中含有:  $\text{Na}^+$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ , 向 B 溶液中加入足量  $\text{BaCl}_2$  发生反应生成  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{BaSO}_3$ , 所以白色沉淀为:  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{BaSO}_3$ 。溶液 1 中含  $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 。向白色沉淀 1 中加入  $\text{H}_2\text{SO}_4$  后,  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ , 所以白色沉淀 2 为  $\text{BaSO}_4$ , 溶液 2 含  $\text{H}_2\text{SO}_3$ 。
- ①溶液 2 中含  $\text{H}_2\text{SO}_3$  有还原性, 能使酸性高锰酸钾溶液褪色, 但题目中未褪色, 故证实来源 1 不成立。
- ②盐酸有还原性, 能使酸性高锰酸钾溶液褪色干扰实验现象。
- ③ $\text{Na}_2\text{S}_x$  在酸性条件下发生的反应为:  $\text{S}_x^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow (\text{x}-1)\text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。
- (4)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  中的硫元素化合价为+4 价, 可以发生歧化反应, 化合价既可升高为+6 价又可降低为 0 价或-2 价。