

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_2
- B. 用明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 处理污水
- C. 用盐酸去除铁锈（主要成分 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）

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_2 ，发生反应 $\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，没有化合价变化，故 A 错误；

B.明矾处理污水，本质是 $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$ ，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 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + (x+3)\text{H}_2\text{O}$ 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_2

C. NO_2

D. Na_2O

【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： ${}_{33}\text{As}$ （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. AsH_3 的电子式是 $\text{H} \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}:\text{As}:\text{H} \end{array}$

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, O_2 和 CO_2 的密度相同

B. 质量相同的 H_2O 和 D_2O (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 CH_3OCH_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】

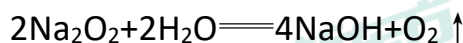
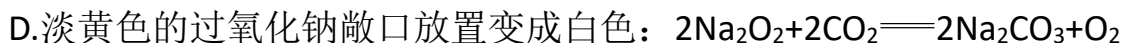
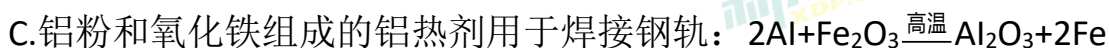
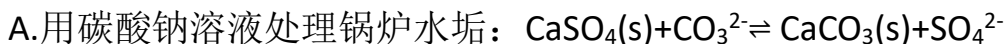
A. 同温同压下, 气体的密度之比等于摩尔质量之比, 故 A 错误;

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



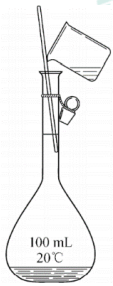
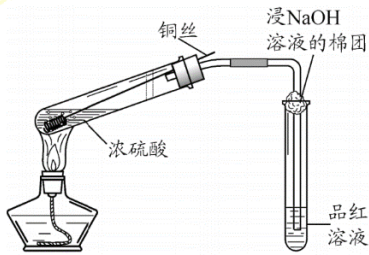
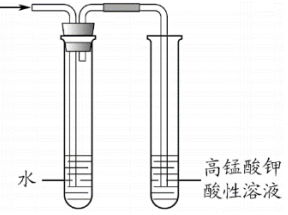
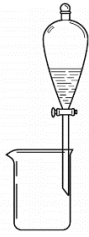
【答案】B

【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

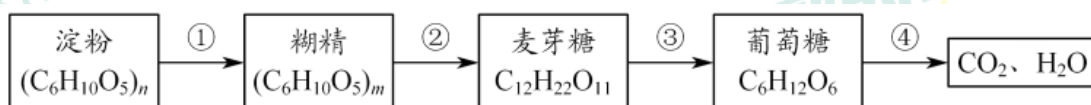
| 配制一定物质的量浓度的氯化钠溶液 | 检验浓硫酸与铜反应产生的二氧化硫 | 检验溴乙烷消去产物中的乙烯 | 分离酒精和水 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| A | B | C | D |

【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】

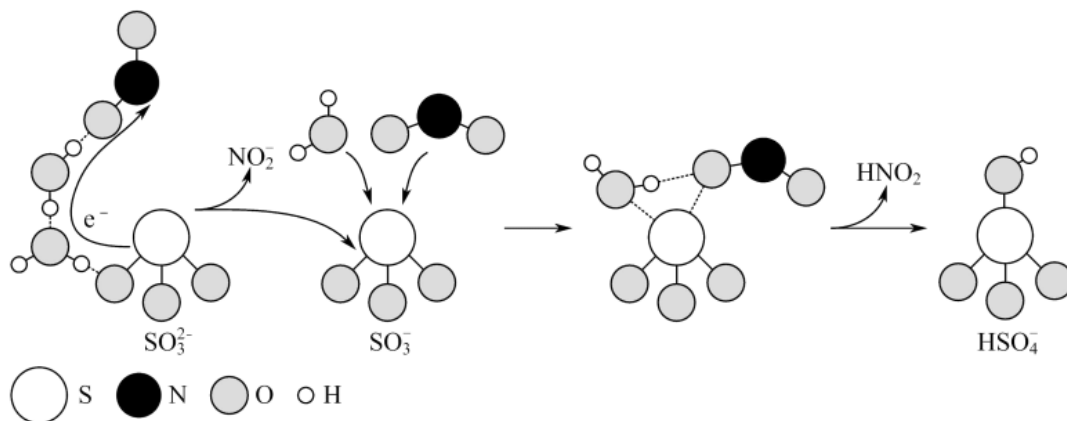
A. 糊精是大分子淀粉水解时产生的小分子中间物质，故 $m < n$ ，故 A 错误；

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 SO_4^{2-} 、 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 H_2O 参与B. 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 H_2O 参与，故 A 正确；B. 反应物 NO_2 在反应过程中的产物为 NO_2^- 和 HNO_2 ，化合价降低，作氧化剂，故 B 正确；C. 硫酸盐气溶胶中含 HSO_4^- 和 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 $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ 在密闭容器中达到平衡时，测得 $c(\text{I}_2) = 0.11 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{H}_2) = 0.11 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $c(\text{HI}) = 0.78 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。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 |
|---|------|------|------|------|
| $c(\text{I}_2)/\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ | 1.00 | 0.22 | 0.44 | 0.11 |
| $c(\text{H}_2)/\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ | 1.00 | 0.22 | 0.44 | 0.44 |
| $c(\text{HI})/\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ | 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 $K = c^2(\text{HI})/[c(\text{I}_2)c(\text{H}_2)] = 0.78^2/0.11^2$ 。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 $1 \text{ L } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸溶液，下列判断正确的是

A.该溶液中 CH_3COO^- 的粒子数为 6.02×10^{22}

B.加入少量 CH_3COONa 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 Na_2CO_3 溶液反应的离子方程式为 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

【答案】C

【解析】

A.醋酸是弱酸，不完全电离，故溶液中的 CH_3COO^- 的粒子数小于 6.02×10^{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 CH_3COONa 固体后， CH_3COO^-

浓度增大，电离平衡逆向移动，氢离子浓度降低，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 NaOH 过程， $n(\text{CH}_3\text{COOH})$ 和 $n(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 之和始终为 0.1 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。

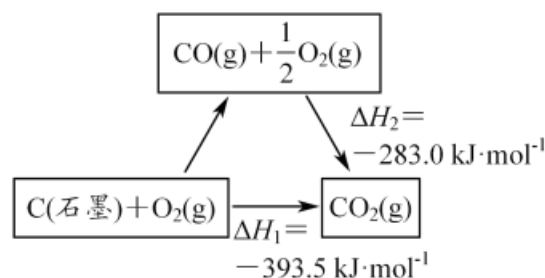
12. 依据图示关系，下列说法不正确的是

A. 石墨燃烧是放热反应

B. 1 mol C(石墨) 和 1 mol CO 分别在足量 O_2 中燃烧，全部转化为 CO_2 ，前者放热多

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

D. 化学反应的 ΔH ，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】

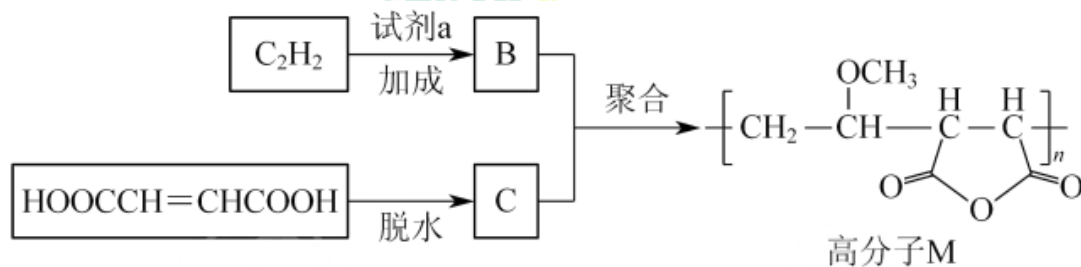
A. $\Delta H < 0$ 的反应为放热反应，石墨燃烧生成二氧化碳反应 $\Delta H_1 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$ ，为放热反应，故 A 正确；

B. 由图可知，1 mol 石墨在足量 O_2 中燃烧全部转化为 CO_2 放出热量为 393.5 kJ，1 mol CO 在足量的 O_2 中燃烧全部转化为 CO_2 放出热量为 283.0 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 ΔH ，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 CH=CH ，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 NH_4Cl 固体加入试管中，并将湿润 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→蓝色（ $\text{pH} \approx 10$ ）→黄色→红色（ $\text{pH} \approx 2$ ）；试管中部有白色固体附着 |
| II | 将饱和 NH_4Cl 溶液滴在 pH 试纸上 | 试纸颜色变化：黄色→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 NH_4Cl 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 NH_4Cl 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 NH_4Cl 的方法制备 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 NH_4Cl 受热分解产生，故

A 正确；

B. NH_4Cl 受热分解同时产生碱性气体 NH_3 和酸性气体 HCl ，根据 pH 是指先变蓝（碱色）后变红（酸色）可知 NH_3 扩散速度快于 HCl ，故 B 正确；

C. I 中试纸变红是 NH_4Cl 分解产生的 HCl 造成的，故 C 错误；

D. 试管中部的白色固体是 NH_3 和 HCl 重新反应生成的 NH_4Cl ，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。

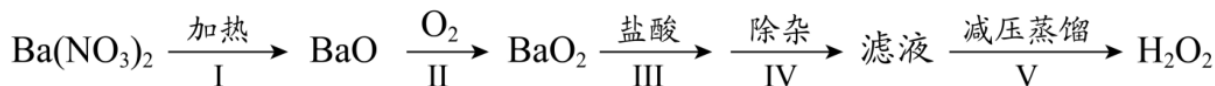
第二部分

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：_____。

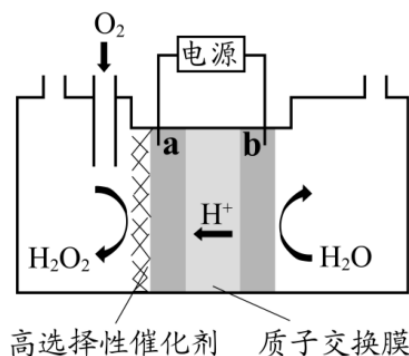
(2) 电化学制备方法

已知反应 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 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】



②增大 O_2 浓度

③ $BaO_2 + 2HCl \rightleftharpoons H_2O_2 + BaCl_2$

④防止 H_2O_2 分解

(2) ① $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$

②AC

【解析】

(1) ①为分解反应，产物红棕色气体为 NO_2 ，故方程式为：



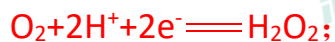
②可逆反应中促使反应正向进行的措施可为增大反应物浓度，故答案为：增大 O_2 浓度；

③ BaO_2 与盐酸反应产物为 H_2O_2 ，可推知另一个产物为 $BaCl_2$ ，故方程式为



④ H_2O_2 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：防止 H_2O_2 分解。

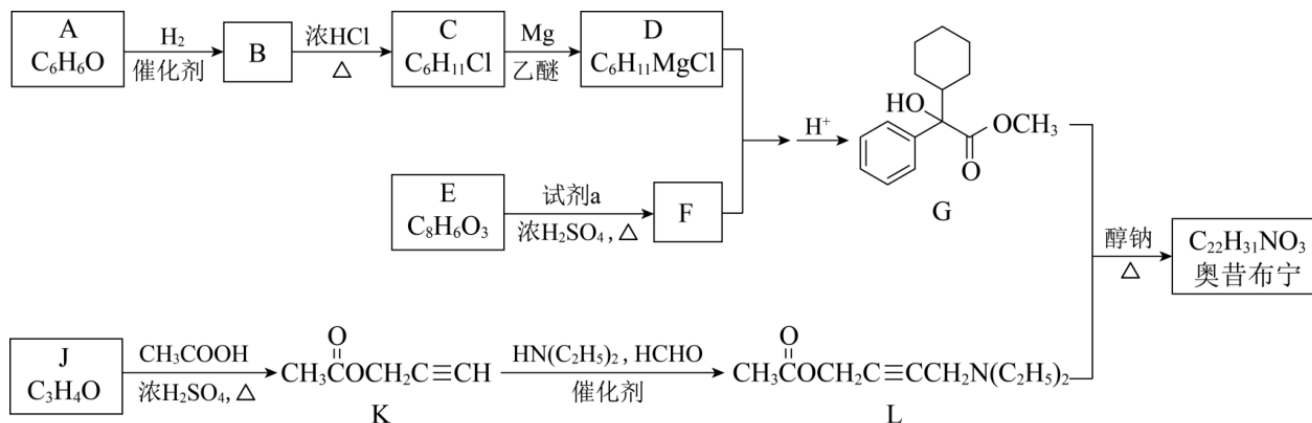
(2) ①该装置为电解池，根据电解池中阳离子向阴极移动的规律，通过 H^+ 移向可判断出 a 电极为阴极，根据示意图可看出 O_2 在阴极变为 H_2O_2 ，故电极反应式为：



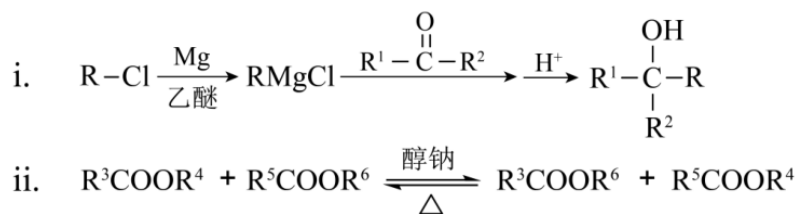
②电解池可以实现电能转化为化学能，故 A 正确；电极 b 为阳极，连接电源正极，故 B 错误；该反应实现了由 H_2O 和 O_2 制备 H_2O_2 ，体现原料廉价，对环境友好的优点，故 C 正确；本题答案为：AC。

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：

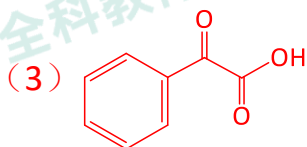


- (1) A 是芳香族化合物，A 分子中含氧官能团是_____。
- (2) B→C 的反应类型是_____。
- (3) E 的结构简式是_____。
- (4) J→K 的化学方程式_____。
- (5) 已知：G、L 和奥昔布宁的沸点均高于 200℃。G 和 L 发生反应合成奥昔布宁时，通过在 70℃左右蒸出_____（填物质名称）来促进反应。
- (6) 奥昔布宁的结构简式是_____。

【答案】

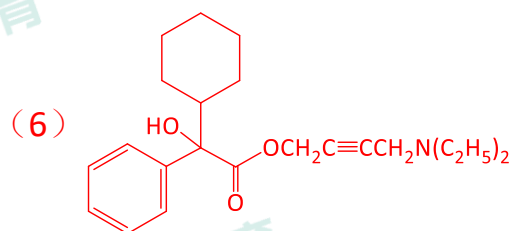
(1) -OH 或羟基

(2) 取代反应

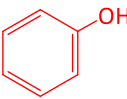


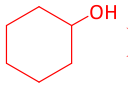
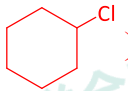


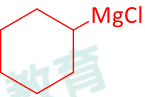
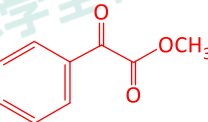
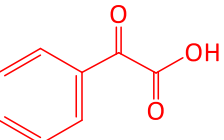
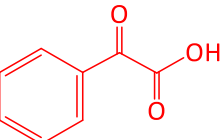
(5) 乙酸甲酯



【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：-OH 或羟基。

(2) 苯酚和氢气发生加成反应制得 B，B 为环己醇 ()。环己醇可以和 HCl 在加热的条件下反应生成 C ()，B→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 (CH_3OH)。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： $\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4} \text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{OCCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(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“- OCH_3 ”部分，两部分

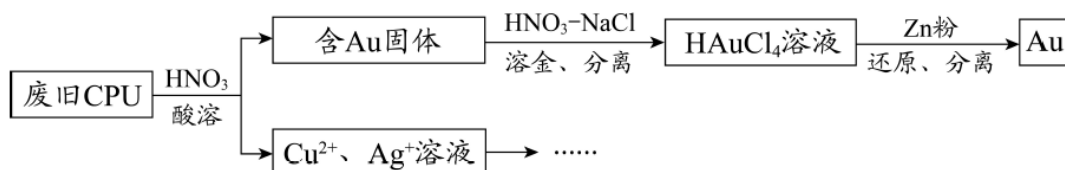
组合为 $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ (乙酸甲酯)。已知条件“G、L 和奥昔布宁的沸点均高于 200°C ”，可以通过在 70°C 左右将乙酸甲酯蒸出来，使生成物浓度减小，促进该反应平衡正向移动。故答案为：乙酸甲酯。

(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

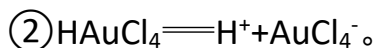


17. (12 分)

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。



(1) 酸溶后经_____操作，将混合物分离。

(2) 浓、稀 HNO_3 均可作酸溶试剂。溶解等量的 Cu 消耗 HNO_3 的物质的量不同，写出消耗 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(浓硝酸):V(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_____

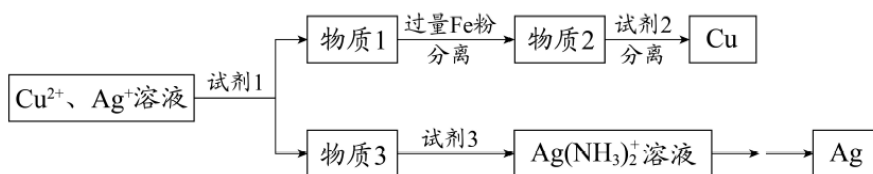
A. 用到了 HNO_3 的氧化性。

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 NaNO_3 也可使 Au 溶解。

(4) 若用 Zn 粉将溶液中的 1 mol H AuCl_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、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) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(3) ① $\text{Au} + 4\text{NaCl} + 5\text{HNO}_3 = \text{H AuCl}_4 + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaNO}_3$

② AC

(4) 2

(5) 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 Ag^+ 和 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、 Ag^+ 和 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: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 溶

解 1 mol Cu , 消耗稀 HNO_3 的物质的量为 $\frac{8}{3} \text{ mol}$; 铜与浓硝酸反应的化学方程式为:

$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 溶解 1 mol Cu , 消耗 HNO_3 的物质的量

为 4 mol ; 故消耗等量 Cu 时, 消耗 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： $3\text{Cu}+8\text{HNO}_3=3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2+2\text{NO}\uparrow+4\text{H}_2\text{O}$ 。

- (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 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 NaNO_3 也可使溶解，故 C 正确；

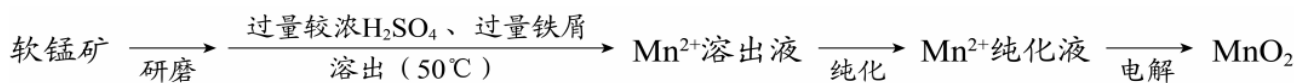
故答案为：AC。

- (4) 由于 $\text{HAuCl}_4=\text{H}^++\text{AuCl}_4^-$ ，若用 Zn 粉将溶液中的 1 mol HAuCl_4 完全还原， HAuCl_4 中金由+3 价被锌还原为单质， H^+ 由+1 价被锌还原为 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 Ag^+ 和 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 NaCl 溶液；物质 1 是 CuCl_2 ， CuCl_2 加入过量铁粉得到 Cu、过量的 Fe 和 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 NaCl 溶液，物质 2 是 Cu、Fe。

18. (12 分)

MnO_2 是重要化工原料, 由软锰矿制备 MnO_2 的一种工艺流程如下:



资料: ①软锰矿的主要成分为 MnO_2 , 主要杂质有 Al_2O_3 和 SiO_2

②金属离子沉淀的 pH

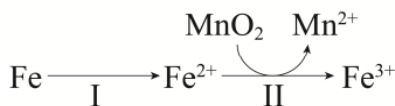
| | Fe^{3+} | Al^{3+} | Mn^{2+} | Fe^{2+} |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 开始沉淀时 | 1.5 | 3.4 | 5.8 | 6.3 |
| 完全沉淀时 | 2.8 | 4.7 | 7.8 | 8.3 |

③该工艺条件下, MnO_2 与 H_2SO_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 Mn^{2+} 的主要途径如图所示。



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

ii. 若 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 Mn^{2+} 所需 Fe 与 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: MnO_2 的氧化性与溶液 pH 有关。纯化时先加入 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

Mn^{2+} 纯化液经电解得 MnO_2 。生成 MnO_2 的电极反应式是_____。

(4) 产品纯度测定

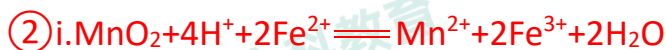
向 $a\text{ g}$ 产品中依次加入足量 $b\text{ g Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 和足量稀 H_2SO_4 , 加热至充分反应, 再用 $c\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KMnO}_4$ 溶液滴定剩余 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 至终点, 消耗 KMnO_4 溶液的体积为 $d\text{ L}$ 。

(已知: MnO_2 及 MnO_4^- 均被还原为 Mn^{2+} 。相对分子质量: 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)。

【答案】

(1) ①增大反应物接触面积, 加快 Mn^{2+} 溶出速率



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

(2) 先加 MnO_2 , 可利用溶液的酸性将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} , 再加氨水调溶液 $\text{pH} \approx 5$, 将 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 沉淀除去。



(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 Mn^{2+} 溶出速率;

② i. 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 $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$;

ii. 根据方程式可知, Fe 与 MnO_2 的物质的量比值为 2, 实际反应时, Fe^{2+} 主要来自于反应 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$, 从而提高了 Fe 的利用率, 故实际比值 (0.9) 小于 2。

(2) MnO_2 的氧化性与溶液 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 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 Al^{3+} 、 Fe^{3+} ；

(3) 电解时，溶液呈酸性， 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 $\frac{b \text{ g}}{134 \text{ g/mol}} - \frac{c \text{ mol/L} \times d \text{ L}}{2} \times 5$ ； $\text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 +$

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

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

19. (12 分)

探究 Na_2SO_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 Na_2S 能与 S 反应生成 Na_2S_x ， Na_2S_x 与酸反应生成 S 和 H_2S 。

③ BaS 易溶于水

隔绝空气条件下，加热无水 Na_2SO_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 Na_2S

取少量溶液 B，向其中滴加 CuSO_4 溶液，产生黑色沉淀，证实有 S^{2-} 。反应的离子方程式是_____。

(2) 检验分解产物 Na_2SO_4

取少量溶液 B，滴加 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（ H_2S ），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，

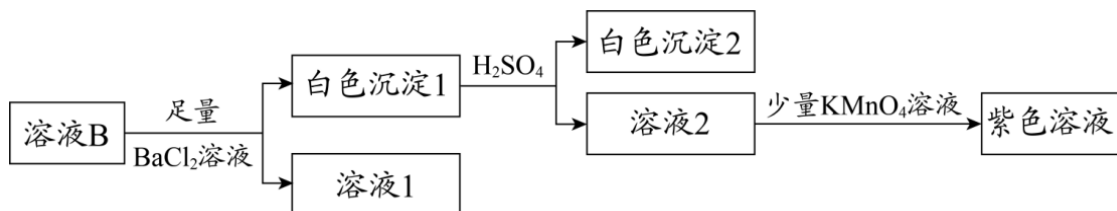
_____ (填操作和现象), 可证实分解产物中有 SO_4^{2-} 。

(3) 探究 (2) 中 S 的来源

来源 1: 固体 A 中有未分解的 Na_2SO_3 , 在酸性条件下与 Na_2S 反应生成 S。

来源 2: 溶液 B 中有 Na_2S_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 Na_2SO_3 固体热分解有 Na_2S 、 Na_2SO_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: _____。

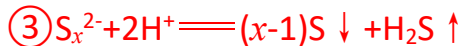
【答案】



(2) 取上层清液, 加入 BaCl_2 溶液, 产生白色沉淀

(3) ① 向溶液 2 中加入少量 KMnO_4 溶液, 紫色不褪, 证明无 SO_3^{2-}

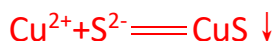
② 盐酸有还原性, 可使 KMnO_4 溶液褪色, 干扰 SO_3^{2-} 检验



(4) Na_2SO_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 Na_2SO_4 , 降价产物有 S 是合理的。

【解析】

(1) Na_2S 和 CuSO_4 溶液发生复分解反应生成 CuS 和 Na_2SO_4 , 反应的离子方程式为:



(2) 取少量溶液 B，滴加 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 Na_2S_x ，根据资料②可知： Na_2S_x 与盐酸反应生成 S 和 H_2S ，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 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 Na_2SO_3 ，在酸性条件下 $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 则溶液中含有： Na^+ 、 S^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 SO_3^{2-} ，向 B 溶液中加入足量 BaCl_2 发生反应生成 BaSO_4 、 BaSO_3 ，所以白色沉淀为： BaSO_4 、 BaSO_3 。溶液 1 中含 S^{2-} 、 Ba^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 。向白色沉淀 1 中加入 H_2SO_4 后， $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaSO}_3 \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ ，所以白色沉淀 2 为 BaSO_4 ，溶液 2 含 H_2SO_3 。

①溶液 2 中含 H_2SO_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 Na_2S_x 在酸性条件下发生的反应为： $\text{S}_x^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons (x-1)\text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。

(4) Na_2SO_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。