

2016年北京市高考化学试卷

参考答案与试题解析

一、选择题.

1. (3分) 我国科技创新成果斐然, 下列成果中获得诺贝尔奖的是 ()

- A. 徐光宪建立稀土串级萃取理论
- B. 屠呦呦发现抗疟新药青蒿素
- C. 闵恩泽研发重油裂解催化剂
- D. 侯德榜联合制碱法

【考点】1A: 化学史.

【专题】56: 化学应用.





【分析】2015年10月, 屠呦呦因发现青蒿素治疗疟疾的新疗法获诺贝尔生理学或医学奖.

【解答】解: 2015年10月, 屠呦呦因发现青蒿素治疗疟疾的新疗法获诺贝尔生理学或医学奖.

故选: B.

【点评】本题考查化学史, 只要关注时事, 平时注意积累, 能轻松简答.

2. (3分) 下列中草药煎制步骤中, 属于过滤操作的是 ()

A. 冷水浸泡	B. 加热煎制	C. 算渣取液	D. 灌装保存
			

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】P9: 物质的分离、提纯的基本方法选择与应用.

【专题】545：物质的分离提纯和鉴别。

【分析】过滤用于分离不溶性物质和液体的分离，一般利用固体的颗粒大小将固体和液体分离，以此解答该题。

【解答】解：A. 冷水浸泡属于物质的溶解，故 A 错误；

B. 加热煎制属于加热，故 B 错误；

C. 算渣取液将固体和液体分离，属于过滤操作，故 C 正确；

D. 灌装是液体转移，故 D 错误。

故选：C。

【点评】本题考查物质的分离，侧重于学生的分析、实验能力的考查，题目密切联系生活，有利于培养学生良好的科学素养，提高学生学习的积极性，难度不大。

3. (3分) 下列食品添加剂中，其使用目的与反应速率有关的是 ()

A. 抗氧化剂 B. 调味剂 C. 着色剂 D. 增稠剂

【考点】CA：化学反应速率的影响因素。

【专题】51F：化学反应速率专题。

【分析】一般来说，食品中常加入抗氧化剂、调味剂、着色剂以及增稠剂等，其中加入抗氧化剂可减缓食品的腐蚀，延长保质期，而调味剂、着色剂以及增稠剂与食品的色、态、味有关，以此解答该题。

【解答】解：A. 抗氧化剂减少食品与氧气的接触，延缓氧化的反应速率，故 A 正确；

B. 调味剂是为了增加食品的味道，与速率无关，故 B 错误；

C. 着色剂是为了给食品添加某种颜色，与速率无关，故 C 错误；

D. 增稠剂是改变物质的浓度，与速率无关，故 D 错误。

故选：A。

【点评】本题考查常见食品添加剂，与化学反应速率相结合综合考查学生的双基以及分析能力，侧重于化学与生活的考查，有利于培养学生良好的科学素养，难度不大，注意相关基础知识的积累。

4. (3分) 在一定条件下, 甲苯可生成二甲苯混合物和苯. 有关物质的沸点、熔点如表:

	对二甲苯	邻二甲苯	间二甲苯	苯
沸点/°C	138	144	139	80
熔点/°C	13	- 25	- 47	6

下列说法不正确的是 ()

- A. 该反应属于取代反应
- B. 甲苯的沸点高于 144°C
- C. 用蒸馏的方法可将苯从反应所得产物中首先分离出来
- D. 从二甲苯混合物中, 用冷却结晶的方法可将对二甲苯分离出来

【考点】 HD: 有机物的结构和性质.

【专题】 533: 有机反应.

- 【分析】** A、甲苯变成二甲苯是苯环上的氢原子被甲基取代所得, 属于取代反应;
B、甲苯的相对分子质量比二甲苯小, 沸点比二甲苯低;
C、苯的沸点与二甲苯的沸点相差较大, 用蒸馏的方法分离;
D、因为对二甲苯的熔点较高, 将温度冷却至 $-25^{\circ}\text{C}\sim 13^{\circ}\text{C}$, 对二甲苯形成固体, 从而将对二甲苯分离出来.

- 【解答】** 解: A、甲苯变成二甲苯是苯环上的氢原子被甲基取代所得, 属于取代反应, 故 A 正确;
B、甲苯的相对分子质量比二甲苯小, 故沸点比二甲苯低, 故 B 错误;
C、苯的沸点与二甲苯的沸点相差较大, 可以用蒸馏的方法分离, 故 C 正确;
D、因为对二甲苯的熔点较高, 将温度冷却至 $-25^{\circ}\text{C}\sim 13^{\circ}\text{C}$, 对二甲苯形成固体, 从而将对二甲苯分离出来, 故 D 正确;

故选: B.

【点评】 本题涉及到物质的分离和提纯、有机物的反应类型、沸点高低比较, 考查学生根据表格的数据分析解决问题的能力, 难度不大.

5. (3分) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中存在平衡: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (橙色) + $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}$ (黄色)

+2H⁺。用 K₂Cr₂O₇ 溶液进行下列实验：



结合实验，下列说法不正确的是（ ）

- A. ①中溶液橙色加深，③中溶液变黄
- B. ②中 Cr₂O₇²⁻ 被 C₂H₅OH 还原
- C. 对比②和④可知 K₂Cr₂O₇ 酸性溶液氧化性强
- D. 若向④中加入 70% H₂SO₄ 溶液至过量，溶液变为橙色

【考点】 B1：氧化还原反应；CB：化学平衡的影响因素。

【专题】 515：氧化还原反应专题；51E：化学平衡专题。

【分析】 K₂Cr₂O₇ 溶液中存在平衡：Cr₂O₇²⁻（橙色）+H₂O⇌2CrO₄²⁻（黄色）+2H⁺，加入酸，氢离子浓度增大，平衡逆向移动，则溶液橙色加深，加入碱，平衡正向移动，溶液变黄，由实验②、④可知 Cr₂O₇²⁻ 具有较强的氧化性，可氧化乙醇，而 CrO₄²⁻ 不能，以此解答该题。

【解答】解：A. 在平衡体系中加入酸，平衡逆向移动，重铬酸根离子浓度增大，橙色加深，加入碱，平衡正向移动，溶液变黄，故 A 正确；

B. ②中重铬酸钾氧化乙醇，重铬酸钾被还原，故 B 正确；

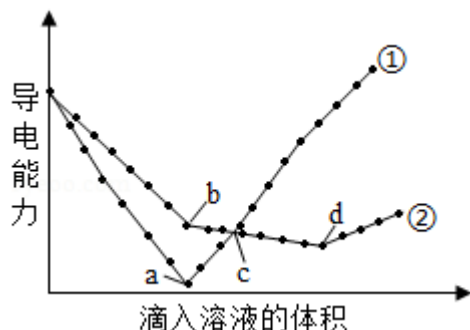
C. ②是酸性条件，④是碱性条件，酸性条件下氧化乙醇，而碱性条件不能，说明酸性条件下氧化性强，故 C 正确；

D. 若向④溶液中加入 70% 的硫酸到过量，溶液为酸性，可以氧化乙醇，溶液变绿色，故 D 错误。

故选：D。

【点评】 本题综合考查氧化还原反应以及化学平衡的移动问题，侧重于学生的分析能力的考查，注意把握题给信息，为解答该题的关键，易错点为 D，注意 Cr₂O₇²⁻、CrO₄²⁻ 氧化性的比较，难度不大。

6. (3分) 在两份相同的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中，分别滴入物质的量浓度相等的 H_2SO_4 、 NaHSO_4 溶液，其导电能力随滴入溶液体积变化的曲线如图所示。下列分析不正确的是 ()



- A. ①代表滴加 H_2SO_4 溶液的变化曲线
 B. b 点，溶液中大量存在的离子是 Na^+ 、 OH^-
 C. c 点，两溶液中含有相同量的 OH^-
 D. a、d 两点对应的溶液均显中性

【考点】 D4：电解质溶液的导电性。

【专题】 51G：电离平衡与溶液的 pH 专题。

【分析】 A. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 H_2SO_4 、 NaHSO_4 溶液反应方程式分别为 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaHSO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ ， $2\text{NaHSO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，溶液导电能力与离子浓度成正比，根据图知，曲线①在 a 点溶液导电能力接近 0，说明该点溶液离子浓度最小，应该为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 H_2SO_4 的反应，则曲线②为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 NaHSO_4 溶液的反应；

- B. 根据图知，a 点为 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 H_2SO_4 恰好反应， H_2SO_4 、 NaHSO_4 溶液的物质的量浓度相等，则 b 点溶液溶质为 NaOH ；
 C. c 点，①中稀硫酸过量，溶质为硫酸，②中反应后溶质为 NaOH 、 Na_2SO_4 ；
 D. a 点①中硫酸和氢氧化钡恰好完全反应，溶液中只含水；d 点②中溶质为 Na_2SO_4 。

【解答】 解 A. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液和 H_2SO_4 、 NaHSO_4 溶液反应方程式分别为 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaHSO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ ， $2\text{NaHSO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，溶液导电能力与离子浓度成正比，根据图知，

曲线①在 a 点溶液导电能力接近 0，说明该点溶液离子浓度最小，应该为 Ba(OH)₂ 溶液和 H₂SO₄ 的反应，则曲线②为 Ba(OH)₂ 溶液和 NaHSO₄ 溶液的反应，即①代表滴加 H₂SO₄ 溶液的变化曲线，故 A 正确；

B. 根据图知，a 点为 Ba(OH)₂ 溶液和 H₂SO₄ 恰好反应，H₂SO₄、NaHSO₄ 溶液的物质的量浓度相等，则 b 点溶液溶质为 NaOH，所以 b 点，溶液中大量存在的离子是 Na⁺、OH⁻，故 B 正确；

C. c 点，①中稀硫酸过量，溶质为硫酸，②中反应后溶液中溶质为 NaOH、Na₂SO₄，因为硫酸根离子浓度相同，②中钠离子浓度大于①中氢离子浓度，所以溶液中氢氧根离子浓度不同，故 C 错误；

D. a 点①中硫酸和氢氧化钡恰好完全反应，溶液中只含水；d 点②中溶质为 Na₂SO₄，水和硫酸钠溶液都呈中性，

故 D 正确；

故选：C。

【点评】 本题考查酸碱混合溶液定性判断，为高频考点，侧重考查学生分析判断及识图能力，明确发生的反应及各点溶液中溶质成分是解本题关键，注意：溶液导电能力与离子浓度成正比，题目难度中等。

7. (3 分) 用石墨电极完成下列电解实验。

	实验一	实验二
装置		
现象	a、d 处试纸变蓝；b 处变红，局部褪色；c 处无明显变化	两个石墨电极附近有气泡产生；n 处有气泡产生；...

下列对实验现象的解释或推测不合理的是 ()

- A. a、d 处： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$
- B. b 处： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2\uparrow$
- C. c 处发生了反应： $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$

D. 根据实验一的原理，实验二中 m 处能析出铜

【考点】BH：原电池和电解池的工作原理。

【专题】51I：电化学专题。

【分析】实验一 a、d 处试纸变蓝，说明生成 OH^- ，为电解池的阴极，b 处变红，局部褪色，为电解池的阳极，生成氯气，c 处无明显变化，铁丝左侧为阳极，右侧为阴极，

实验二两个石墨电极附近有气泡产生，左侧生成氢气，右侧生成氧气，两个铜珠的左侧为阳极，右侧为阴极，n 处有气泡产生，为阴极，以此解答该题。

【解答】解：A. d 处试纸变蓝，为阴极，生成 OH^- ，电极方程式为 $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\uparrow+2\text{OH}^-$ ，故 A 正确；

B. b 处变红，局部褪色，是因为 $\text{Cl}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{HCl}+\text{HClO}$ ，HCl 的酸性使溶液变红，HClO 的漂白性使局部褪色，故 B 错误；

C. c 处为阳极，发生了反应： $\text{Fe}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ ，故 C 正确；

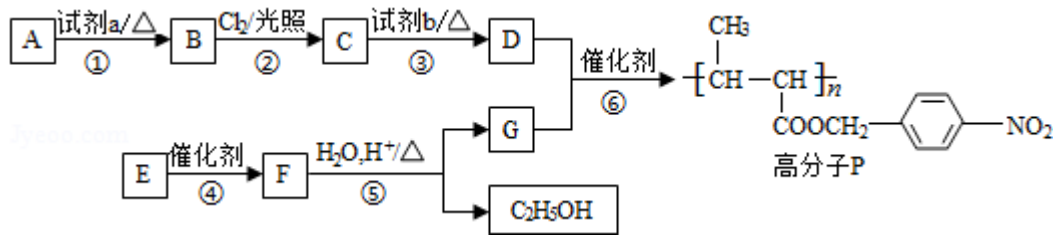
D. 实验一中 ac 形成电解池，db 形成电解池，所以实验二中也相当于形成三个电解池，一个球两面为不同的两极，左边铜珠的左侧为阳极，发生的电极反应为 $\text{Cu}-2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$ ，右侧（即位置 m 处）为阴极，发生的电极反应为 $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$ ，同样右边铜珠的左侧为阳极，右侧（即位置 n 处）为阴极，因此 m 处能析出铜的说法正确，故 D 正确。


故选：B。

【点评】本题考查电解原理，侧重于学生的分析能力的考查，注意把握电极的判断以及电极反应，为解答该题的关键，题目易错点为 D，注意铜珠的左右侧可看出阴、阳极，难度中等。

二、解答题（共 4 小题，满分 58 分）

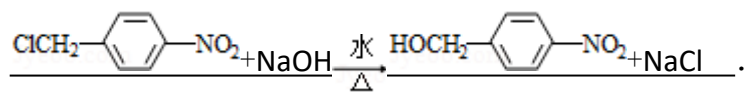
8.（17 分）功能高分子 P 的合成路线如下：



(1) A 的分子式是 C_7H_8 , 其结构简式是 .

(2) 试剂 a 是 浓硫酸和浓硝酸。

(3) 反应 ③ 的化学方程式:



(4) E 的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$. E 中含有的官能团: 碳碳双键, 酯基。

(5) 反应④的反应类型是 加聚反应。

(6) 反应⑤的化学方程式:


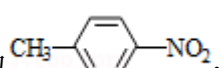
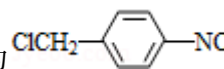
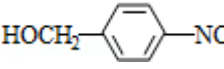
$$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}-\text{CH} \\ | \\ \text{COOCH}_2\text{CH}_3 \end{array} \right]_n + n\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\Delta]{\text{H}^+} \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2-\text{CH} \\ | \\ \text{COOH} \end{array} \right]_n + n\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$$

(7) 已知: $2\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{\text{OH}^-} \begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHO} \end{array}$


以乙烯为起始原料, 选用必要的无机试剂合成 E, 写出合成路线 (用结构简式表示有机物), 用箭头表示转化关系, 箭头上注明试剂和反应条件)。

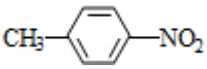
【考点】 HB: 有机物的推断。

【专题】 534: 有机物的化学性质及推断。

【分析】 A 的分子式是 C_7H_8 , 其结构简式是 , 结合 P 的结构简式, 可知 A 与浓硝酸在浓硫酸、加热条件下发生取代反应生成 B 为 , B 与氯气在光照条件下发生取代反应生成 C 为 , C 在氢氧化钠水溶液、加热条件下发生水解反应生成 D 为 , 可知 G 的结构简式

为 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH}_2\text{-CH]}_n \\ | \\ \text{COOH} \end{array}$, 则 F $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH-CH]}_n \\ | \\ \text{COOCH}_2\text{CH}_3 \end{array}$, E 的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$, 则 E 为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_3$.



【解答】解：A 的分子式是 C_7H_8 , 其结构简式是 , 结合 P 的结构简式, 可知

A 与浓硝酸在浓硫酸、加热条件下发生取代反应生成 B 为 , B

与氯气在光照条件下发生取代反应生成 C 为 , C 在氢氧化钠

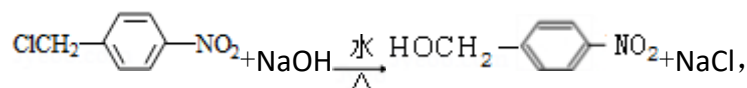
水溶液、加热条件下发生水解反应生成 D 为 , 可知 G 的结构

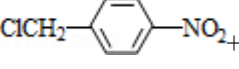
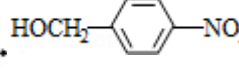
简式 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH-CH]}_n \\ | \\ \text{COOH} \end{array}$, 则 F, E 的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$, 则 E 为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_3$.

(1) A 的分子式是 C_7H_8 , 其结构简式是 , 故答案为: .

(2) 试剂 a 是: 浓硫酸和浓硝酸, 故答案为: 浓硫酸和浓硝酸;

(3) 反应 ③ 的化学方程式:



故答案为:  + NaOH $\xrightarrow[\Delta]{\text{水}}$  + NaCl;

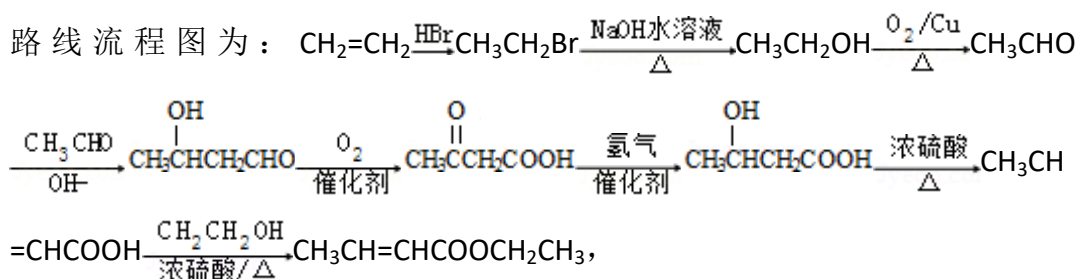
(4) E 为 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_3$, E 中含有的官能团: 碳碳双键、酯基, 故答案为: 碳碳双键、酯基;

(5) 反应④的反应类型是: 加聚反应, 故答案为: 加聚反应;

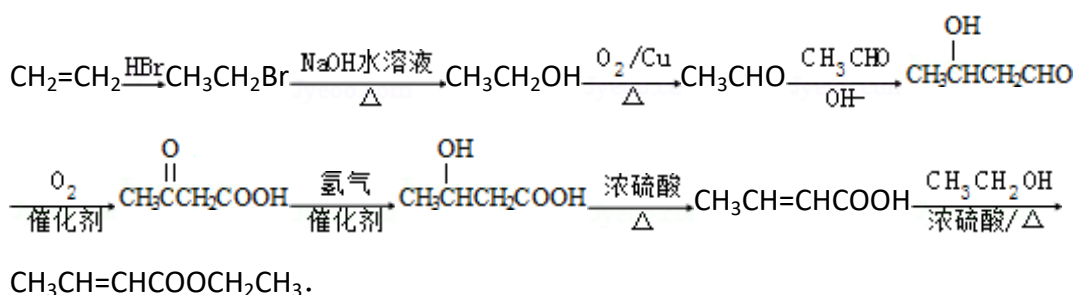
(6) 反应⑤的化学方程式 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH-CH]}_n \\ | \\ \text{COOCH}_2\text{CH}_3 \end{array} + n\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\Delta]{\text{H}^+} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH}_2\text{-CH]}_n \\ | \\ \text{COOH} \end{array} + n\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$,

故答案为 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH-CH]}_n \\ | \\ \text{COOCH}_2\text{CH}_3 \end{array} + n\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\Delta]{\text{H}^+} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{[CH}_2\text{-CH]}_n \\ | \\ \text{COOH} \end{array} + n\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$;

(7) 乙烯与 HBr 发生加成反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ ，然后发生水解反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ，再发生氧化反应生成 CH_3CHO ，2 分子乙醛发生加成反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO}$ ，再发生氧化反应生成 $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{COOH}$ ，再与氢气发生加成反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ ，在浓硫酸、加热条件下发生消去反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOH}$ ，最后与乙醇发生酯化反应生成 $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOCH}_2\text{CH}_3$ ，合成

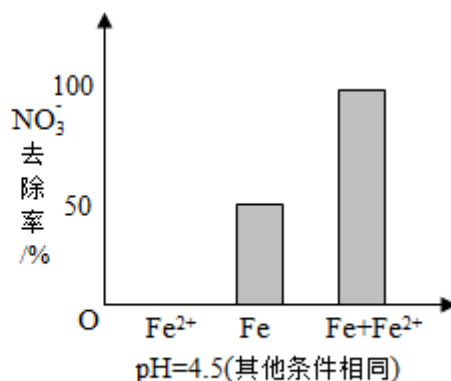
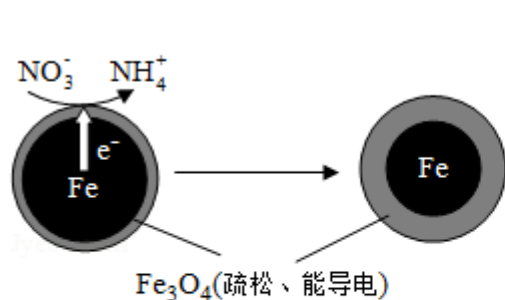


故 答 案 为 :



【点评】 本题考查有机物的推断与合成，充分利用 P 的结构简式与反应条件、分子式进行推断，侧重考查学生分析推理能力、知识迁移运用能力，是有机化学常考题型，难度中等。

9. (13 分) 用零价铁 (Fe) 去除水体中的硝酸盐 (NO_3^-) 已成为环境修复研究的热点之一。

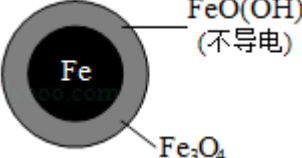
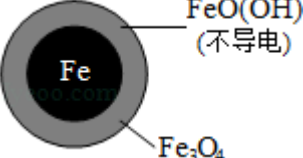


(1) Fe 还原水体中 NO_3^- 的反应原理如图 1 所示.

①作负极的物质是铁.

②正极的电极反应式是 $\text{NO}_3^- + 8\text{e}^- + 10\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$.

(2) 将足量铁粉投入水体中, 经 24 小时测定 NO_3^- 的去除率和 pH, 结果如下:

初始 pH	pH=2.5	pH=4.5
NO_3^- 的去除率	接近 100%	<50%
24 小时 pH	接近中性	接近中性
铁的最终物质形态		

pH=4.5 时, NO_3^- 的去除率低. 其原因是 $\text{FeO}(\text{OH})$ 不导电, 阻碍电子转移.

(3) 实验发现: 在初始 pH=4.5 的水体中投入足量铁粉的同时, 补充一定量的 Fe^{2+} 可以明显提高 NO_3^- 的去除率. 对 Fe^{2+} 的作用提出两种假设:

I. Fe^{2+} 直接还原 NO_3^- ;

II. Fe^{2+} 破坏 $\text{FeO}(\text{OH})$ 氧化层.

①做对比实验, 结果如图 2 所示, 可得到的结论是本实验条件下, Fe^{2+} 不能直接还原 NO_3^- ; 在 Fe 和 Fe^{2+} 共同作用下能提高 NO_3^- 的去除率.

②同位素示踪法证实 Fe^{2+} 能与 $\text{FeO}(\text{OH})$ 反应生成 Fe_3O_4 . 结合该反应的离子方程式, 解释加入 Fe^{2+} 提高 NO_3^- 去除率的原因: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{FeO}(\text{OH}) = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{H}^+$, Fe^{2+} 将不导电的 $\text{FeO}(\text{OH})$ 转化为可导电的 Fe_3O_4 , 利于电子转移.

(4) 其他条件与 (2) 相同, 经 1 小时测定 NO_3^- 的去除率和 pH, 结果如表:

初始 pH	pH=2.5	pH=4.5
NO_3^- 的去除率	约 10%	约 3%
1 小时 pH	接近中性	接近中性

与 (2) 中数据对比, 解释 (2) 中初始 pH 不同时, NO_3^- 去除率和铁的最终物质形态不同的原因:初始 pH 低时, 产生的 Fe^{2+} 充足; 初始 pH 高时, 产生的

Fe²⁺不足。

【考点】 BH: 原电池和电解池的工作原理; FE: "三废"处理与环境保护; S4: 铁及其化合物的性质实验。

【专题】 51I: 电化学专题; 52: 元素及其化合物。

【分析】 (1) ①Fe 还原水体中 NO₃⁻, 根据题意 Fe₃O₄ 为电解质, 则 Fe 作还原剂, 失去电子, 作负极;

②NO₃⁻ 在正极得电子发生还原反应产生 NH₄⁺, 根据图 2 信息可知为酸性环境;

(2) 由于 Fe₃O₄ 为电解质, 而电解质主要作用是为电子转移提供媒介, 然后根据 FeO(OH) 不导电进行分析;

(3) ①根据图 2 中的三个实验结果进行分析;

②结合 (2) 题中的铁的最终物质形态结果差异进行分析;

(4) 根据 Fe²⁺ 的作用进行分析。

【解答】 解: (1) ①Fe 还原水体中 NO₃⁻, 则 Fe 作还原剂, 失去电子, 作负极, 故答案为: 铁;

②NO₃⁻ 在正极得电子发生还原反应产生 NH₄⁺, 根据图 2 信息可知为酸性环境, 则正极的电极反应式为: NO₃⁻+8e⁻+10H⁺=NH₄⁺+3H₂O,

故答案为: NO₃⁻+8e⁻+10H⁺=NH₄⁺+3H₂O;

(2) pH 越高, Fe³⁺ 越易水解生成 FeO(OH), 而 FeO(OH) 不导电, 阻碍电子转移, 所以 NO₃⁻ 的去除率低。

故答案为: FeO(OH) 不导电, 阻碍电子转移;

(3) ①从图 2 的实验结果可以看出, 单独加入 Fe²⁺ 时, NO₃⁻ 的去除率为 0, 因此得出 Fe²⁺ 不能直接还原 NO₃⁻; 而 Fe 和 Fe²⁺ 共同加入时 NO₃⁻ 的去除率比单独 Fe 高, 因此可以得出结论: 本实验条件下, Fe²⁺ 不能直接还原 NO₃⁻; 在 Fe 和 Fe²⁺ 共同作用下能提高 NO₃⁻ 的去除率。

故答案为: 本实验条件下, Fe²⁺ 不能直接还原 NO₃⁻; 在 Fe 和 Fe²⁺ 共同作用下能提高 NO₃⁻ 的去除率;

②同位素示踪法证实了 Fe²⁺ 能与 FeO(OH) 反应生成 Fe₃O₄, 离子方程式为: Fe²⁺+2FeO(OH)=Fe₃O₄+2H⁺, Fe²⁺ 将不导电的 FeO(OH) 转化为可导电的

Fe_3O_4 ，利于电子转移。

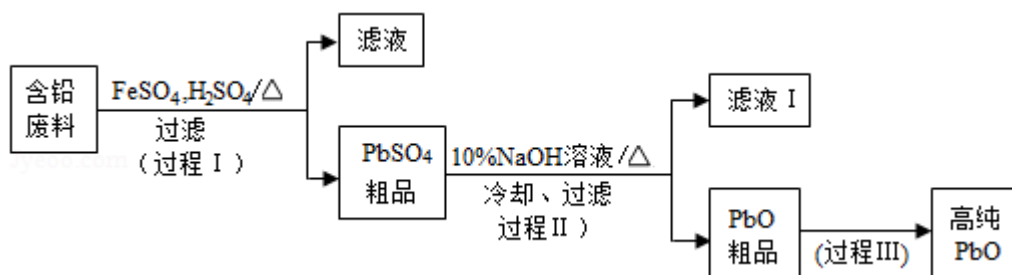
故答案为： $\text{Fe}^{2+}+2\text{FeO}(\text{OH})=\text{Fe}_3\text{O}_4+2\text{H}^+$ ， Fe^{2+} 将不导电的 $\text{FeO}(\text{OH})$ 转化为可导电的 Fe_3O_4 ，利于电子转移；

(4) 根据实验结果可知 Fe^{2+} 的作用是将不导电的 $\text{FeO}(\text{OH})$ 转化为可导电的 Fe_3O_4 ，而 NO_3^- 的去除率由铁的最终物质形态确定，因此可知实验初始 pH 会影响 Fe^{2+} 的含量。

故答案为：初始 pH 低时，产生的 Fe^{2+} 充足；初始 pH 高时，产生的 Fe^{2+} 不足。

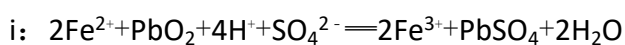
【点评】 考查化学反应原理，涉及电化学、氧化还原反应等相关知识，题中的 Fe 与 NO_3^- 的反应跟溶液酸碱性有关，抓住这一点是解题的关键，第 II 问的解答有一定的难度，特别是阐述上的准确性。

10. (12 分) 以废旧铅酸电池中的含铅废料 (Pb 、 PbO 、 PbO_2 、 PbSO_4 及炭黑等) 和 H_2SO_4 为原料，制备高纯 PbO ，实现铅的再生利用。其工作流程如下：



(1) 过程 I 中，在 Fe^{2+} 催化下， Pb 和 PbO_2 反应生成 PbSO_4 的化学方程式是 $\text{Pb}+\text{PbO}_2+2\text{H}_2\text{SO}_4=2\text{PbSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 过程 I 中， Fe^{2+} 催化过程可表示为：



ii: ...

① 写出 ii 的离子方程式： $2\text{Fe}^{3+}+\text{Pb}+\text{SO}_4^{2-}=\text{PbSO}_4+2\text{Fe}^{2+}$ 。

② 下列实验方案可证实上述催化过程。将实验方案补充完整。

a. 向酸化的 FeSO_4 溶液中加入 KSCN 溶液，溶液几乎无色，再加入少量 PbO_2 ，溶液变红。

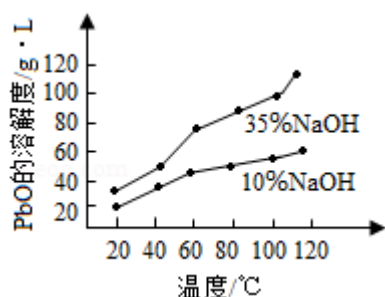
b. 取 a 中红色溶液少量，加入过量 Pb ，充分反应后，红色褪去。

(3) PbO 溶解在 NaOH 溶液中，存在平衡： $\text{PbO}(\text{s})+\text{NaOH}(\text{aq})\rightleftharpoons\text{NaHPbO}_2(\text{aq})$ ，其溶解度曲线如图所示。

①过程Ⅱ的目的是脱硫。滤液1经处理后可在过程Ⅱ中重复使用，其目的是 AB (选填序号)。

- A. 减小 Pb 的损失，提高产品的产率
- B. 重复利用 NaOH，提高原料的利用率
- C. 增加 Na₂SO₄ 浓度，提高脱硫效率

②过程Ⅲ的目的是提纯，结合上述溶解度曲线，简述过程Ⅲ的操作：向 PbO 粗品中加入一定量的 35%NaOH 溶液，加热至 110℃，充分溶解后，趁热过滤，冷却结晶，过滤得到 PbO 固体



【考点】 P8: 物质分离和提纯的方法和基本操作综合应用; U3: 制备实验方案的设计。

【专题】 546: 无机实验综合。

【分析】 以废旧铅酸电池中的含铅废料 (Pb、PbO、PbO₂、PbSO₄ 及炭黑等) 和 H₂SO₄ 为原料，制备高纯 PbO，含铅废料加入硫酸亚铁、稀硫酸加热反应过滤得到 PbSO₄ 粗品，加入 10% 的氢氧化钠溶液加热反应，冷却过滤得到 PbO 粗品，粗 PbO 溶解在 35%NaOH 溶液中配成高温下的饱和溶液，冷却结晶、过滤得 PbO，

(1) 根据题给化学工艺流程知，过程 I 中，在 Fe²⁺ 催化下，Pb、PbO₂ 和 H₂SO₄ 反应生成 PbSO₄ 和水；

(2) ① 催化剂通过参加反应，改变反应历程，降低反应的活化能，加快化学反应速率，而本身的质量和化学性质反应前后保持不变。根据题给信息知反应 i 中 Fe²⁺ 被 PbO₂ 氧化为 Fe³⁺，则反应 ii 中 Fe³⁺ 被 Pb 还原为 Fe²⁺，据此书写离子方程式；

② a 实验证明发生反应 i，则 b 实验需证明发生反应 ii，实验方案为取 a 中红色溶液少量，加入过量 Pb，充分反应后，红色褪去；

(3) ①过程Ⅱ脱硫过程中发生的反应为 $\text{PbSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{PbO} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ，而滤液Ⅰ中含有硫酸，可降低溶液的 pH，使平衡 $\text{PbO}(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaHPbO}_2(\text{aq})$ 逆向移动；

②根据 PbO 的溶解度曲线进行解答；

【解答】解 (1) 根据题给化学工艺流程知，过程Ⅰ中，在 Fe^{2+} 催化下，Pb、 PbO_2 和 H_2SO_4 反应生成 PbSO_4 和水，化学方程式为： $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(2) ①催化剂通过参加反应，改变反应历程，降低反应的活化能，加快化学反应速率，而本身的质量和化学性质反应前后保持不变。根据题给信息知反应ⅰ中 Fe^{2+} 被 PbO_2 氧化为 Fe^{3+} ，则反应ⅱ中 Fe^{3+} 被 Pb 还原为 Fe^{2+} ，离子方程式为： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4 + 2\text{Fe}^{2+}$ ，

故答案为： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4 + 2\text{Fe}^{2+}$ ；

②a 实验证明发生反应ⅰ，则 b 实验需证明发生反应ⅱ，实验方案为：

- a. 向酸化的 FeSO_4 溶液中加入 KSCN 溶液，溶液几乎无色，再加入少量 PbO_2 ，溶液变红，亚铁离子被氧化为铁离子，
- b. 取 a 中红色溶液少量，溶液中存在平衡， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3$ ，加入过量 Pb，和平衡状态下铁离子反应生成亚铁离子，平衡逆向进行充分反应后，红色褪去，

故答案为：取 a 中红色溶液少量，加入过量 Pb，充分反应后，红色褪去；

(3) ①过程Ⅱ脱硫过程中发生的反应为 $\text{PbSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{PbO} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ，由于 PbO 能溶解与 NaOH 溶液，因此滤液Ⅰ中含有 Pb 元素，滤液Ⅰ重复使用可减少 PbO 损失，提高产品的产率，且滤液Ⅰ中过量的 NaOH 可以重复利用，提高原料的利用率，故选 AB。

故答案为：AB；

②根据 PbO 的溶解度曲线，提纯粗 Pb 的方法为将粗 PbO 溶解在 NaOH 溶液中，结合溶解度曲线特点可知浓度高的 NaOH 溶液和较高的温度，PbO 的溶解度高，因此加热至较高温度，充分溶解，然后再高温下趁热过滤除去杂质，后冷却后 PbO 又析出结晶，再次过滤可得到 PbO 固体。

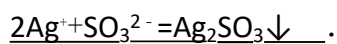
故答案为：向 PbO 粗品中加入一定量的 35%NaOH 溶液，加热至 110°C，充分溶解后，趁热过滤，冷却结晶，过滤得到 PbO 固体。

【点评】本题考查了化学工艺流程分析、催化剂、离子方程式书写、化学实验方案的设计、物质分离提纯、平衡一点原理的应用，题目难度中等。

11. (16 分) 以 Na₂SO₃ 溶液和不同金属的硫酸盐溶液作为实验对象，探究盐的性质和盐溶液间反应的多样性。

实验	试剂		现象
	滴管	试管	
 2mL	0.2 mol·L ⁻¹ Na ₂ SO ₃ 溶液	饱和 Ag ₂ SO ₄ 溶液	I. 产生白色沉淀
		0.2 mol·L ⁻¹ CuSO ₄	II. 溶液变绿，继续滴加产生棕黄色沉淀
		0.1 mol·L ⁻¹ Al ₂ (SO ₄) ₃ 溶液	III. 开始无明显变化，继续滴加产生白色沉淀

(1) 经检验，现象 I 中的白色沉淀是 Ag₂SO₃。用离子方程式解释现象 I：

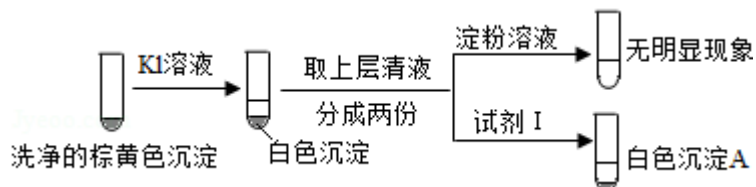


(2) 经检验，现象 II 的棕黄色沉淀中不含 SO₄²⁻，含有 Cu⁺、Cu²⁺和 SO₃²⁻。

已知：Cu⁺ $\xrightarrow{\text{稀硫酸}}$ Cu + Cu²⁺，Cu²⁺ $\xrightarrow{\text{I}^-}$ CuI↓ (白色) + I₂。

①用稀硫酸证实沉淀中含有 Cu⁺的实验现象是析出红色固体。

②通过下列实验证实，沉淀中含有 Cu²⁺和 SO₃²⁻。



a. 白色沉淀 A 是 BaSO₄，试剂 1 是 HCl 和 BaCl₂ 溶液。

b. 证实沉淀中含有 Cu²⁺和 SO₃²⁻ 的理由是在 I⁻ 的作用下，Cu²⁺ 转化为白色沉淀 CuI，SO₃²⁻ 转化为 SO₄²⁻。

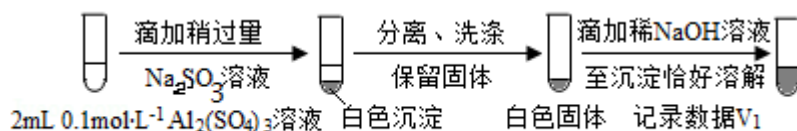
(3) 已知：Al₂(SO₃)₃ 在水溶液中不存在。经检验，现象 III 的白色沉淀中无 SO₄²⁻，该白色沉淀既能溶于强酸，又能溶于强碱，还可使酸性 KMnO₄ 溶液褪

色.

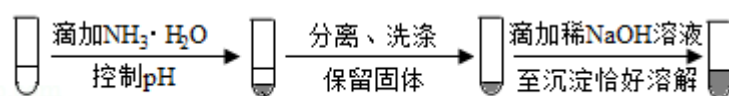
①推测沉淀中含有亚硫酸根和 $\text{Al}(\text{OH})_3$.

②对于沉淀中亚硫酸根的存在形式提出两种假设: i. 被 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 所吸附; ii. 存在于铝的碱式盐中. 对假设 ii 设计了对比实验, 证实了假设 ii 成立.

a. 将对对比实验方案补充完整.



步骤一:



步骤二: 2mL $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液 记录数据 V_2 (按图形式呈现).

b. 假设 ii 成立的实验证据是 V_1 明显大于 V_2

(4) 根据实验, 亚硫酸盐的性质有 溶解性、还原性、在水溶液中呈碱性. 盐溶液间反应的多样性与 两种盐溶液中阴、阳离子的性质 有关.

【考点】U2: 性质实验方案的设计.

【专题】546: 无机实验综合.

【分析】(1) $0.2\text{mol/LNa}_2\text{SO}_3$ 溶液滴入饱和 Ag_2SO_4 溶液发生反应生成白色沉淀 Ag_2SO_3 ;

(2) ①根据第二题中现象 2 及已知信息, 可以得知, 取少量洗净 (排除 Cu^{2+} 干扰) 的棕黄色沉淀, 滴加稀硫酸, 沉淀变红 (铜单质), 则证明有 Cu^+ ;

②a. 根据 BaSO_4 沉淀可知, 加入的试剂为含 Ba^{2+} 的化合物, 可以选用 BaCl_2 ;

b. 由白色沉淀 A 可知之前所取上层清液中有 SO_4^{2-} , 由加入 KI 生成白色沉淀可知棕黄色沉淀中含有 Cu^{2+} , Cu^{2+} 和 I^- 作用生成 CuI 白色沉淀, 由加淀粉无现象说明上层清液中无 I_2 , 而 Cu^{2+} 和 I^- 反应生成 I_2 , 因而推断生成的 I_2 参与了其他反应, 因而有还原剂 SO_3^{2-} ;

(3) ①由题意, 白色沉淀既能溶于强酸, 又能溶于强碱, 可以得到沉淀中含有 Al^{3+} 和 OH^- , 可使酸性 KMnO_4 溶液褪色是因为存在有还原性的亚硫酸根离子;

②根据实验目的和对比实验设计原理进行解答；

(4) 根据实验，亚硫酸盐具有溶解性、还原性、水解呈碱性，盐溶液间反应的多样性与两种盐溶液中阴、阳离子的性质和反应条件有关。

【解答】解 ①实验 I 中 $0.2\text{mol/LNa}_2\text{SO}_3$ 溶液滴入饱和 Ag_2SO_4 溶液，由于 Ag_2SO_4 饱和溶液且溶液混合后稀释，因此不可能是 Ag_2SO_4 沉淀，考虑 SO_3^{2-} 浓度较大，因此推断白色沉淀为 Ag_2SO_3 ，反应的离子方程式为：
 $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow$ ，故答案为： $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow$ ；

(2) ①依据反应 Cu^+ 和稀硫酸反应铜和铜离子，若沉淀中含有 Cu^+ ，加入稀硫酸会发生歧化反应生成铜单质，实验现象是有红色固体生成，

故答案为：析出红色固体；

② a . 分析实验流程可知实验原理为 $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} + \text{I}_2$ 、
 $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ ，根据 BaSO_4 沉淀可知，加入的试剂为含 Ba^{2+} 的化合物，可以选用 BaCl_2 溶液，考虑沉淀 A 没有 BaSO_3 ，因此应在酸性环境中。

故答案为：HCl 和 BaCl_2 溶液；

b. 由白色沉淀 A 可知之前所取上层清液中有 SO_4^{2-} ，由加入 KI 生成白色沉淀可知棕黄色沉淀中含有 Cu^{2+} ， Cu^{2+} 和 I^- 作用生成 CuI 白色沉淀，由加淀粉无现象说明上层清液中无 I_2 ，而 Cu^{2+} 和 I^- 反应生成 I_2 ，因而推断生成的 I_2 参与了其他反应，因而有还原剂 SO_3^{2-} ；

故答案为：棕黄色沉淀与 KI 溶液反应生成白色沉淀 (CuI)，证明含有 Cu^{2+} ，白色沉淀 A 为硫酸钡，证明含有 SO_3^{2-} ；

(3) ①根据题意知实验 III 的白色沉淀中无 SO_4^{2-} ，该白色沉淀既能溶于强酸，又能溶于强碱，还可使酸性 KMnO_4 溶液褪色，可以推测沉淀中含有 Al^{3+} 和 OH^- ，可使酸性 KMnO_4 溶液褪色是因为存在有还原性的亚硫酸根离子；

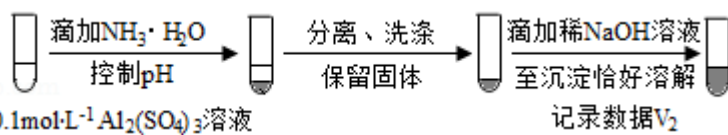
故答案为： Al^{3+} 、 OH^- ；

②根据假设可知实验的目的是证明产生的沉淀是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 还是铝的碱式盐，给定实验首先制备出现象 III 中的沉淀，然后采用滴加 NaOH 溶液，因此对比实验首先要制备出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀，然后滴加 NaOH 溶液，若两者消耗的 NaOH 体积相同，则现象 III 中的沉淀就是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀，若两者消耗的 NaOH 体积

不同，则现象Ⅲ中的沉淀考虑是铝的碱式盐。

铝的碱式盐和 NaOH 溶液反应相当于铝离子和 NaOH 反应，反应比例为 1: 4，

而 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 NaOH 反应比例为 1: 1，因此若 V_1 明显大于 V_2 ，则假设 ii 成立；若 $V_1=V_2$ ，则假设 i 成立。



故答案为：a. 2mL $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液

b. 假设 ii 成立的实验证据是 V_1 明显大于 V_2 ，

故答案为： V_1 明显大于 V_2 ；

(4) 题目中有多处暗示我们还还原性，比如 (3) 中的沉淀可以使酸性高锰酸钾褪色，第二空，实验结论要紧扣实验目的，根据题目，我们探究的是 Na_2SO_3 溶液和不同金属的硫酸盐溶液反应，所以得到结论：盐溶液间反应的多样性与两种盐溶液中阴、阳离子的性质和反应条件有关。

故答案为：还原性、水解呈碱性；两种盐溶液中阴、阳离子的性质有关。

【点评】 本题考查化学实验方案的分析、评价和设计。主要是离子检验和实验过程的理解应用，题目难度较大。