

2019年北京市高考化学试卷

参考答案与试题解析

一、选择题：本部分共7小题，每小题6分，共42分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

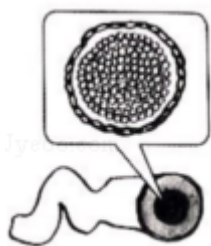
1. (6分) 下列我国科研成果所涉及材料中，主要成分为同主族元素形成的无机非金属材料的是 ()



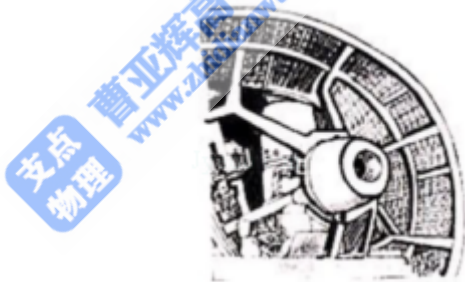
A. 4.03米大口径碳化硅反射镜



B. 2022年冬奥会聚氨酯速滑服



C. 能屏蔽电磁波的碳包覆银纳米线



D. “玉兔二号”钛合金筛网轮

【分析】A. C、Si 都位于第 IVA 族；

B. 聚氨酯中含有 C、H、O、N 元素，分别位于第 IVA 族、第 IA 族、第 VIA 族、第 VA 族；

C. C 位于第 IVA 族、Ag 位于第 IB 族；

D. 钛合金主要成分有 Ti、Al 等，Ti 位于第 IVB 族，Al 位于第 IIIA 族。

【解答】解：A. C、Si 都位于第 IVA 族，二者位于同一主族，故 A 正确；

B. 聚氨酯中含有 C、H、O、N 元素，分别位于第 IVA 族、第 IA 族、第 VIA 族、第 VA 族，这几种元素位于不同主族，故 B 错误；

C. C 位于第 IVA 族、Ag 位于第 IB 族，二者位于不同族且 Ag 为副族元素，故 C 错误；

D. 钛合金主要成分有 Ti、Al 等，Ti 位于第 IVB 族，Al 位于第 IIIA 族，Ti 为副族元素，

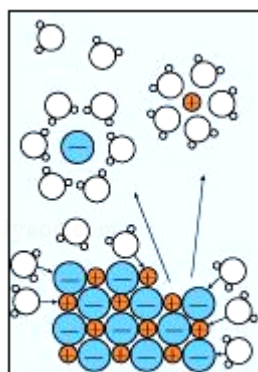
不符合，故 D 错误；

故选：A。

【点评】本题考查元素周期表结构及无机非金属材料，明确元素在周期表位置及常见物质成分是解本题关键，熟练掌握元素周期表结构并灵活运用，题目难度不大。

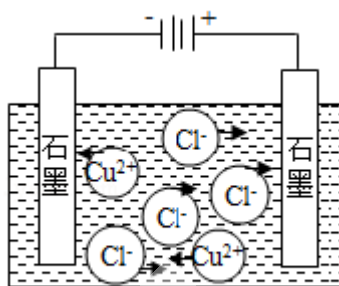
2. (6分) 下列示意图与化学用语表述内容不相符的是(水合离子用相应离子符号表示)

()



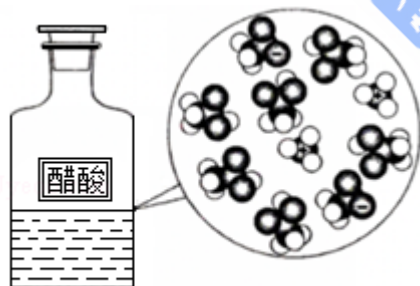
NaCl 溶于水

A



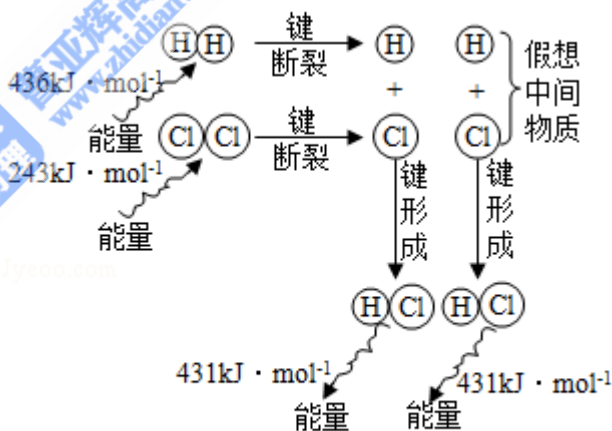
电解 CuCl_2 溶液

B



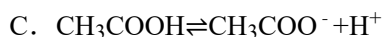
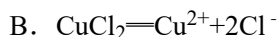
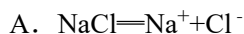
CH_3COOH 在水中电离

C



H_2 与 Cl_2 反应能量变化

D



【分析】A. NaCl 为强电解质；

B. 电解氯化铜生成 Cu 和氯气；

C. 醋酸为弱电解质，存在电离平衡；

D. 焓变等于断裂化学键吸收的能量减去成键释放的能量，结合状态及焓变书写热化学方程式。

【解答】解：A. NaCl 为强电解质，则电离方程式为 $\text{NaCl}=\text{Na}^++\text{Cl}^-$ ，故 A 正确；

B. 电解氯化铜生成 Cu 和氯气，则方程式为 $\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu}+2\text{Cl}_2 \uparrow$ ，故 B 错误；

C. 醋酸为弱电解质，存在电离平衡，则电离方程式为 $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-+\text{H}^+$ ，故 C 正确；

D. 焓变等于断裂化学键吸收的能量减去成键释放的能量，则 $\Delta H = (436+243 - 431 \times 2) \text{ kJ/mol} = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，由状态及焓变可知热化学方程式为 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g}) \Delta H = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查反应热与焓变，为高频考点，把握电解质与电离方程式、焓变计算及热化学方程式为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意选项 B 为解答的易错点，题目难度不大。

3. (6分) 2019 年是元素周期表发表 150 周年，期间科学家为完善周期表做出了不懈努力。中国科学院院士张青莲教授曾主持测定了铟 ($_{49}\text{In}$) 等 9 种元素相对原子质量的新值，被采用为国际新标准。铟与铷 ($_{37}\text{Rb}$) 同周期。下列说法不正确的是 ()

A. In 是第五周期第 IIIA 族元素

B. $_{49}^{115}\text{In}$ 的中子数与电子数的差值为 17

C. 原子半径：In > Al

D. 碱性：In(OH)₃ > RbOH

【分析】A. In 的原子序数为 49，原子核外有 5 个电子层，数目分别为 2、8、18、18、3；

B. $_{49}^{115}\text{In}$ 的中子数为 $115 - 49 = 66$ ；

C. 同主族元素从上到下原子半径增大；

D. 元素的金属性越强，对应的最高价氧化物的水化物的碱性越强。

【解答】解：A. In 的原子序数为 49，原子核外有 5 个电子层，数目分别为 2、8、18、18、3，则铟处于第五周期第 IIIA 族，故 A 正确；

B. ${}^{115}_{49}\text{In}$ 的中子数为 $115 - 49 = 66$, In 原子中电子数为 49, 则 ${}^{115}_{49}\text{In}$ 的中子数与电子数的

差值为 $66 - 49 = 17$, 故 B 正确;

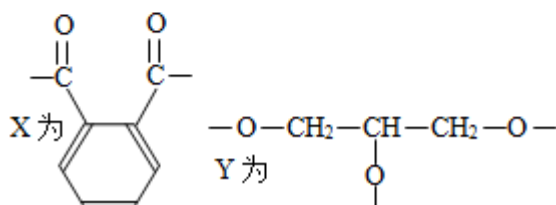
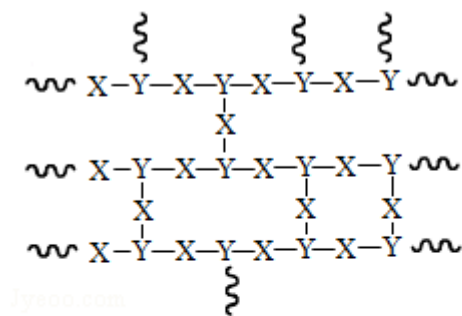
C. 同主族元素从上到下原子半径增大, 则原子半径: $\text{In} > \text{Al}$, 故 C 正确;

D. 金属性 $\text{Rb} > \text{In}$, 元素的金属性越强, 对应的最高价氧化物的水化物的碱性越强, 则碱性 $\text{In}(\text{OH})_3 < \text{RbOH}$, 故 D 错误。

故选: D。

【点评】 本题考查元素周期表, 为高频考点, 侧重考查学生的分析能力, 要求学生熟悉元素周期表的排布规律, 同时了解元素的一些性质变化规律, 题目难度不大。

4. (6 分) 交联聚合物 P 的结构片段如图所示。下列说法不正确的是 (图中 \sim 表示链延长)
- ()



- A. 聚合物 P 中有酯基, 能水解
- B. 聚合物 P 的合成反应为缩聚反应
- C. 聚合物 P 的原料之一丙三醇可由油脂水解获得
- D. 邻苯二甲酸和乙二醇在聚合过程中也可形成类似聚合物 P 的交联结构

【分析】 A. Y 与 X 发生缩聚反应生成 P, P 含 $-\text{COOC}-$;

B. $-\text{COOH}$ 、 $-\text{OH}$ 发生反应;

D. 油脂为高级脂肪酸甘油酯;

D. 邻苯二甲酸和乙二醇在发生缩聚反应生成直链结构的高分子。

【解答】 解: A. Y 与 X 发生缩聚反应生成 P, P 含 $-\text{COOC}-$, 可发生水解反应, 故 A 正确;

- B. $-COOH$ 、 $-OH$ 发生反应，则聚合物 P 的合成反应为缩聚反应，故 B 正确；
- D. 油脂为高级脂肪酸甘油酯，则水解可生成甘油，故 C 正确；
- D. 邻苯二甲酸和乙二醇在发生缩聚反应生成直链结构的高分子，不能形成类似聚合物 P 的交联结构，故 D 错误；

故选：D。

【点评】 本题考查有机物的结构与性质，为高频考点，把握官能团与性质、有机反应为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意选项 D 为解答的难点，题目难度不大。

5. (6分) 下列除杂试剂选用正确且除杂过程不涉及氧化还原反应的是 ()

	物质 (括号内为杂质)	除杂试剂
A	$FeCl_2$ 溶液 ($FeCl_3$)	Fe 粉
B	$NaCl$ 溶液 ($MgCl_2$)	$NaOH$ 溶液、稀 HCl
C	Cl_2 (HCl)	H_2O 、浓 H_2SO_4
D	NO (NO_2)	H_2O 、无水 $CaCl_2$

- A. A B. B C. C D. D

- 【分析】** A. Fe 与氯化铁反应生成氯化亚铁；
- B. $NaOH$ 与氯化镁发生复分解反应；
- C. 氯气与水反应；
- D. 二氧化氮与水反应生成 NO 。

- 【解答】** 解：A. Fe 与氯化铁反应生成氯化亚铁，为氧化还原反应，故 A 不选；
- B. $NaOH$ 与氯化镁发生复分解反应，且加盐酸中和生成的 $NaOH$ ，可除杂，故 B 选；
- C. 氯气与水反应，发生氧化还原反应，应选饱和食盐水抑制氯气的溶解，故 C 不选；
- D. 二氧化氮与水反应生成 NO ，为氧化还原反应，故 D 不选；

故选：B。

【点评】 本题考查氧化还原反应，为高频考点，把握物质的性质、发生的反应、混合物分离提纯为解答的关键，侧重分析与实验能力的考查，注意元素化合物知识的应用，题目难度不大。

6. (6分) 探究草酸 ($H_2C_2O_4$) 性质，进行如下实验。(已知：室温下， $0.1mol \cdot L^{-1}H_2C_2O_4$ 的 $pH=1.3$)

实验	装置	试剂 a	现象

①		Ca(OH) ₂ 溶液 (含酚酞)	溶液褪色, 产生白色沉淀
②		少量 NaHCO ₃ 溶液	产生气泡
③		酸性 KMnO ₄ 溶液	紫色溶液褪色
④		C ₂ H ₅ OH 和浓硫酸	加热后产生有香味物质

由上述实验所得草酸性质所对应的方程式不正确的是 ()

- A. H₂C₂O₄ 有酸性, Ca(OH)₂+H₂C₂O₄═CaC₂O₄↓+2H₂O
- B. 酸性: H₂C₂O₄>H₂CO₃, NaHCO₃+H₂C₂O₄═NaHC₂O₄+CO₂↑+H₂O
- C. H₂C₂O₄ 有还原性, 2MnO₄⁻+5C₂O₄²⁻+16H⁺═2Mn²⁺+10CO₂↑+8H₂O
- D. H₂C₂O₄ 可发生酯化反应, HOCCOOH+2C₂H₅OH $\xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓硫酸}}$ C₂H₅OOCCOOC₂H₅+2H₂O

【分析】0.1mol·L⁻¹H₂C₂O₄ 的 pH=1.3, 说明草酸是弱酸,

- A. 酸不能使酚酞变红色, 碱溶液能使酚酞变红色, 酸碱能发生中和反应;
- B. 强酸能和弱酸盐反应生成弱酸;
- C. 高锰酸钾溶液具有强氧化性, 能氧化还原性物质;
- D. 酯具有香味。

【解答】解: A. Ca(OH)₂ 溶液 (含酚酞) 中加入草酸溶液, 溶液褪色, 说明混合溶液碱性减弱, 且生成白色沉淀, 则发生中和反应, 从而草酸体现酸性, 反应方程式为 Ca(OH)₂+H₂C₂O₄═CaC₂O₄↓+2H₂O, 故 A 正确;

B. 向少量 NaHCO₃ 溶液加入草酸有气泡生成, 说明有二氧化碳生成, 强酸能和弱酸盐反应生成弱酸, 根据实验现象知, 酸性: H₂C₂O₄>H₂CO₃, 反应方程式为 NaHCO₃+H₂C₂O₄═NaHC₂O₄+CO₂↑+H₂O, 故 B 正确;

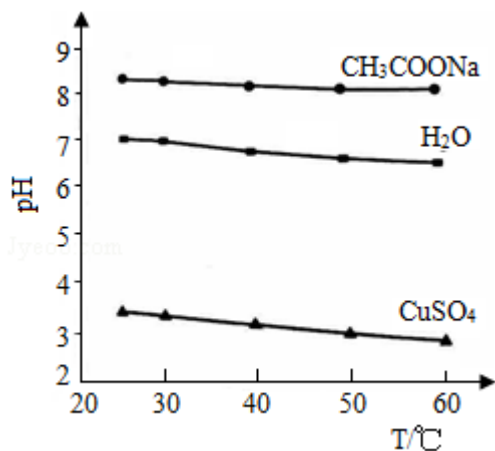
C. 酸性 KMnO₄ 溶液具有强氧化性, 向酸性 KMnO₄ 溶液加入草酸, 溶液褪色, 说明酸性 KMnO₄ 溶液氧化了草酸, 则草酸体现还原性, 根据题干信息, 草酸为弱酸, 2MnO₄⁻+5H₂C₂O₄+6H⁺═2Mn²⁺+10CO₂↑+8H₂O, 故 C 错误;

D. 酯具有香味, C₂H₅OH 和浓硫酸中加入草酸加热后产生有香味物质, 说明有酯生成, 所以发生了酯化反应, 则草酸可以发生酯化反应, 故 D 正确;

故选: C。

【点评】本题考查探究物质性质, 侧重考查实验操作、实验现象分析判断, 明确实验原理、元素化合物性质是解本题关键, 注意结合题给信息分析解答, C 为解答易错点。

7. (6分) 实验测得 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液、 $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ 溶液以及 H_2O 的 pH 随温度变化的曲线如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 随温度升高, 纯水中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. 随温度升高, CH_3COONa 的溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 减小
- C. 随温度升高, CuSO_4 的溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果
- D. 随水温升高, CH_3COONa 溶液和 CuSO_4 溶液的 pH 均降低, 是因为 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡移动方向不同

【分析】 A. 任何温度下纯水中都存在 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$;

B. 升高温度 CH_3COONa 促进醋酸钠水解;

C. 升高温度促进 CuSO_4 水解也促进水电离;

D. 升高温度促进盐类水解。

【解答】 解: A. 升高温度促进水电离, 但是纯水中仍然存在 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 故 A 错误;

B. 升高温度 CH_3COONa 促进醋酸钠水解、水的电离, 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大, 故 B 错误;

C. 盐类水解和水的电离都是吸热反应, 升高温度促进 CuSO_4 水解也促进水电离, 所以升高温度导致 K_w 增大, 则升高温度 CuSO_4 的溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果, 故 C 正确;

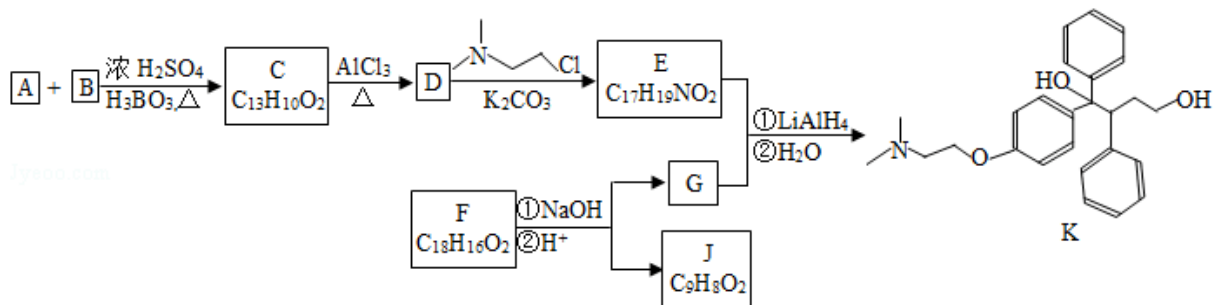
D. 升高温度促进盐类水解, 醋酸钠和硫酸铜中都有弱离子水解, 升高温度促进 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解, 所以 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡移动方向相同, 故 D 错误;

故选: C。

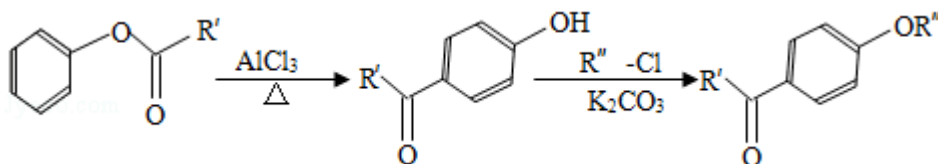
【点评】 本题考查盐类水解及弱电解质的电离，明确温度对弱电解质电离及盐类水解影响原理是解本题关键，侧重考查分析判断能力，注意：两种盐溶液中随着温度变化不仅影响盐类水解还影响水的电离，题目难度中等。

二、非选择题：本部分共 4 小题，共 58 分。

8. (16 分) 抗癌药托瑞米芬的前体 K 的合成路线如图。



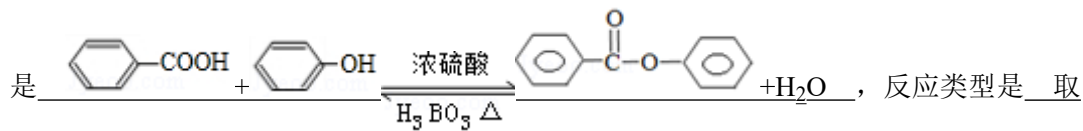
已知：



i.

ii. 有机物结构可用键线式表示，如 $(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2\text{CH}_3$ 的键线式为

(1) 有机物 A 能与 Na_2CO_3 溶液反应产生 CO_2 ，其钠盐可用于食品防腐。有机物 B 能与 Na_2CO_3 溶液反应，但不产生 CO_2 ；B 加氢可得环己醇。A 和 B 反应生成 C 的化学方程式



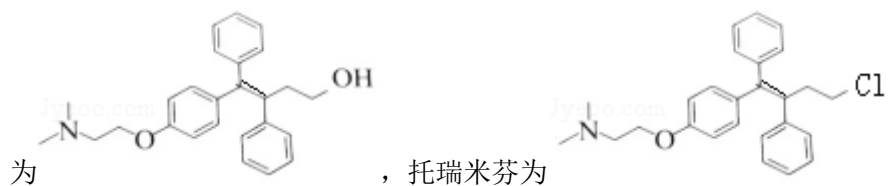
(2) D 中含有的官能团：羰基、羟基。

(3) E 的结构简式为

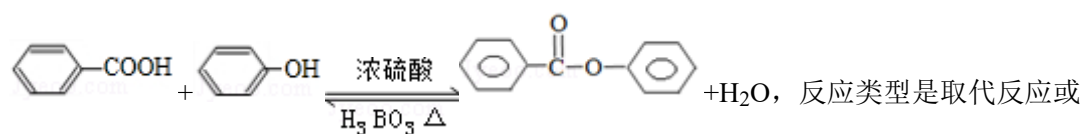
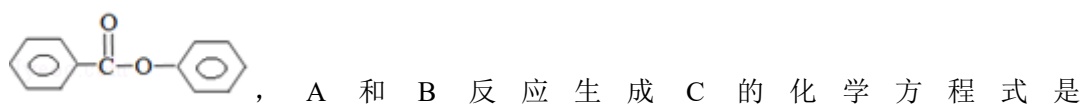
(4) F 是一种天然香料，经碱性水解、酸化，得 G 和 J。J 经还原可转化为 G。J 的结构

简式为

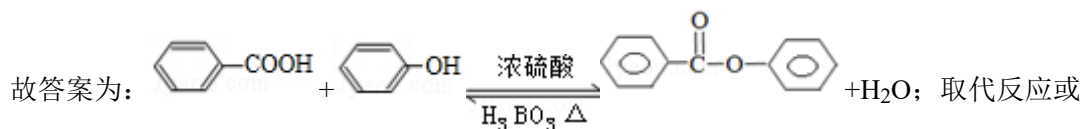
(7) K 发生消去反应生成 N, N 分子式为 $C_{26}H_{29}NO_2$, N 和 $SOCl_2$ 发生取代反应生成托瑞米芬, 根据反应前后分子式变化中 Cl 原子取代 -OH, 且托瑞米芬具有反式结构, 则 N



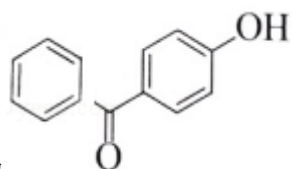
【解答】解: (1) 通过以上分析知, A 为 , B 为 , C 为

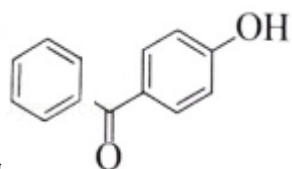


酯化反应,

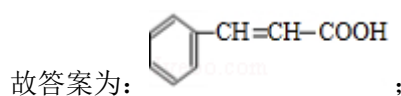
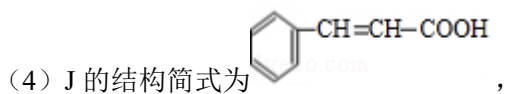
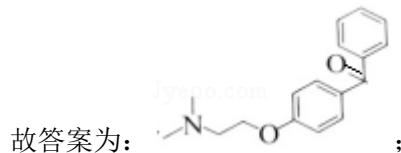
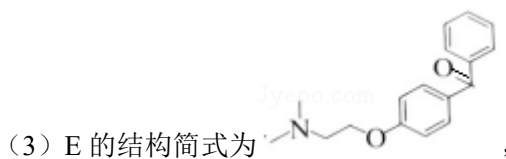


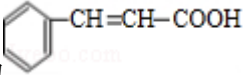
酯化反应:



(2) D 为 , D 中含有的官能团: 羰基、羟基,

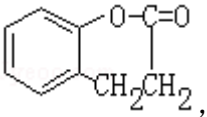
故答案为: 羰基、羟基;

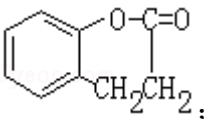


(5) J为  , M 是 J 的同分异构体,

①包含 2 个六元环;

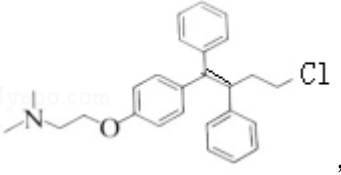
②M 可水解, 说明含有酯基; 与 NaOH 溶液共热时, 1 mol M 最多消耗 2 mol NaOH, 说明水解生成酚羟基和羧基,

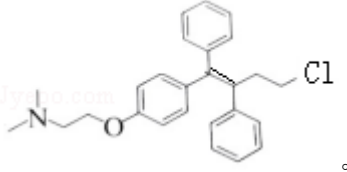
符合条件的结构简式为 ,

故答案为: .

(6) 推测 E 和 G 反应得到 K 的过程中, 该反应为加成反应, 羰基上加上 H 原子, 则反应物 LiAlH_4 和 H_2O 的作用是还原剂,

故答案为: 还原剂;

(7) 托瑞米芬结构简式为 ,

故答案为: .

【点评】 本题考查有机物推断, 侧重考查分析推断及知识综合运用能力, 灵活利用题给信息、反应前后分子式或结构变化、反应条件进行推断, 正确推断各物质结构简式是解本题关键, 注意信息的获取和灵活运用, 题目难度中等。

9. (12 分) 化学小组用如下方法测定经处理后的废水中苯酚的含量 (废水中不含干扰测定的物质)。

I、用已准确称量的 KBrO_3 固体配制一定体积的 $\text{amol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KBrO}_3$ 标准溶液;

II、取 $v_1\text{mL}$ 上述溶液, 加入过量 KBr , 加 H_2SO_4 酸化, 溶液颜色呈棕黄色;

III、向 II 所得溶液中加入 $v_2\text{mL}$ 废水;

IV、向 III 中加入过量 KI ;

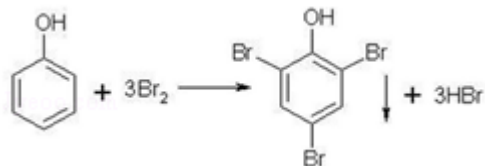
V、用 $\text{b mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 IV 中溶液至浅黄色时，滴加 2 滴淀粉溶液，继续滴定至终点，共消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $v_3 \text{ mL}$ 。

已知： $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 溶液颜色均为无色

(1) I 中配制溶液用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和 容量瓶。

(2) II 中发生反应的离子方程式是 $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。



(3) III 中发生反应的化学方程式是 _____。

(4) IV 中加 KI 前，溶液颜色须为黄色，原因是 确保溴过量，保证苯酚已经完全反应。

(5) KI 与 KBrO_3 物质的量关系为 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量，理由是由电子守恒可知，当 $n(\text{KI}) = 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 恰好与步骤 II 中生成的溴完全反应，而步骤 III 中苯酚会消耗一定量的溴，所以 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量。

(6) V 中滴定至终点的现象是 最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴入后，溶液恰好蓝色消失，且半分钟内不变。

(7) 废水中苯酚的含量为 $\frac{(6av_1 - bv_3) \times 47}{3v_2}$ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (苯酚摩尔质量： $94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

1)。

(8) 由于 Br_2 具有 挥发性 性质，II ~ IV 中反应须在密闭容器中进行，否则会造成测定结果偏高。

【分析】(1) 配制溶液一定需要容量瓶；

(2) II 中发生氧化还原反应生成溴和水；

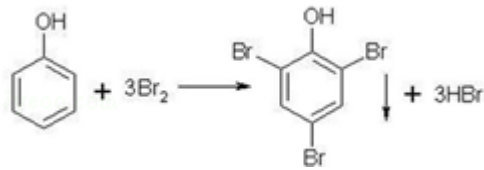
(3) III 中发生反应生成三溴苯酚和 HBr ；

(4) IV 中加 KI 前，溶液颜色须为黄色，可知溴过量；

(5) 结合电子守恒计算；

(6) 淀粉遇碘变蓝；

(7) 结合 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 、 $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 、



计算：

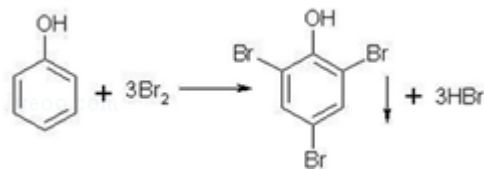
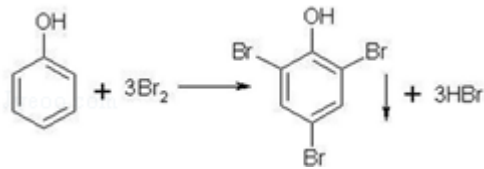
(8) 溴易挥发。

【解答】解：(1) I 中配制溶液用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和容量瓶，故答案为：容量瓶；

(2) II 中发生反应的离子方程式是 $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

(3) III 中发生反应的化学方程式是苯酚与浓溴水反应的化学方程式为



故答案为：

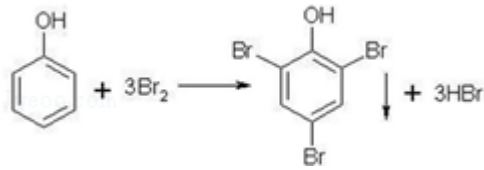
(4) IV 中加 KI 前，溶液颜色须为黄色，原因是确保溴过量，保证苯酚已经完全反应，故答案为：确保溴过量，保证苯酚已经完全反应；

(5) KI 与 KBrO_3 物质的量关系为 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量，理由是由电子守恒可知，当 $n(\text{KI}) = 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 恰好与步骤 II 中生成的溴完全反应，而步骤 III 中苯酚会消耗一定量的溴，所以 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量，故答案为：由电子守恒可知，当 $n(\text{KI}) = 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 恰好与步骤 II 中生成的溴完全反应，而步骤 III 中苯酚会消耗一定量的溴，所以 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量；

(6) V 中滴定至终点的现象是最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴入后，溶液恰好蓝色消失，且半分钟内不变，

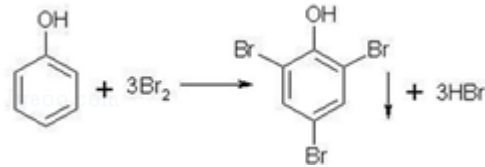
故答案为：最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴入后，溶液恰好蓝色消失，且半分钟内不变；

(7) 由 $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 、



可知,生成的溴的物质的量为 $a \times \text{mol/L} \times v_1 \times 10^{-3}$

$\text{L} \times 3 = 3av_1 \times 10^{-3} \text{mol}$, 由溴与碘化钾反应生成的碘的物质的量为 $b \text{mol/L} \times v_3 \times 10^{-3} \text{L} \times \frac{1}{2} = 5bv_3 \times 10^{-4} \text{mol}$, 所以与苯酚反应的溴的物质的量为 $3av_1 \times 10^{-3} \text{mol} - 5bv_3 \times 10^{-4} \text{mol}$



$= (30av_1 - 5bv_3) \times 10^{-4} \text{mol}$, 由

可知,苯酚的

物质的量为 $(30av_1 - 5bv_3) \times 10^{-4} \text{mol} \times \frac{1}{3}$, 废水中苯酚的含量为

$$\frac{(30av_1 - 5bv_3) \times 10^{-4} \text{mol} \times \frac{1}{3} \times 94 \text{g/mol}}{v_2 \times 10^{-3} \text{L}} = \frac{(6av_1 - bv_3) \times 47}{3v_2} \text{g} \cdot \text{L}^{-1},$$

故答案为: $\frac{(6av_1 - bv_3) \times 47}{3v_2}$;

(8) 由于 Br_2 具有挥发性的性质, II ~ IV 中反应须在密闭容器中进行, 否则会造成测定结果偏高,

故答案为: 挥发性。

【点评】 本题考查物质含量测定实验, 为高频考点, 把握物质的性质、发生的反应、测定原理为解答的关键, 侧重分析与实验能力的考查, 注意 (7) 为解答的难点, 题目难度不大。

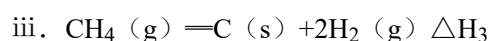
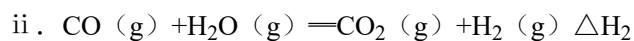
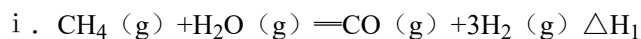
10. (14分) 氢能源是最具有应用前景的能源之一, 高纯氢的制备是目前的研究热点。

(1) 甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

① 反应器中初始反应的生成物为 H_2 和 CO_2 , 其物质的量之比为 4: 1, 甲烷和水蒸气反

应的方程式是 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2 + \text{CO}_2$ 。

② 已知反应器中还存在如下反应:



...

iii为积炭反应，利用 ΔH_1 和 ΔH_2 计算 ΔH_3 时，还需要利用 $2H_2(g) + CO_2(g) = C(S) + 2H_2O(g)$ 或 $C(s) + CO_2(g) = 2CO(g)$ 反应的 ΔH 。

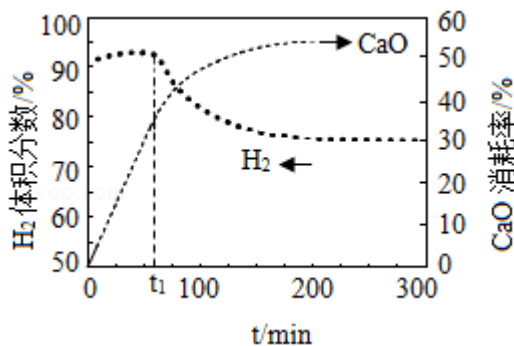
③反应物投料比采用 $n(H_2O): n(CH_4) = 4: 1$ ，大于初始反应的化学计量数之比，目的是 abc (选填字母序号)。

a. 促进 CH_4 转化

b. 促进 CO 转化为 CO_2

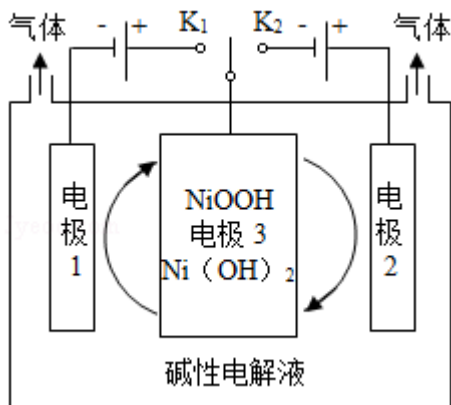
c. 减少积炭生成

④用 CaO 可以去除 CO_2 。 H_2 体积分数和 CaO 消耗率随时间变化关系如图所示。



从 t_1 时开始， H_2 体积分数显著降低，单位时间 CaO 消耗率 降低 (填“升高”“降低”或“不变”)。此时 CaO 消耗率约为 35%，但已失效，结合化学方程式解释原因：过多的二氧化碳消耗氢气，使氢气的体积分数明显下降，发生 $2H_2(g) + CO_2(g) = C(S) + 2H_2O(g)$ 。

(2) 可利用太阳能光伏电池电解水制高纯氢，工作示意图如图。通过控制开关连接 K_1 或 K_2 ，可交替得到 H_2 和 O_2 。



①制 H_2 时，连接 K_1 。产生 H_2 的电极方程式是 $2H_2O + 2e^- = H_2 \uparrow + 2OH^-$ 。

②改变开关连接方式，可得 O_2 。

③结合①和②中电极3的电极反应式，说明电极3的作用：①中电极3发生 $\text{Ni}(\text{OH})_2 - \text{e}^- + \text{OH}^- = \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ ，制氢气时消耗电极1产生的 OH^- ，②中电极3发生 $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ ，制氧气时补充电极2消耗的 OH^- 。

【分析】(1) ①甲烷和水蒸气反应生成 H_2 和 CO_2 ，结合质量守恒书写化学方程式；

②三个反应还涉及到氢气和二氧化碳反应生成 C 和水的反应；

③水过量，可分别与 CH_4 、 CO 、C 等反应；

④由图象可知，CaO 消耗率曲线斜率减小，则 CaO 消耗率降低；过多的二氧化碳可与氢气反应，导致氢气的体积分数减小；

(2) 电解水生成氢气和氧气，氧气在阳极生成，氢气在阴极生成，电极3可分别连接 K_1 或 K_2 ，分别发生氧化、还原反应，实现 $\text{NiOOH} \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2$ 的转化，且可循环使用，以此解答该题。

【解答】解：(1) ①甲烷和水蒸气反应生成 H_2 和 CO_2 ，其物质的量之比为 4: 1，则反应的方程式为 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2 + \text{CO}_2$ ，故答案为： $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2 + \text{CO}_2$ ；

② i. $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \Delta H_1$

ii. $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \Delta H_2$ ，则 i+ii 可得 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ ，如要得到 iii. $\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \Delta H_3$ ，则还应需要 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 ΔH ， $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ 与 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 相加可得 $\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ，

或 i - ii 得 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ，然后与 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ 相减，亦可得到反应 iii 的 ΔH ，

故答案为： $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 或 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ ；

③水过量，可分别与 i 中的 CH_4 ，ii 中的 CO 反应，则可促进 CH_4 转化、促进 CO 转化为 CO_2 、且与 iii 生成的 C 等反应，简式积炭生成，

故答案为：abc；

④由图象可知，CaO 消耗率曲线斜率减小，则 CaO 消耗率降低；过多的二氧化碳可与氢气反应，导致氢气的体积分数减小，发生 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，导致 CaO 消耗率约为 35% 时已失效，

故答案为：降低；过多的二氧化碳消耗氢气，使氢气的体积分数明显下降，发生 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ；

(2) ①电解水生成氢气和氧气，氧气在阳极生成，氢气在阴极生成，则应连接 K_1 ，电极方程式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，

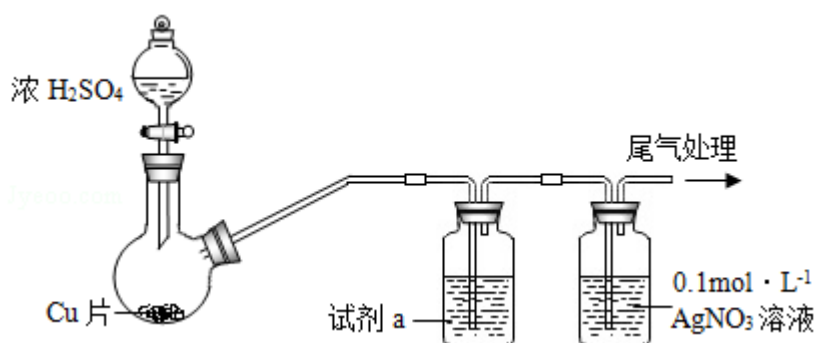
故答案为： K_1 ； $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ；

③电极 3 可分别连接 K_1 或 K_2 ，①中电极 3 发生 $\text{Ni}(\text{OH})_2 - \text{e}^- + \text{OH}^- = \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ ，制氢气时消耗电极 1 产生的 OH^- ，②中电极 3 发生 $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ ，制氧气时补充电极 2 消耗的 OH^- ，实现 $\text{NiOOH} \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2$ 的转化，且可循环使用，故答案为：①中电极 3 发生 $\text{Ni}(\text{OH})_2 - \text{e}^- + \text{OH}^- = \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ ，制氢气时消耗电极 1 产生的 OH^- ，②中电极 3 发生 $\text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ ，制氧气时补充电极 2 消耗的 OH^- 。

【点评】本题为 2019 年北京考题理综卷化学试题，题目涉及化学平衡、电解等知识，为高频考点，侧重考查学生的分析能力，注意把握盖斯定律以及电解池的分析，掌握电极方程式的书写，题目难度中等。

11. (16 分) 化学小组实验探究 SO_2 与 AgNO_3 溶液的反应。

(1) 实验一：用如图装置（夹持、加热仪器略）制备 SO_2 ，将足量 SO_2 通入 AgNO_3 溶液中，迅速反应，得到无色溶液 A 和白色沉淀 B。



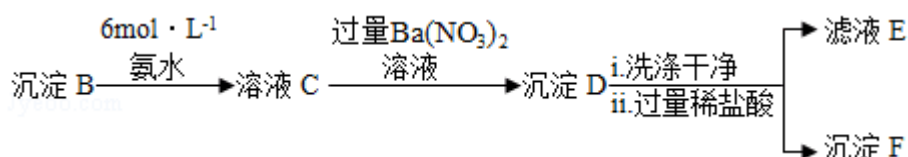
①浓 H_2SO_4 与 Cu 反应的化学方程式是 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

②试剂 a 是 饱和 NaHSO_3 溶液。

(2) 对体系中有关物质性质分析得出：沉淀 B 可能为 Ag_2SO_3 、 Ag_2SO_4 或二者混合物。

(资料： Ag_2SO_4 微溶于水； Ag_2SO_3 难溶于水)

实验二：验证 B 的成分



①写出 Ag_2SO_3 溶于氨水的离子方程式： $\text{Ag}_2\text{SO}_3 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

②加入盐酸后沉淀 D 大部分溶解，剩余少量沉淀 F。推断 D 中主要是 BaSO_3 ，进而推断 B 中含有 Ag_2SO_3 。向滤液 E 中加入一种试剂，可进一步证实 B 中含有 Ag_2SO_3 。所用试剂及现象是稀硫酸，产生白色沉淀。

(3) 根据沉淀 F 的存在，推测 SO_4^{2-} 的产生有两个途径：

途径 1：实验一中， SO_2 在 AgNO_3 溶液中被氧化生成 Ag_2SO_4 ，随沉淀 B 进入 D。

途径 2：实验二中， SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D。

实验三：探究 SO_4^{2-} 的产生途径

①向溶液 A 中滴入过量盐酸，产生白色沉淀，证明溶液中含有 Ag^+ ；取上层清液继续滴加 BaCl_2 溶液，未出现白色沉淀，可判断 B 中不含 Ag_2SO_4 。做出判断的理由：因为 Ag_2SO_4 微溶于水， $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ，向上层清液滴加氯化钡溶液，若含有 Ag_2SO_4 ，则会出现沉淀。

②实验三的结论： SO_4^{2-} 产生的途径是 SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D。

(4) 实验一中 SO_2 与 AgNO_3 溶液反应的离子方程式是 $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow + 2\text{H}^+$ 。

(5) 根据物质性质分析， SO_2 与 AgNO_3 溶液应该可以发生氧化还原反应。将实验一所得混合物放置一段时间，有 Ag 和 SO_4^{2-} 生成。

(6) 根据上述实验所得结论：二氧化硫和硝酸银反应生成亚硫酸银和氢离子，同时生成少量硫酸银，即既能发生沉淀反应，又能发生氧化还原反应，其中沉淀反应的速率比氧化还原反应快。

【分析】实验一、Cu 和浓硫酸在加热条件下反应生成硫酸铜、二氧化硫和水，试剂 a 除去二氧化硫中杂质，且不能和二氧化硫反应，常用饱和亚硫酸氢钠溶液，然后二氧化硫通入硝酸银溶液中，迅速反应，得到无色溶液 A 和白色沉淀 B；

实验二、沉淀 B 中加入氨水生成银氨溶液，然后向溶液 C 中加入过量硝酸钡，钡离子和 C 中阴离子反应生成沉淀 D，洗涤干净沉淀后加入过量稀盐酸，加入盐酸后沉淀 D 大部分溶解，剩余少量沉淀 F，推断 D 中主要是 BaSO_3 ，沉淀 F 为 BaSO_4 ，滤液 E 中含有二

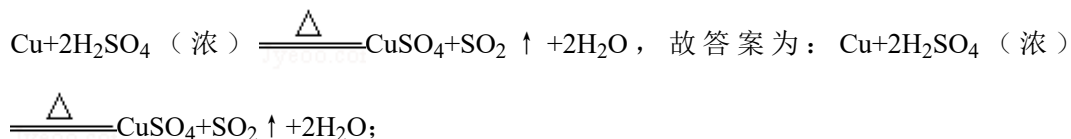
氧化硫或亚硫酸；

实验三、①向溶液 A 中滴入过量盐酸，产生白色沉淀，说明溶液 A 中含有 Ag^+ ； Ag_2SO_4 微溶于水， Ag_2SO_4 在水溶液中能电离出 Ag^+ ，说明溶液 A 中含有硫酸银；

②取上层清液继续滴加 BaCl_2 溶液，未出现白色沉淀，可判断 B 中不含 Ag_2SO_4 ，则得到的 SO_4^{2-} 是 SO_3^{2-} 被氧化得到的；

通过以上分析知，实验一中二氧化硫和硝酸银反应生成亚硫酸银和氢离子，同时生成少量硫酸银，以此解答该题。

【解答】解：（1）①浓 H_2SO_4 可以与 Cu 反应生成硫酸铜、二氧化硫和水，方程式为



②试剂 a 用于除去二氧化硫中的杂质，一般用饱和饱和 NaHSO_3 溶液，故答案为：饱和 NaHSO_3 溶液；

（2）① Ag_2SO_3 溶于氨水生成银氨络离子，反应的离子方程式为 $\text{Ag}_2\text{SO}_3 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{Ag}_2\text{SO}_3 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ ；

②由于亚硫酸钡溶于稀盐酸生成钡离子而硫酸钡不溶于稀盐酸，故用稀硫酸鉴别 E 中的钡离子从而证明 D 中主要是亚硫酸钡，进一步证实 B 中含有亚硫酸银。

故答案为：加入稀硫酸，产生白色沉淀；

（3）①向溶液 A 中滴入过量盐酸，产生白色沉淀，证明溶液中含有 Ag^+ ；取上层清液继续滴加 BaCl_2 溶液，未出现白色沉淀，可判断 B 中不含 Ag_2SO_4 ，原因是因为 Ag_2SO_4 微溶于水， $\text{Ag}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ，向上层清液滴加氯化钡溶液，若含有 Ag_2SO_4 ，则会出现沉淀，

故答案为： Ag^+ ；因为 Ag_2SO_4 微溶于水， $\text{Ag}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ，向上层清液滴加氯化钡溶液，若含有 Ag_2SO_4 ，则会出现沉淀；

②由实验三可知 SO_4^{2-} 产生的途径是 SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D，

故答案为： SO_4^{2-} 产生的途径是 SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D；

（4）由以上分析可知 SO_2 与 AgNO_3 溶液反应生成 Ag_2SO_3 和硝酸，离子方程式是 $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow + 2\text{H}^+$ ，故答案为： $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow + 2\text{H}^+$ ；

（6）由以上实验现象可知二氧化硫和硝酸银反应生成亚硫酸银和氢离子，同时生成少量

硫酸银，即既能发生沉淀反应，又能发生氧化还原反应，其中沉淀反应的速率比氧化还原反应快，

故答案为：二氧化硫和硝酸银反应生成亚硫酸银和氢离子，同时生成少量硫酸银，即既能发生沉淀反应，又能发生氧化还原反应，其中沉淀反应的速率比氧化还原反应快。

【点评】 本题考查物质的性质的探究，为高考常见题型和高频考点，侧重考查学生的分析能力、自学能力和实验能力，本题注意把握物质的性质以及题给信息，题目难度中等。