

北京市 2022 年普通高中学业水平等级性考试

化学

本试卷共 10 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：H1 C12 N14 O16 Mg24 S32 Ca40 Fe56 I127

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. 2022 年 3 月神舟十三号航天员在中国空间站进行了“天宫课堂”授课活动。其中太空“冰雪实验”演示了过饱和醋酸钠溶液的结晶现象。下列说法不正确的是

- A. 醋酸钠是强电解质
- B. 醋酸钠晶体与冰都是离子晶体
- C. 常温下，醋酸钠溶液的 $\text{pH}>7$
- D. 该溶液中加入少量醋酸钠固体可以促进醋酸钠晶体析出

【答案】B

【解析】

【详解】A. 醋酸钠在水溶液中能完全电离，醋酸钠是强电解质，故 A 正确；

B. 醋酸钠晶体是离子晶体，冰是分子晶体，故 B 错误；

C. 醋酸钠是强碱弱酸盐，常温下，醋酸钠溶液的 $\text{pH}>7$ ，故 C 正确；

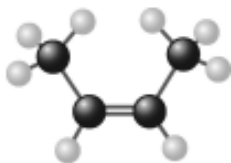
D. 过饱和醋酸钠溶液处于亚稳态，加入少量醋酸钠固体可以促进醋酸钠晶体析出，形成饱和溶液，故 D 正确；

选 B。

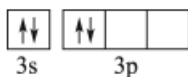
2. 下列化学用语或图示表达不正确的是

A. 乙炔的结构简式： $\text{HC}\equiv\text{CH}$

B. 顺-2-丁烯的分子结构模型：



C. 基态 Si 原子的价层电子的轨道表示式：

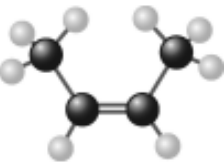


D. Na_2O_2 的电子式: $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^{2-}\text{Na}^+$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 乙炔中含有碳碳三键, 其结构简式为 $\text{HC}\equiv\text{CH}$, A 项正确;

B. 顺-2-丁烯中两个甲基位于双键同侧, 其结构模型为 , B 项正确;

C. 基态 Si 原子的价层电子排布式为 $3s^23p^2$, 其轨道表示式为

3s	3p
↑↓	↑ ↑

, C 项错误;

D. Na_2O_2 是离子化合物, 其电子式为 $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^{2-}\text{Na}^+$, D 项正确;

答案选 C。

3. ^{38}Sr (锶)的 ^{87}Sr 、 ^{86}Sr 稳定同位素在同一地域土壤中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值不变。土壤生物中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值与土壤中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值有效相关。测定土壤生物中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值可进行产地溯源。下列说法不正确的是

A. Sr 位于元素周期表中第六周期、第IIA族

B. 可用质谱法区分 ^{87}Sr 和 ^{86}Sr

C. ^{87}Sr 和 ^{86}Sr 含有的中子数分别为 49 和 48

D. 同一地域产出的同种土壤生物中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值相同

【答案】A

【解析】

【详解】A. Sr 位于元素周期表中第五周期、第IIA族, 故 A 错误;

B. 质谱法可以测定原子的相对原子质量, ^{87}Sr 和 ^{86}Sr 的相对原子质量不同, 可以用质谱法区分, 故 B 正确;

C. ^{87}Sr 的中子数为 $87-38=49$, ^{86}Sr 的中子数为 $86-38=48$, 故 C 正确;

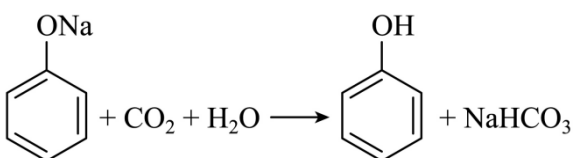
D. 由题意可知, ^{38}Sr (锶)的 ^{87}Sr 、 ^{86}Sr 稳定同位素在同一地域土壤中 $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$ 值不变, 故 D 正确;

故选 A。

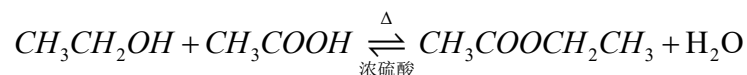
4. 下列方程式与所给事实不相符的是

A. 加热 NaHCO_3 固体，产生无色气体： $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

B. 过量铁粉与稀硝酸反应，产生无色气体： $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

C. 苯酚钠溶液中通入 CO_2 ，出现白色浑浊：

D. 乙醇、乙酸和浓硫酸混合加热，产生有香味的油状液体：



【答案】B

【解析】

【详解】A. 碳酸氢钠受热之后分解生成碳酸钠、水和二氧化碳，A 正确；

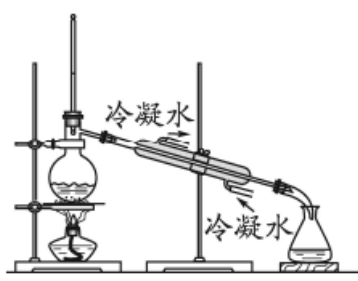
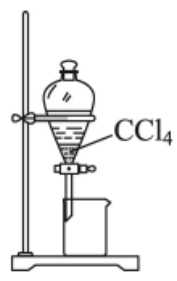
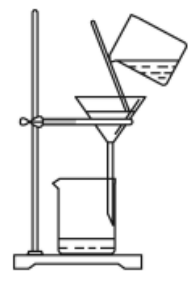

B. 过量的铁粉与稀硝酸反应，应该生成 Fe^{2+} ，B 错误；

C. 苯酚钠溶液中通入二氧化碳利用强酸制取弱酸生成苯酚和碳酸氢钠，C 正确；

D. 乙醇和乙酸在浓硫酸混合加热的条件下发生酯化反应产生有香味的油状液体乙酸乙酯和水，D 正确；

故选 B。

5. 下列实验中，不能达到实验目的的是

由海水制取蒸馏水	萃取碘水中的碘	分离粗盐中的不溶物	由 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 制取无水 FeCl_3 固体
			
A	B	C	D

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 实验室用海水制取蒸馏水用蒸馏的方法制备，蒸馏时用到蒸馏烧瓶、酒精灯、冷凝管、牛角

管、锥形瓶等仪器，注意温度计水银球应处在蒸馏烧瓶的支管口附近，冷凝管应从下口进水，上口出水，

A 正确；

B. 碘在水中的溶解度很小，在四氯化碳中的溶解度很大，可以用四氯化碳萃取碘水中的碘，四氯化碳的密度大于水，存在于下层，B 正确；

C. 粗盐中含有较多的可溶性杂质和不溶性杂质，将粗盐溶与水形成溶液，用过滤的方法将不溶于水的杂质除去，C 正确；

D. 直接加热 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 会促进水解，生成的 HCl 易挥发，得到氢氧化铁，继续加热会使氢氧化铁分解产生氧化铁，得不到 FeCl_3 固体，D 错误；

故选 D。

6. 下列物质混合后，因发生氧化还原反应使溶液 pH 减小的是

A. 向 NaHSO_4 溶液中加入少量 BaCl_2 溶液，生成白色沉淀

B. 向 NaOH 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的悬浊液中通入空气，生成红褐色沉淀

C. 向 NaHCO_3 溶液中加入少量 CuSO_4 溶液，生成蓝绿色沉淀 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$

D. 向 H_2S 溶液中通入氯气，生成黄色沉淀

【答案】D

【解析】

【详解】A. 向 NaHSO_4 中加入少量 BaCl_2 溶液，实际参与反应的只有硫酸根离子和钡离子，忽略体积变化， H^+ 的浓度不变，其 pH 不变，A 错误；

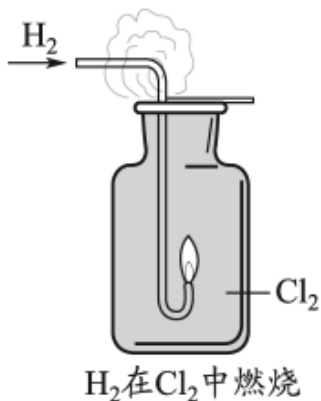
B. 向 NaOH 和 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的悬浊液中通入空气，虽然有氢氧化亚铁被氧化成了红褐色的氢氧化铁，其方程式为 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，该过和中会消耗水，则增大了氢氧根离子的浓度， pH 会变大，B 错误；

C. 向 NaHCO_3 溶液中加入少量 CuSO_4 溶液，生成蓝绿色沉淀 $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ ，其中没有元素的化合价发生变化，故没有氧化还原反应，C 错误；

D. 向 H_2S 中通入氯气生成 HCl 和单质硫沉淀，这个氧化还原反应增大了 H^+ 的浓度， pH 减小，D 正确。

故选 D。

7. 已知： $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ 。下列说法不正确的是



- A. H₂分子的共价键是s-sσ键，Cl₂分子的共价键是s-pσ键
- B. 燃烧生成的HCl气体与空气中的水蒸气结合呈雾状
- C. 停止反应后，用蘸有浓氨水的玻璃棒靠近集气瓶口产生白烟
- D. 可通过原电池将H₂与Cl₂反应的化学能转化为电能

【答案】A

【解析】

【详解】A. H₂分子里的共价键H-H键是由两个s电子重叠形成的，称为s-sσ键，Cl₂分子里的共价键Cl-Cl键是由两个p电子重叠形成的，称为p-pσ键，故A错误；

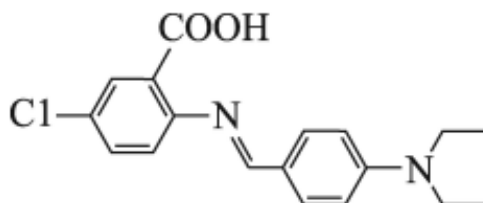
B. HCl气体极易溶于水，遇到空气中的水蒸气后立即形成盐酸小液滴，即白雾，故B正确；

C. 浓氨水易挥发，挥发的氨气和HCl气体互相反应，化学方程式NH₃+HCl=NH₄Cl，生成NH₄Cl氯化铵固体小颗粒，固体粉末就是烟，故C正确；

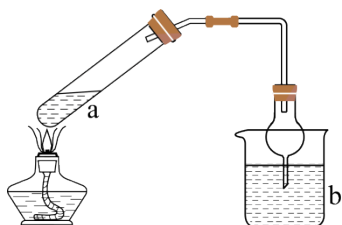
D. H₂与Cl₂的反应是能够自发进行的氧化还原反应，可通过原电池将H₂与Cl₂反应的化学能转化为电能，故D正确；

故选A。

8. 我国科学家提出的聚集诱导发光机制已成为研究热点之一、一种具有聚集诱导发光性能的物质，其分子结构如图所示。下列说法不正确的是



- A. 分子中N原子有sp²、sp³两种杂化方式
- B. 分子中含有手性碳原子



	a 中反应	b 中检测试剂及现象
A	浓 HNO_3 分解生成 NO_2	淀粉 -KI 溶液变蓝
B	Cu 与浓 H_2SO_4 生成 SO_2	品红溶液褪色
C	浓 NaOH 与 NH_4Cl 溶液生成 NH_3	酚酞溶液变红
D	$\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$ 与 NaOH 乙醇溶液生成丙烯	溴水褪色

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 浓硝酸具有挥发性，挥发出的硝酸也能与碘化钾溶液反应生成遇淀粉溶液变蓝色的碘，则淀粉碘化钾溶液变蓝色不能说明浓硝酸分解生成二氧化氮，故 A 符合题意；

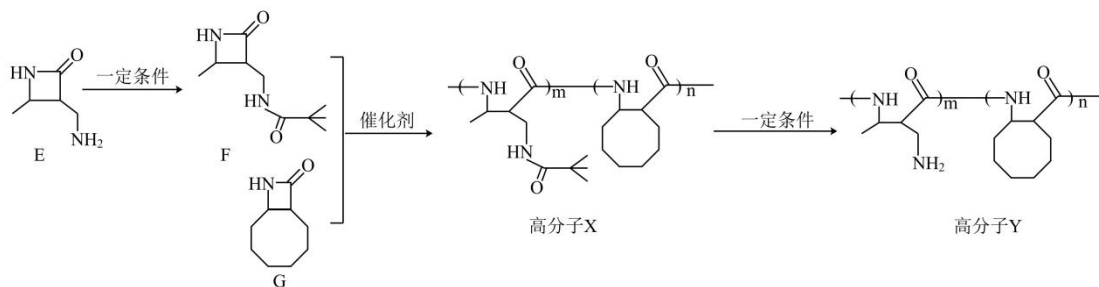
B. 铜与浓硫酸共热反应生成的二氧化硫具有漂白性，能使品红溶液褪色，则品红溶液褪色能说明铜与浓硝酸共热反应生成二氧化硫，故 B 不符合题意；

C. 浓氢氧化钠溶液与氯化铵溶液共热反应生成能使酚酞溶液变红的氨气，则酚酞溶液变红能说明浓氢氧化钠溶液与氯化铵溶液共热反应生成氨气，故 C 不符合题意；

D. 乙醇具有挥发性，挥发出的乙醇不能与溴水反应，则 2-溴丙烷与氢氧化钠乙醇溶液共热发生消去反应生成能使溴水褪色的丙烯气体，则溴水褪色能说明 2-溴丙烷与氢氧化钠乙醇溶液共热发生消去反应生成丙烯，故 D 不符合题意；

故选 A。

11. 高分子 Y 是一种人工合成的多肽，其合成路线如下。



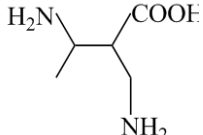
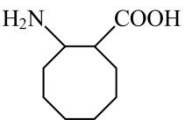
下列说法不正确的是

- A. F 中含有 2 个酰胺基
 B. 高分子 Y 水解可得到 E 和 G
 C. 高分子 X 中存在氢键
 D. 高分子 Y 的合成过程中进行了官能团保护

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由结构简式可知，F 中含有 2 个酰胺基，故 A 正确，

B. 由结构简式可知，高分子 Y 一定条件下发生水解反应生成  和 ，故 B

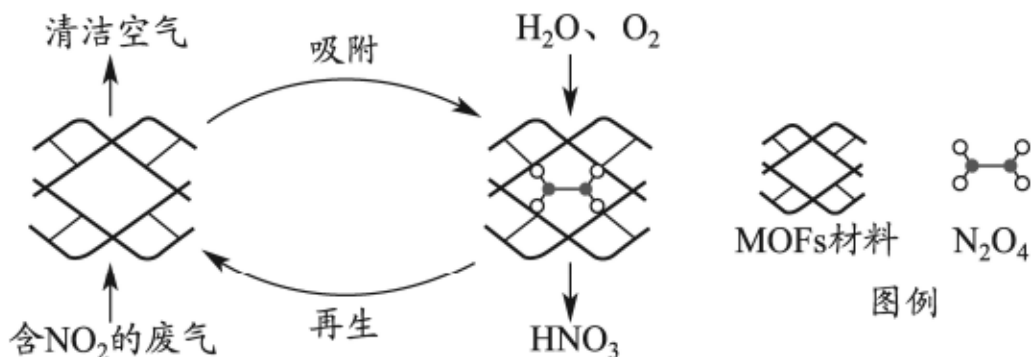
错误；

C. 由结构简式可知，高分子 X 中含有的酰胺基能形成氢键，故 C 正确；

D. 由结构简式可知，E 分子和高分子 Y 中都含有氨基，则高分子 Y 的合成过程中进行了官能团氨基的保护，故 D 正确；

故选 B。

12. 某 MOFs 多孔材料孔径大小和形状恰好将 N_2O_4 “固定”，能高选择性吸附 NO_2 。废气中的 NO_2 被吸附后，经处理能全部转化为 HNO_3 。原理示意图如下。



已知： $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) \Delta H < 0$

下列说法不正确的是

- A. 温度升高时不利于 NO_2 吸附
- B. 多孔材料“固定” N_2O_4 ，促进 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 平衡正向移动
- C. 转化为 HNO_3 的反应是 $2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
- D. 每获得 0.4molHNO_3 时，转移电子的数目为 6.02×10^{22}

【答案】D

【解析】

【分析】废气经过 MOFs 材料之后， NO_2 转化成 N_2O_4 被吸附，进而与氧气和水反应生成硝酸，从该过程中我们知道， NO_2 转化为 N_2O_4 的程度，决定了整个废气处理的效率。

【详解】A. 从 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \Delta H < 0$ 可以看出，这个是一个放热反应，升高温度之后，平衡逆向移动，导致生成的 N_2O_4 减少，不利于 NO_2 的吸附，A 正确；

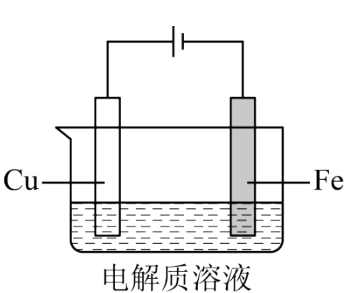
B. 多孔材料“固定” N_2O_4 ，从而促进 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 平衡正向移动，B 正确；

C. N_2O_4 和氧气、水反应生成硝酸，其方程式为 $2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ ，C 正确；

D. 在方程式 $2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 中，转移的电子数为 $4e^-$ ，则每获得 0.4molHNO_3 ，转移的电子数为 0.4mol ，即个数为 2.408×10^{22} ，D 错误；

故选 D。

13. 利用下图装置进行铁上电镀铜的实验探究。

装置示意图	序号	电解质溶液	实验现象
 <p>装置示意图</p>	①	$0.1\text{mol/LCuSO}_4 + \text{少量H}_2\text{SO}_4$	阴极表面有无色气体，一段时间后阴极表面有红色固体，气体减少。经检验电解液中有 Fe^{2+}
	②	$0.1\text{mol/LCuSO}_4 + \text{过量氨水}$	阴极表面未观察到气体，一段时间后阴极表面有致密红色固体。经检验电解液中无 Fe 元素

下列说法不正确的是

- A. ①中气体减少，推测是由于溶液中 $c(\text{H}^+)$ 减少，且Cu覆盖铁电极，阻碍 H^+ 与铁接触
- B. ①中检测到 Fe^{2+} ，推测可能发生反应： $\text{Fe}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2$ 、 $\text{Fe}+\text{Cu}^{2+}=\text{Fe}^{2+}+\text{Cu}$
- C. 随阴极析出Cu，推测②中溶液 $c(\text{Cu}^{2+})$ 减少， $\text{Cu}^{2+}+4\text{NH}_3\rightleftharpoons[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 平衡逆移
- D. ②中 Cu^{2+} 生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，使得 $c(\text{Cu}^{2+})$ 比①中溶液的小，Cu缓慢析出，镀层更致密

【答案】C

【解析】

【分析】由实验现象可知，实验①时，铁做电镀池的阴极，铁会先与溶液中的氢离子、铜离子反应生成亚铁离子、氢气和铜，一段时间后，铜离子在阴极得到电子发生还原反应生成铜；实验②中铜离子与过量氨水反应生成四氨合铜离子，使得溶液中铜离子浓度比①中要小，电解速率减慢，铜离子在阴极得到电子缓慢发生还原反应生成铜，在铁表面得到比实验①更致密的镀层。

【详解】A. 由分析可知，实验①时，铁会先与溶液中的氢离子、铜离子反应，当溶液中氢离子浓度减小，反应和放电生成的铜覆盖铁电极，阻碍氢离子与铁接触，导致产生的气体减少，故A正确；

B. 由分析可知，实验①时，铁做电镀池的阴极，铁会先与溶液中的氢离子、铜离子反应生成亚铁离子、氢气和铜，可能发生的反应为 $\text{Fe}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2$ 、 $\text{Fe}+\text{Cu}^{2+}=\text{Fe}^{2+}+\text{Cu}$ ，故B正确；

C. 由分析可知，铜离子在阴极得到电子发生还原反应，在阴极析出铜，但阳极发生 $\text{Cu}-2\text{e}^+=\text{Cu}^{2+}$ 的反应，铜离子浓度不变， $\text{Cu}^{2+}+4\text{NH}_3\rightleftharpoons[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 平衡不移动，故C错误；

D. 由分析可知，实验②中铜离子与过量氨水反应生成四氨合铜离子，使得溶液中铜离子浓度比①中要小，电解速率减慢，铜离子在阴极得到电子缓慢发生还原反应生成铜，在铁表面得到比实验①更致密的镀层，故D正确；

故选C。

14. CO_2 捕获和转化可减少 CO_2 排放并实现资源利用，原理如图1所示。反应①完成之后，以 N_2 为载体，以恒定组成的 N_2 、 CH_4 混合气，以恒定流速通入反应器，单位时间流出气体各组分的物质的量随反应时间变化如图2所示。反应过程中始终未检测到 CO_2 ，在催化剂上有积碳。

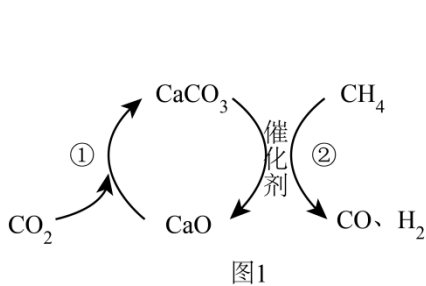


图1

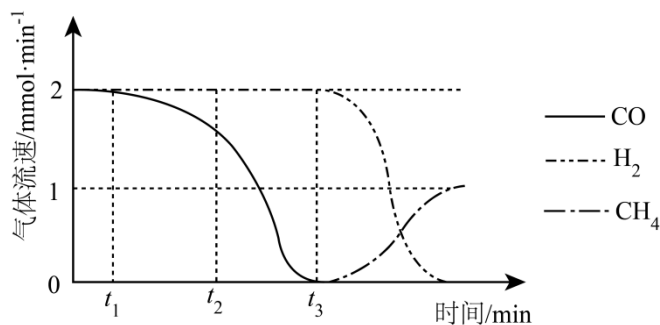


图2

下列说法不正确的是

- A. 反应①为 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$; 反应②为 $\text{CaCO}_3 + \text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CaO} + 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
- B. $t_1 \sim t_3$, $n(\text{H}_2)$ 比 $n(\text{CO})$ 多, 且生成 H_2 速率不变, 可能有副反应 $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C} + 2\text{H}_2$
- C. t_2 时刻, 副反应生成 H_2 的速率大于反应②生成 H_2 速率
- D. t_3 之后, 生成 CO 的速率为 0, 是因为反应②不再发生

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由题干图 1 所示信息可知, 反应①为 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$, 结合氧化还原反应配平可得反应

②为 $\text{CaCO}_3 + \text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CaO} + 2\text{CO} + 2\text{H}_2$, A 正确;

B. 由题干图 2 信息可知, $t_1 \sim t_3$, $n(\text{H}_2)$ 比 $n(\text{CO})$ 多, 且生成 H_2 速率不变, 且反应过程中始终未检测到 CO_2 , 在催化剂上有积碳, 故可能有副反应 $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C} + 2\text{H}_2$, 反应②和副反应中 CH_4 和 H_2 的系数

比均为 1: 2, B 正确;

比均为 1: 2, B 正确;

C. 由题干反应②方程式可知, H_2 和 CO 的反应速率相等, 而 t_2 时刻信息可知, H_2 的反应速率未变, 仍然为 $2\text{mmol}/\text{min}$, 而 CO 变为 $1 \sim 2\text{mmol}/\text{min}$ 之间, 故能够说明副反应生成 H_2 的速率小于反应②生成 H_2 速率, C 错误;

D. 由题干图 2 信息可知, t_3 之后, CO 的速率为 0, CH_4 的速率逐渐增大, 最终恢复到 1, 说明生成 CO 的速率为 0, 是因为反应②不再发生, 而后副反应逐渐停止反应, D 正确;

故答案为: C。

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. 工业中可利用生产钛白的副产物 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 和硫铁矿 (FeS_2) 联合制备铁精粉 (Fe_xO_y) 和硫酸，实现能源及资源的有效利用。

(1) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 结构示意图如图 1。

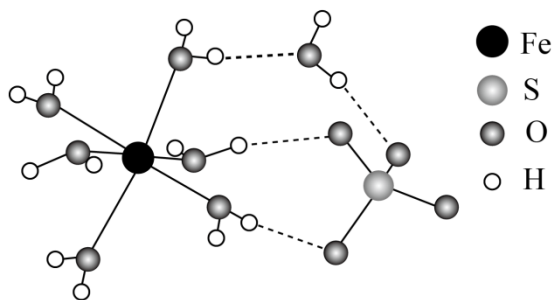


图1

① Fe^{2+} 的价层电子排布式为_____。

② H_2O 中 O 和 SO_4^{2-} 中 S 均为 sp^3 杂化，比较 H_2O 中 H-O-H 键角和 SO_4^{2-} 中 O-S-O 键角的大小并解释原因_____。

③ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 中 H_2O 与 Fe^{2+} 、 H_2O 与 SO_4^{2-} 的作用力类型分别是_____。

(2) FeS_2 晶体的晶胞形状为立方体，边长为 anm ，结构如图 2。

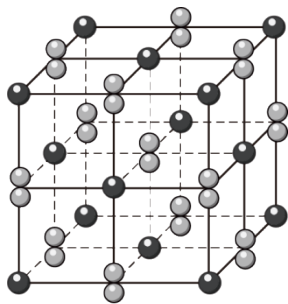


图2

① 距离 Fe^{2+} 最近的阴离子有_____个。

② FeS_2 的摩尔质量为 $120g \cdot mol^{-1}$ ，阿伏加德罗常数为 N_A 。

该晶体的密度为_____ $g \cdot cm^{-3}$ 。($1nm = 10^{-9}m$)

(3) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 加热脱水后生成 $FeSO_4 \cdot H_2O$ ，再与 FeS_2 在氧气中煅烧可联合制备铁精粉和硫酸。

$FeSO_4 \cdot H_2O$ 分解和 FeS_2 在氧气中燃烧的能量示意图如图 3。利用 FeS_2 作为 $FeSO_4 \cdot H_2O$ 分解的燃料，从能源及资源利用的角度说明该工艺的优点_____。

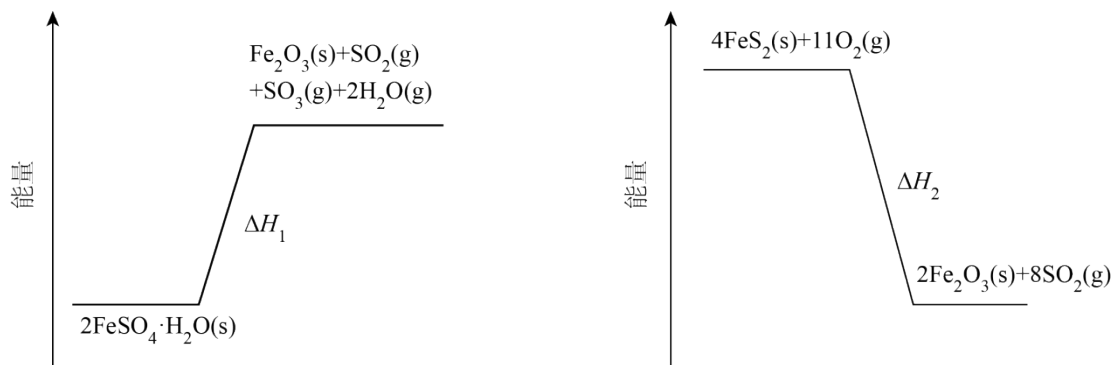


图3

【答案】(1) ①. $3d^6$ ②. 孤电子对有较大斥力, 使H-O-H键角小于O-S-O键角 ③.

配位键、氢键

(2) ①. 6 ②. $\frac{480}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3}$

(3) FeS_2 燃烧放热为 $FeSO_4 \cdot H_2O$ 分解提供能量; 反应产物是制备铁精粉和硫酸的原料

【解析】

【小问1详解】

①Fe 的价层电子排布为 $3d^6 4s^2$, 形成 Fe^{2+} 时失去 4s 上的 2 个电子, 于是 Fe^{2+} 的价层电子排布为 $3d^6$ 。

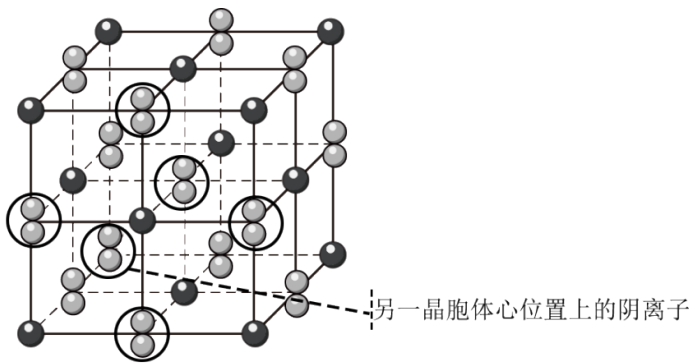
② H_2O 中 O 和 SO_4^{2-} 中 S 都是 sp^3 杂化, H_2O 中 O 杂化形成的 4 个杂化轨道中 2 个被孤电子对占据, 2 个被键合电子对占据, 而 SO_4^{2-} 中 S 杂化形成的 4 个杂化轨道均被键合电子对占据。孤电子对与键合电子对间的斥力大于键合电子对与键合电子对间的斥力, 使得 H-O-H 键角与 O-S-O 键角相比被压缩减小。

③ H_2O 中 O 有孤电子对, Fe^{2+} 有空轨道, 二者可以形成配位键。 SO_4^{2-} 中有电负性较大的 O 元素可以与 H_2O 中 H 元素形成氢键。

答案为: $3d^6$; 孤电子对有较大斥力, 使 H-O-H 键角小于 O-S-O 键角; 配位键、氢键。

【小问2详解】

①以位于面心 Fe^{2+} 为例, 与其距离最近的阴离子所处位置如图所示 (圆中):



4 个阴离子位于楞上，2 个位于体心位置上，共 6 个。

②依据分摊法可知晶胞中 Fe^{2+} 离子个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ， S_2^{2-} 个数为 $1 \times 1 + 12 \times \frac{1}{4} = 4$ 。一个晶胞中相当

于含有 4 个 FeS_2 ，因此一个晶胞的质量 $m = 4 \times \frac{120}{N_A} \text{g} = \frac{480}{N_A} \text{g}$ 。所以晶体密度

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{480}{N_A} \text{g}}{(a \times 10^{-9} \times 100)^3 \text{cm}^3} = \frac{480}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3} \text{g/cm}^3 \quad (1 \text{nm} = 10^{-9} \text{m})。$$

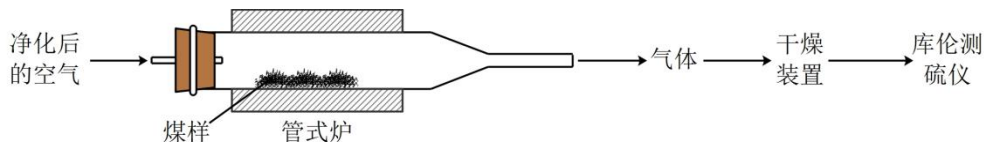
答案为：6； $\frac{480}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3}$

【小问 3 详解】

FeS_2 燃烧为放热反应， $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解为吸热反应， FeS_2 燃烧放出的热量恰好为 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解提供能量。另外， FeS_2 燃烧和 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解的产物如 Fe_2O_3 、 SO_2 、 SO_3 可以作为制备铁精粉或硫酸的原料。

答案为： FeS_2 燃烧放热为 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解提供能量；反应产物是制备铁精粉和硫酸的原料。

16. 煤中硫的存在形态分为有机硫和无机硫(CaSO_4 、硫化物及微量单质硫等)。库仑滴定法是常用的快捷检测煤中全硫含量的方法。其主要过程如下图所示。



已知：在催化剂作用下，煤在管式炉中燃烧，出口气体主要含 O_2 、 CO_2 、 H_2O 、 N_2 、 SO_2 。

(1) 煤样需研磨成细小粉末，其目的是_____。

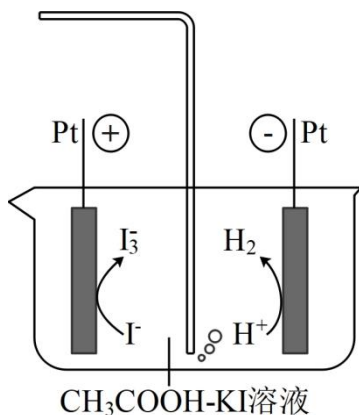
(2) 高温下，煤中 CaSO_4 完全转化为 SO_2 ，该反应的化学方程式为_____。

(3) 通过干燥装置后，待测气体进入库仑测硫仪进行测定。

已知：库仑测硫仪中电解原理示意图如下。检测前，电解质溶液中 $\frac{c(I_3)}{c(I^-)}$ 保持定值时，电解池不工作。待

测气体进入电解池后， SO_2 溶解并将 I_3^- 还原，测硫仪便立即自动进行电解到 $\frac{c(I_3)}{c(I^-)}$ 又回到原定值，测定结

束，通过测定电解消耗的电量可以求得煤中含硫量。



① SO_2 在电解池中发生反应的离子方程式为_____。

② 测硫仪工作时电解池的阳极反应式为_____。

(4) 煤样为 ag ，电解消耗的电量为 x 库仑，煤样中硫的质量分数为_____。

已知：电解中转移 $1mol$ 电子所消耗的电量为 96500 库仑。

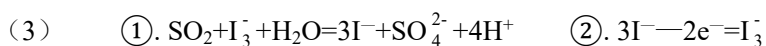
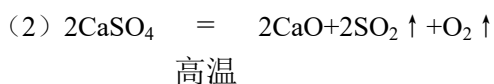
(5) 条件控制和误差分析。

① 测定过程中，需控制电解质溶液 pH ，当 $pH < 1$ 时，非电解生成的 I_3^- 使得测得的全硫含量偏小，生成 I_3^- 的离子方程式为_____。

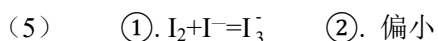
② 测定过程中，管式炉内壁上有 SO_3 残留，测得全硫量结果为_____。(填“偏大”或“偏小”)

【答案】 (1) 与空气的接触面积增大，反应更加充分

催化剂



$$(4) \quad \frac{16x}{965a} \%$$



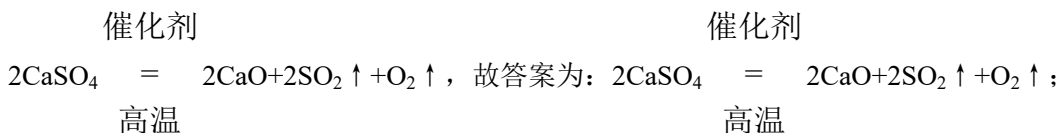
【解析】

【小问 1 详解】

煤样研磨成细小粉末后固体表面积增大，与空气的接触面积增大，反应更加充分，故答案为：与空气的接触面积增大，反应更加充分；

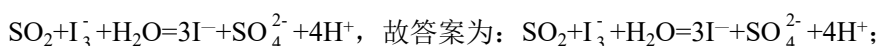
【小问 2 详解】

由题意可知，在催化剂作用下，硫酸钙高温分解生成氧化钙、二氧化硫和水，反应的化学方程式为



【小问 3 详解】

①由题意可知，二氧化硫在电解池中与溶液中 I_3^- 反应生成碘离子、硫酸根离子和氢离子，离子方程式为



②由题意可知，测硫仪工作时电解池工作时，碘离子在阳极失去电子发生氧化反应生成碘三离子，电极反应式为 $3\text{I}^- - 2\text{e}^- = \text{I}_3^-$ ，故答案为： $3\text{I}^- - 2\text{e}^- = \text{I}_3^-$ ；

【小问 4 详解】

由题意可得如下关系： $\text{S} \sim \text{SO}_2 \sim \text{I}_3^- \sim 2\text{e}^-$ ，电解消耗的电量为 x 库仑，则煤样中硫的质量分数为

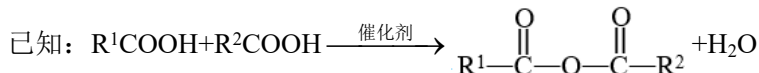
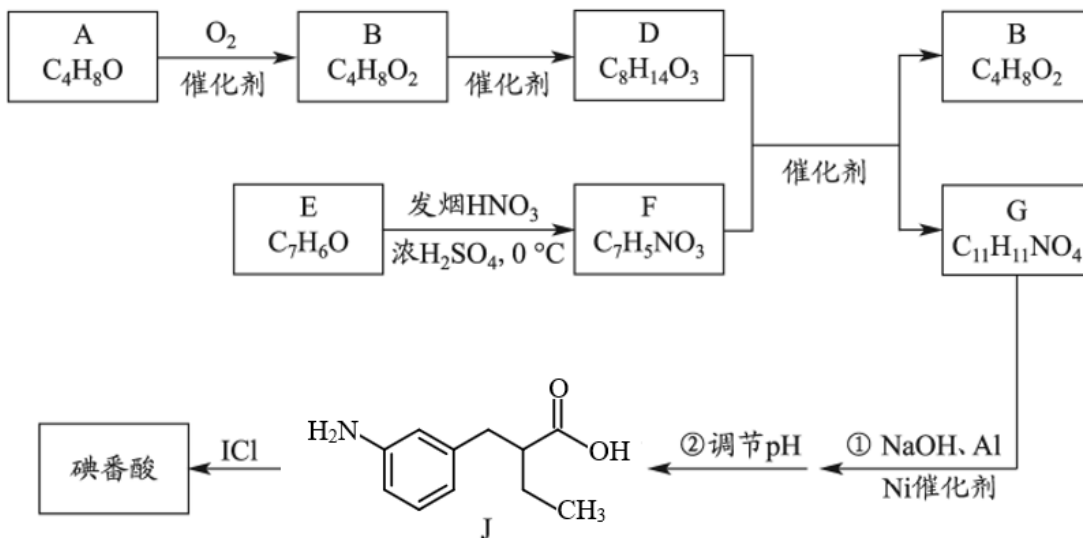
$$\frac{\frac{x}{2 \times 96500} \times 32}{a} \times 100\% = \frac{16x}{965a} \%, \text{故答案为: } \frac{16x}{965a} \%;$$

【小问 5 详解】

①当 $\text{pH} < 1$ 时，非电解生成的碘三离子使得测得的全硫含量偏小说明碘离子与电解生成的碘反应生成碘三离子，导致消耗二氧化硫的量偏小，反应的离子方程式为 $\text{I}_2 + \text{I}^- = \text{I}_3^-$ ，故答案为： $\text{I}_2 + \text{I}^- = \text{I}_3^-$ ；

②测定过程中，管式炉内壁上有三氧化硫残留说明硫元素没有全部转化为二氧化硫，会使二氧化硫与碘三离子反应生成的碘离子偏小，电解时转移电子数目偏小，导致测得全硫量结果偏低，故答案为：偏小。

17. 碘番酸是一种口服造影剂，用于胆部 X 射线检查。其合成路线如下：



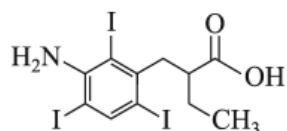
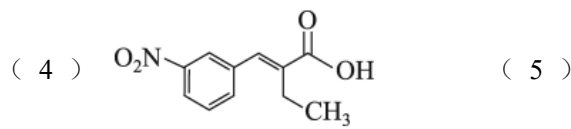
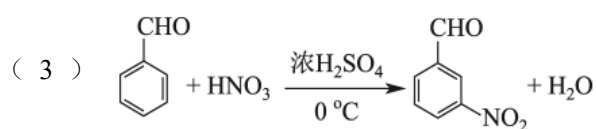
- (1) A 可发生银镜反应，A 分子含有的官能团是_____。
- (2) B 无支链，B 的名称是_____。B 的一种同分异构体，其核磁共振氢谱只有一组峰，结构简式是_____。
- (3) E 为芳香族化合物，E→F 的化学方程式是_____。
- (4) G 中含有乙基，G 的结构简式是_____。
- (5) 碘番酸分子中的碘位于苯环上不相邻的碳原子上。碘番酸的相对分子质量为 571，J 的相对分子质量为 193，碘番酸的结构简式是_____。
- (6) 口服造影剂中碘番酸含量可用滴定分析法测定，步骤如下。

步骤一：称取 $a\text{mg}$ 口服造影剂，加入 Zn 粉、NaOH 溶液，加热回流，将碘番酸中的碘完全转化为 I⁻，冷却、洗涤、过滤，收集滤液。

步骤二：调节滤液 pH，用 $b\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{AgNO}_3$ 标准溶液滴定至终点，消耗 AgNO_3 溶液的体积为 cmL 。

已知口服造影剂中不含其它含碘物质。计算口服造影剂中碘番酸的质量分数_____。

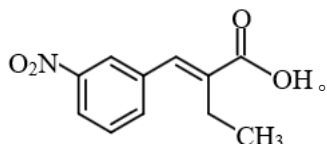
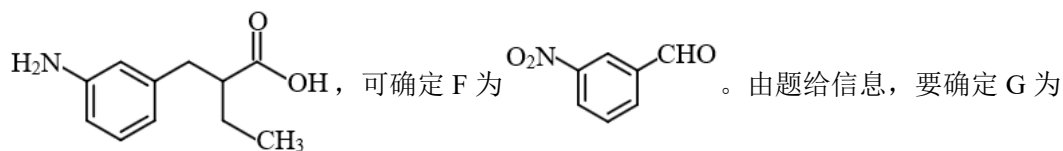
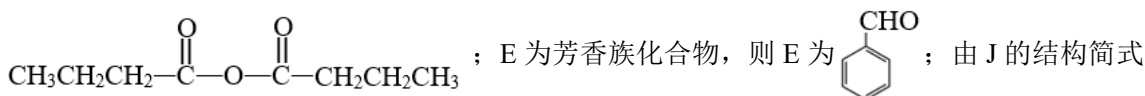
【答案】(1) 醛基 (2) ①. 正丁酸 ②. 



(6) $\frac{571bc}{3a} \times 100\%$

【解析】

【分析】本流程的目的，以 A 为原料制取碘番酸。由 A 可发生银镜反应，可确定 A 为醛，由 B 无支链，可确定 B 为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ，则 A 为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ；依据题干信息，可确定 D 为





【小问 1 详解】


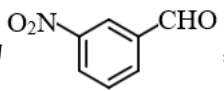
由 A 的分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ 及可发生银镜反应，可确定 A 分子含有的官能团是醛基。答案为：醛基；

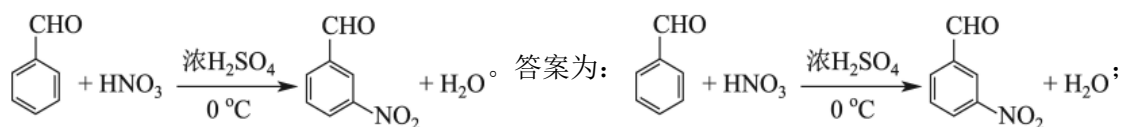
【小问 2 详解】

B 的分子式为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 、无支链，由醛氧化生成，则 B 为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ，名称是正丁酸。B 的一种同分异构体，其核磁共振氢谱只有一组峰，则表明分子中 8 个 H 原子全部构成 $-\text{CH}_2-$ ，B 的不饱和度为 1，

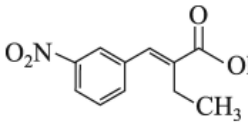
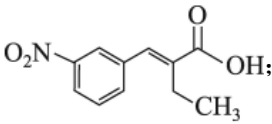
则其同分异构体应具有对称的环状结构，从而得出其结构简式是 。答案为：正丁酸；

【小问 3 详解】

由分析知，E 为 ，F 为 ，则 E→F 的化学方程式是

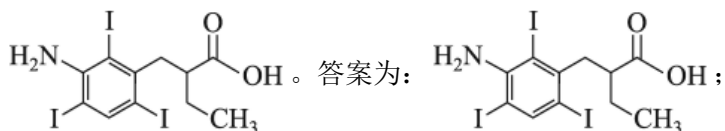


【小问 4 详解】

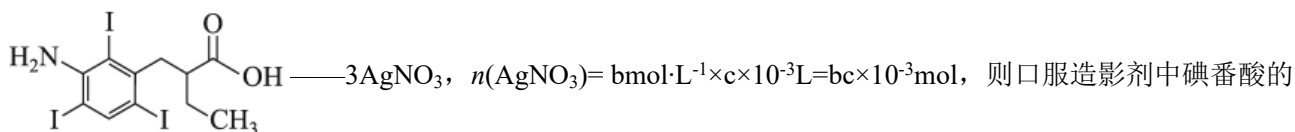
由分析可知，G 的结构简式是 。答案为：

【小问 5 详解】

碘番酸的相对分子质量为 571，J 的相对分子质量为 193，由相对分子质量差可确定，J 生成碘番酸时，分子中引入 3 个 I 原子，而碘番酸分子中的碘位于苯环上不相邻的碳原子上，则碘番酸的结构简式是



【小问 6 详解】

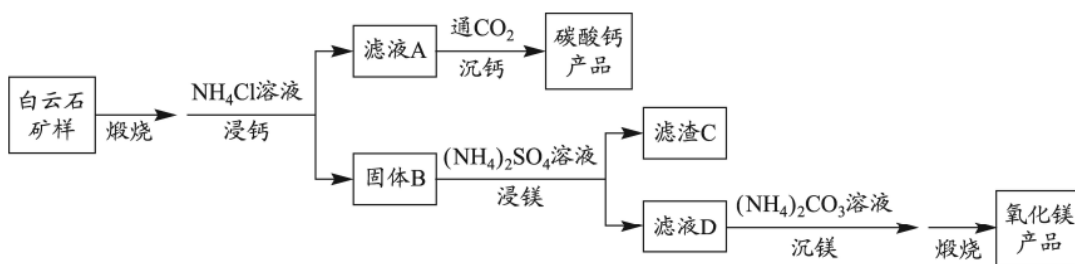


$$\text{质量分数} = \frac{bc \times 10^{-3}\text{mol} \times \frac{1}{3} \times 571\text{g/mol}}{a \times 10^{-3}\text{g}} \times 100\% = \frac{571bc}{3a} \times 100\%。$$

答案为： $\frac{571bc}{3a} \times 100\%$ 。

【点睛】推断有机物时，官能团可由反应条件确定，结构可依据转化前后对应物质的结构简式确定。

18. 白云石的主要化学成分为 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ，还含有质量分数约为 2.1% 的 Fe_2O_3 和 1.0% 的 SiO_2 。利用白云石制备高纯度的碳酸钙和氧化镁，流程示意图如下。



已知：

物质	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	CaCO_3	MgCO_3
K_{sp}	5.5×10^{-6}	5.6×10^{-12}	3.4×10^{-9}	6.8×10^{-6}

(1) 白云石矿样煅烧完全分解的化学方程式为_____。

(2) NH_4Cl 用量对碳酸钙产品的影响如下表所示。

$\text{NH}_4\text{Cl}/n(\text{CaO})$	氧化物(MO)浸出率/%		产品中 CaCO_3 纯度/%		产品中 Mg 杂质含量/% (以 MgCO_3 计)
	CaO	MgO	计算值	实测值	
2.1 : 1	98.4	1.1	99.1	99.7	—

2.2 : 1	98.8	1.5	98.7	99.5	0.06
2.4 : 1	99.1	6.0	95.2	97.6	2.20

备注： i、MO 浸出率=(浸出的MO 质量/煅烧得到的MO 质量)×100% (M 代表 Ca 或 Mg)

ii、CaCO₃ 纯度计算值为滤液 A 中钙、镁全部以碳酸盐形式沉淀时计算出的产品中 CaCO₃ 纯度。

①解释“浸钙”过程中主要浸出 CaO 的原因是_____。

②沉钙反应的离子方程式为_____。

③“浸钙”过程不适宜选用 n(NH₄Cl):n(CaO) 的比例为_____。

④产品中 CaCO₃ 纯度的实测值高于计算值的原因是_____。

(3) “浸镁”过程中，取固体 B 与一定浓度的 (NH₄)₂SO₄ 溶液混合，充分反应后 MgO 的浸出率低于 60%。加热蒸馏，MgO 的浸出率随馏出液体积增大而增大，最终可达 98.9%。从化学平衡的角度解释浸出率增大的原因是_____。

(4) 滤渣 C 中含有的物质是_____。

(5) 该流程中可循环利用的物质是_____。

【答案】(1) $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2 \uparrow$

(2) ①. $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \gg K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ，在一定量 NH₄Cl 溶液中，氢氧化钙会和氯化铵反应而氢氧化镁不能，故 CaO 先浸出 ②. $\text{Ca}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ ③.

2.4 : 1 ④. $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ ，CaCO₃ 优先析出，且氧化钙也能转化为碳酸钙

(3) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$ ， $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，随大量氨逸出，平衡正向移动

(4) Fe₂O₃、SiO₂、CaSO₄、MgO

(5) NH₄Cl、(NH₄)₂SO₄、CO₂、NH₃

【解析】

【分析】白云石矿样煅烧后 CaMg(CO₃)₂ 转化为氧化钙、氧化镁，加入氯化铵溶解浸钙，大部分钙离子进入滤液 A，通入二氧化碳生成碳酸钙；过滤分离出含有镁、铁、硅元素的固体 B，加入硫酸铵将镁离子转化为硫酸镁溶液，加入碳酸铵生成碳酸镁沉淀，煅烧得到氧化镁；

【小问 1 详解】

白云石矿样煅烧完全分解生成氧化钙、氧化镁、二氧化碳气体，化学方程式为

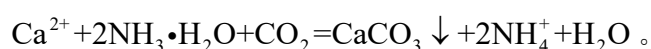


【小问 2 详解】

①氯化铵水解生成一水合氨与氢离子，可以调节溶液的 pH，由图表可知，

$K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \gg K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ，在一定量 NH_4Cl 溶液中，氢氧化钙会和氯化铵反应而氢氧化镁不能，故 CaO 首先溶解被浸出；

②沉钙反应中通入二氧化碳和滤液中钙离子、氨气反应生成碳酸钙沉淀和铵根离子，离子方程式为



③由图表可知，“浸钙”过程 $n(\text{NH}_4\text{Cl}):n(\text{CaO})$ 的比例为 2.4:1 时，产品中镁元素杂质最多且碳酸钙纯度最低，故不适宜选用 $n(\text{NH}_4\text{Cl}):n(\text{CaO})$ 的比例为 2.4:1。

④ $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ ，在反应中 CaCO_3 会优先析出，且氧化钙也能转化为碳酸钙，导致产品中 CaCO_3 纯度的实测值高于计算值；

【小问 3 详解】

“浸镁”过程中，发生反应： $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$ ， $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，加热蒸馏随大量氨逸出，平衡正向移动，利于氢氧化镁转化为硫酸镁；

【小问 4 详解】

白云石的主要化学成分为 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ，还含有质量分数约为 2.1% 的 Fe_2O_3 和 1.0% 的 SiO_2 ；煅烧浸钙后，绝大部分钙进入滤液中，部分钙进入 B 中加入硫酸铵后转化为微溶于的硫酸钙，氧化铁、二氧化硅几乎不反应进入滤渣中；“浸镁”过程中， MgO 的浸出率最终可达 98.9%，则还有部分氧化镁进入滤渣中，故滤渣 C 中含有的物质是 Fe_2O_3 、 SiO_2 、 CaSO_4 、 MgO ；

【小问 5 详解】

沉钙反应中通入二氧化碳生成碳酸钙和氯化铵；“浸镁”过程中加热蒸馏会有大量氨逸出；滤液 D 加入碳酸铵生成碳酸镁和硫酸铵，碳酸镁煅烧生成二氧化碳；白云石煅烧也会生成二氧化碳；在流程中 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 CO_2 、 NH_3 既是反应物又是生成物，故该流程中可循环利用的物质是 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 CO_2 、 NH_3 。

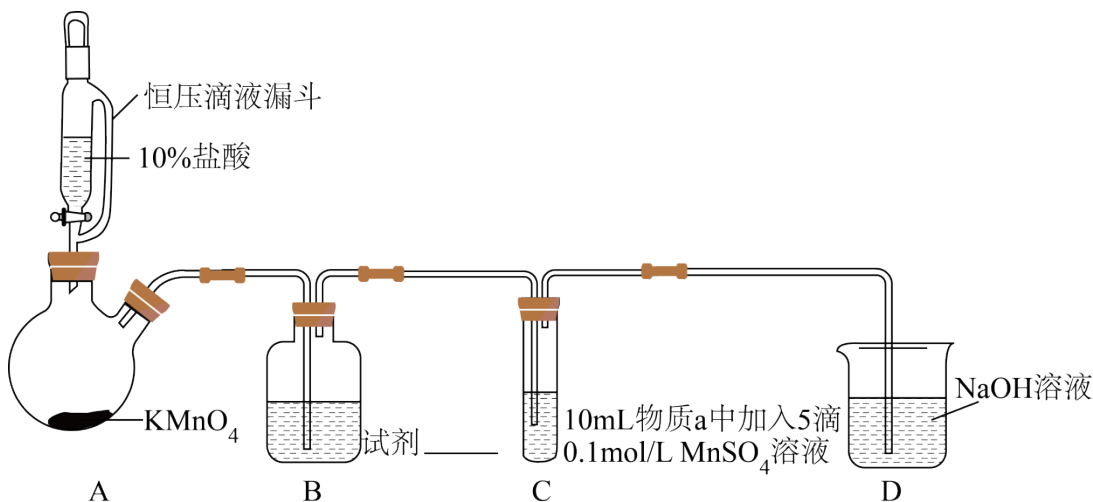
19. 某小组同学探究不同条件下氯气与二价锰化合物的反应

资料：i. Mn^{2+} 在一定条件下被 Cl_2 或 ClO^- 氧化成 MnO_2 (棕黑色)、 MnO_4^{2-} (绿色)、 MnO_4^- (紫色)。

ii. 浓碱条件下， MnO_4^- 可被 OH^- 还原为 MnO_4^{2-} 。

iii. Cl_2 的氧化性与溶液的酸碱性无关， $NaClO$ 的氧化性随碱性增强而减弱。

实验装置如图(夹持装置略)



序号	物质 a	C 中实验现象	
		通入 Cl_2 前	通入 Cl_2 后
I	水	得到无色溶液	产生棕黑色沉淀，且放置后不发生变化
II	5%NaOH 溶液	产生白色沉淀，在空气中缓慢变成棕黑色沉淀	棕黑色沉淀增多，放置后溶液变为紫色，仍有沉淀
III	40%NaOH 溶液	产生白色沉淀，在空气中缓慢变成棕黑色沉淀	棕黑色沉淀增多，放置后溶液变为紫色，仍有沉淀

(1) B 中试剂是_____。

(2) 通入 Cl_2 前，II、III 中沉淀由白色变为黑色的化学方程式为_____。

(3) 对比实验 I、II 通入 Cl_2 后的实验现象，对于二价锰化合物还原性的认识是_____。

(4) 根据资料 ii，III 中应得到绿色溶液，实验中得到紫色溶液，分析现象与资料不符的原因：

原因一：可能是通入 Cl_2 导致溶液的碱性减弱。

原因二：可能是氧化剂过量，氧化剂将 MnO_4^{2-} 氧化为 MnO_4^- 。

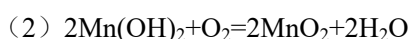
①化学方程式表示可能导致溶液碱性减弱的原因_____，但通过实验测定溶液的碱性变化很小。

②取 III 中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 40%NaOH 溶液，溶液紫色迅速变为绿色，且绿色缓慢加深。溶液紫色变为绿色的离子方程式为_____，溶液绿色缓慢加深，原因是 MnO_2 被_____ (填“化学式”)氧化，可证明 III 的悬浊液中氧化剂过量；

③取 II 中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 水，溶液紫色缓慢加深，发生的反应是_____。

④从反应速率的角度，分析实验 III 未得到绿色溶液的可能原因_____。

【答案】(1) 饱和 NaCl 溶液



(3) Mn^{2+} 的还原性随溶液碱性的增强而增强



$3\text{ClO}^- + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ⑤. III 中氧化剂氧化锰酸根离子的速率大于氢氧离子还原锰酸根离子的速率，因而不能实验 III 未得到绿色溶液

【解析】

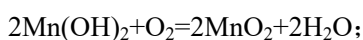
【分析】在装置 A 中 HCl 与 KMnO_4 发生反应制取 Cl_2 ，由于盐酸具有挥发性，为排除 HCl 对 Cl_2 性质的干扰，在装置 B 中盛有饱和 NaCl 溶液，除去 Cl_2 中的杂质 HCl，在装置 C 中通过改变溶液的 pH，验证不同条件下 Cl_2 与 MnSO_4 反应，装置 D 是尾气处理装置，目的是除去多余 Cl_2 ，防止造成大气污染。

【小问 1 详解】

B 中试剂是饱和 NaCl 溶液，作用是吸收 Cl_2 中的杂质 HCl 气体；1

【小问 2 详解】

通入 Cl_2 前，II、III 中 Mn^{2+} 与碱性溶液中 NaOH 电离产生的 OH^- 反应产生 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 白色沉淀，该沉淀不稳定，会被溶解在溶液中的氧气氧化为棕黑色 MnO_2 ，则沉淀由白色变为黑色的化学方程式为：



【小问 3 详解】

对比实验 I、II 通入 Cl_2 后的实验现象，对于二价锰化合物还原性的认识是： Mn^{2+} 的还原性随溶液碱性的增强而增强；

【小问 4 详解】

① Cl_2 与 NaOH 反应产生 NaCl、NaClO、 H_2O ，使溶液碱性减弱，反应的离子方程式为： $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ；

②取 III 中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 40%NaOH 溶液，溶液紫色迅速变为绿色，且绿色缓慢加深。溶液紫色变为绿色就是由于在浓碱条件下， MnO_4^- 可被 OH^- 还原为 MnO_4^{2-} ，根据电子守恒、电荷守恒及原

子守恒，可知该反应的离子方程式为： $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- = 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

溶液绿色缓慢加深，原因是 MnO_2 被 Cl_2 氧化，可证明 III 的悬浊液中氧化剂过量；

③取 II 中放置后的 1 mL 悬浊液，加入 4 mL 水，溶液碱性减弱，溶液紫色缓慢加深，说明 ClO^- 将 MnO_2 氧化为 MnO_4^- ，发生的反应是： $3\text{ClO}^- + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ；

④III 中氧化剂氧化锰酸根离子的速率大于氢氧离子还原锰酸根离子的速率，导致不能实验 III 未得到绿色溶液

