

化学实验综合探究【九大题型】

【新高考通用】

► 热点题型归纳

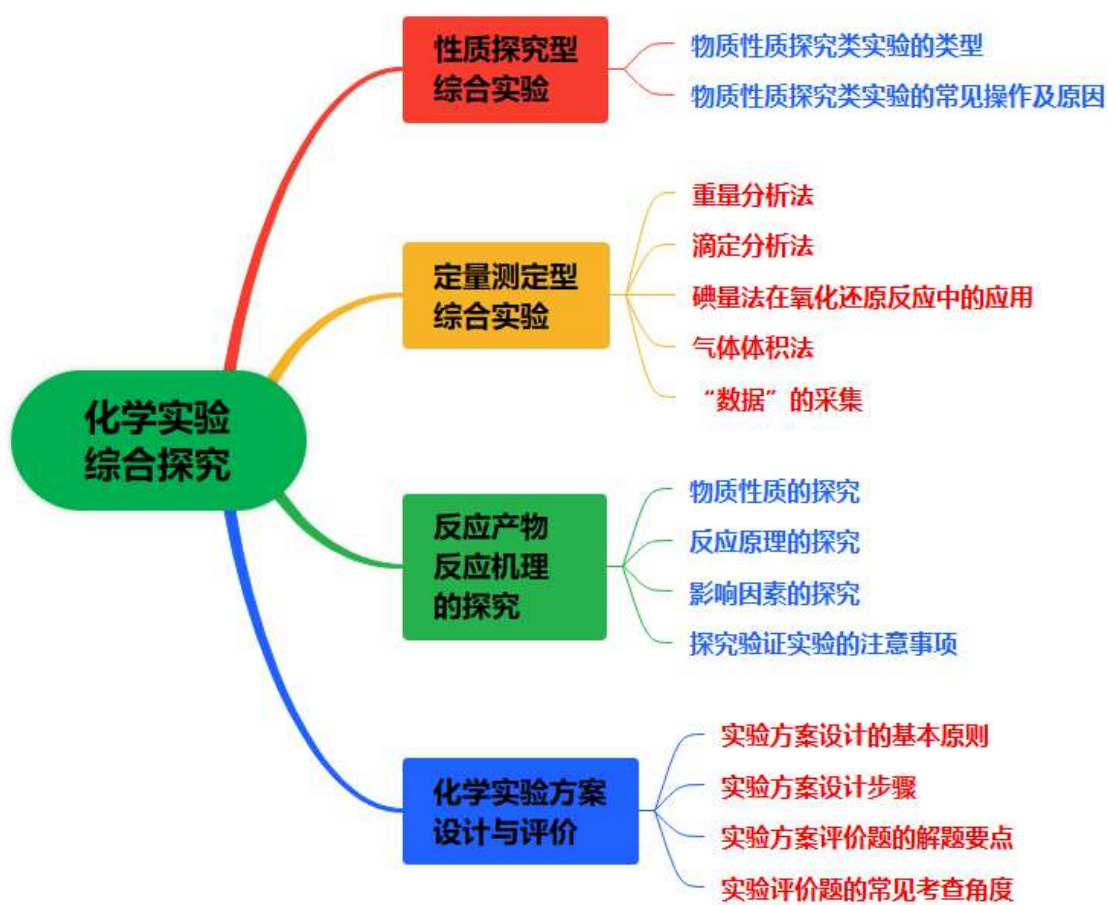
【知识点 1 性质探究型综合实验】	2
【知识点 2 定量测定型综合实验】	3
【知识点 3 反应产物、反应机理的探究】	5
【知识点 4 化学实验方案设计与评价】	8
【题型 1 物质含量的测定】	9
【题型 2 物质组成的测定】	12
【题型 3 物质性质的探究】	14
【题型 4 反应原理探究】	17
【题型 5 操作、现象、结论一致性的评价】	20
【题型 6 猜想型实验方案的设计】	22
【题型 7 定性探究实验方案的设计】	23
【题型 8 实验方案的设计与评价】	26
【题型 9 实验方案的评价】	28
【过关测试】	31

► 考情分析

考点要求	真题统计	考情分析
1. 掌握物质组成或含量测定的一般方法。 2. 能根据不同情景、不同类型实验特点评价或设计解决问题的简单方案。 3. 掌握定量测定实验及探究类综合实验的思维模型。 4. 能正确选用实验装置,掌握控制实验条件的方法。 5. 能预测或描述实验现象、分析或处理实验数据、得出合理结论。	2024·北京卷, 15 分; 2024·湖北卷, 15 分; 2024·安徽卷, 15 分; 2024·辽宁卷, 15 分; 2024·山东卷, 15 分; 2024·广东卷, 15 分; 2023 山东卷, 15 分; 2023 海南卷, 15 分; 2023·浙江卷, 12 分; 2023 湖北卷, 15 分; 2023 湖南卷, 15 分; 2023 北京卷, 15 分;	本专题主要考查物质产率、纯度的测定、物质中某组分的质量分数或含结晶水物质中结晶水含量的测定,利用酸碱中和滴定、沉淀滴定、氧化还原滴定等原理进行物质的量浓度、物质的量或质量的计算,利用数据、图表等处理实验信息,得出结论仍是高考命题的热点。预计 2025 年高考会以新的情境载体考给出实验现象和数据,进行分析和推理,得出合理的结论,重点考查探究问题能力,能做出预测和假设,解决问题的能力。

► 知识梳理

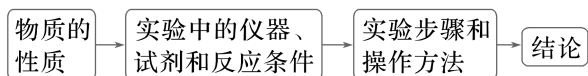
【思维导图】



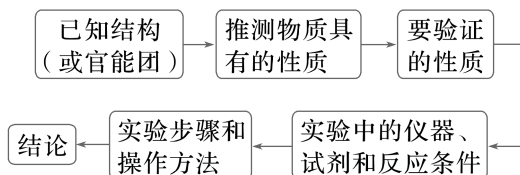
【知识点1 性质探究型综合实验】

1. 物质性质探究类实验的类型

(1) 根据物质性质设计实验方案



(2) 根据物质的结构(或官能团)设计实验方案



2. 物质性质探究类实验的常见操作及原因

操作	目的或原因
沉淀水洗	除去××(可溶于水)杂质
沉淀用乙醇洗涤	a. 减小固体的溶解度; b. 除去固体表面吸附的杂质; c. 乙醇挥发

	带走水分,使固体快速干燥
冷凝回流	防止 $\times\times$ 蒸气逸出脱离反应体系;提高 $\times\times$ 物质的转化率
控制溶液 pH	防止 $\times\times$ 离子水解;防止 $\times\times$ 离子沉淀;确保 $\times\times$ 离子沉淀完全;防止 $\times\times$ 溶解等
“趁热过滤”后,有时先向滤液中加入少量水,加热至沸腾,然后再“冷却结晶”	稀释溶液,防止降温过程中杂质析出,提高产品的纯度
加过量 A 试剂	使 B 物质反应完全 (或提高 B 物质的转化率等)
温度不高于 $\times\times^{\circ}\text{C}$	温度过高 $\times\times$ 物质分解 (如 H_2O_2 、浓硝酸、 NH_4HCO_3 等) 或 $\times\times$ 物质挥发 (如浓硝酸、浓盐酸) 或 $\times\times$ 物质氧化 (如 Na_2SO_3 等) 或促进 $\times\times$ 物质水解 (如 AlCl_3 等)
减压蒸馏 (减压蒸发)	减小压强,使液体沸点降低,防止 $\times\times$ 物质受热分解 (如 H_2O_2 、浓硝酸、 NH_4HCO_3 等)
蒸发、反应时的气体氛围	抑制 $\times\times$ 离子的水解 (如加热蒸发 AlCl_3 溶液时需在 HCl 气流中进行,加热 $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 制 MgCl_2 时需在 HCl 气流中进行等)
配制某溶液前先煮沸水	除去溶解在水中的氧气,防止 $\times\times$ 物质被氧化
反应容器中用玻璃管和大气相通	指示容器中压强大小,避免反应容器中压强过大

【知识点 2 定量测定型综合实验】

1. 重量分析法

- (1) 在重量分析中,一般首先采用适当的方法,使被测组分以单质或化合物的形式从试样中与其他组分分离。
- (2) 重量分析法不需要指示剂,实验的关键是准确判断反应是否完全,以及反应前后固体 (或液体) 质量的变化。
- (3) 重量分析法包括分离和称量两个过程。根据分离的方法不同,重量分析法又可分为沉淀法、挥发法、萃取法等。
- (4) 计算方法
采用重量分析法进行定量计算时,可根据实验中发生反应的化学方程式或原子守恒确定相关物质之间的定量关系,再结合实验数据列出关系式,并进行相关计算。

2. 滴定分析法

- (1) 滴定分析法是将已知准确浓度的标准溶液,滴加到待测溶液中 (或者将待测溶液滴加到标准溶液中),直到所加的标准溶液与待测溶液按化学计量关系定量反应完全为止,然后测量标准溶液消耗的体积,根据标准溶液的浓度和所消耗的体积,计算出待测物质的含量。
- (2) 实验的关键是准确量取待测溶液,根据指示剂的颜色变化确定滴定终点。
- (3) 根据标准溶液和待测溶液间反应类型的不同,可将滴定分析法分为四大类:中和滴定、氧化还原滴定、络合滴定和沉淀滴定。

3. 碘量法在氧化还原反应中的应用

I_2 可作氧化剂,能被 Sn^{2+} 、 H_2S 等还原剂还原, I^- 可作还原剂,能被 IO_3^- 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 MnO_4^- 等氧化剂氧化。

- (1) 直接碘量法是用碘标准液直接滴定还原性物质的方法,在滴定过程中, I_2 被还原为 I^- 。

(2) 间接碘量法(又称滴定碘法)是利用 I^- 的还原性与氧化性物质反应产生 I_2 , 淀粉溶液遇 I_2 显蓝色, 再加入 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液与 I_2 反应, 滴定终点的现象为滴入最后半滴 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液, 溶液蓝色消失且半分钟内不变色, 从而测出氧化性物质的含量。

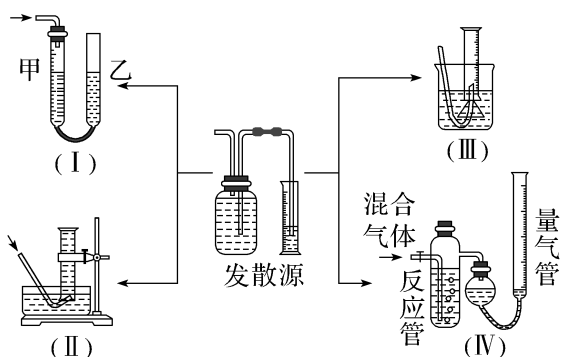
4. 气体体积法

(1) 通过测量反应生成气体的体积进行定量分析的方法, 实验的关键是准确测量生成气体的体积。

(2) 测气体体积的方法分为直接测量法和间接测量法

直接测量法	将气体通入带有刻度的容器中, 直接读取气体的体积。根据所用测量仪器的不同, 直接测量法可分为倒置量筒法和滴定管法两种
间接测量法	利用气体将液体(通常为水)排出, 通过测量所排出液体的体积从而得到气体体积。常用的测量装置为用导管连接的装满液体的广口瓶和空量筒。排水法收集气体时, 要保证“短进长出”

(3) 量气装置的改进



(4) 量气时应注意的问题

①量气时应保持装置处于室温状态。

②读数时要特别注意消除“压强差”, 保持液面相平, 同时要注意视线与液面最低处相平。如图(I)、(IV)应使左侧和右侧的液面高度保持相平。

5. “数据”的采集

实验数据的采集是化学计算的基础, 一般来讲, 固体试剂称质量, 而液体试剂和气体试剂则测量体积。

(1) 称量固体质量时, 中学一般用托盘天平, 可估读到 0.1 g , 精确度要求高的实验中可以用分析天平或电子天平, 可精确到 0.0001 g 。

(2) 测量液体体积时, 一般实验中选用适当规格的量筒, 可估读到 0.1 mL , 准确度要求高的定量实验如中和滴定中选用滴定管(酸式或碱式)或移液管, 可估读到 0.01 mL 。容量瓶作为精密的定容仪器, 用于配制一定物质的量浓度的溶液, 一般不用于量取液体的体积。

(3) 气体除了量取外, 还可以称量。称量气体的质量时一般有两种方法: 一种方法是称量反应装置在放出气体前后的质量减小值; 另一种方法是称量吸收装置吸收气体前后的质量增大值。

(4) 用 pH 试纸(测得整数值)或 pH 计(精确到 0.01)直接测出溶液的 pH , 经过计算可以得到溶液中 H^+ 或 OH^- 的物质的量浓度。为了保证数据的准确性, 实验中要采取必要的措施, 确保离子完全沉淀、气体完全被吸收等, 必要时可以进行平行实验, 重复测定, 然后取其平均值进行计算。如中和滴定实验中测量酸或碱的体积要平行做 $2\sim 3$ 次滴定, 然后取体积的平均值求算未知溶液的浓度, 但对于“离群”数据(指与其他数据有很大差异的数据)要舍弃, 因为数据“离群”的原因可能是操作中出现了较大的误差。

6. 综合实验题中的相关计算

(1) 常用的计算公式

$$\textcircled{1} n = \frac{m}{M}, n = \frac{V}{V_m}, n = cV(aq)$$

$$\textcircled{2} \text{物质的质量分数(或纯度)} = \frac{\text{该物质的质量}}{\text{混合物的总质量}} \times 100\%$$

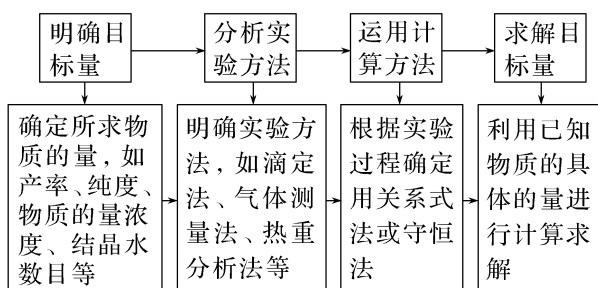
$$\textcircled{3} \text{产品产率} = \frac{\text{产品的实际产量}}{\text{产品的理论产量}} \times 100\%$$

$$\textcircled{4} \text{物质转化率} = \frac{\text{参加反应的原料的量}}{\text{加入原料的总量}} \times 100\%$$

(2) 常用的计算方法——关系式法

关系式法常应用于一步反应或分多步进行的连续反应中,利用该法可以减少不必要的中间运算过程,避免计算错误,并能迅速准确地获得结果。一步反应可以直接找出反应物与目标产物的关系;在多步反应中,若第一步反应的产物是下一步反应的反应物,可以根据化学方程式,将该物质作为“中介”,找出已知物质和所求物质之间量的关系。利用这种方法解题的关键是建立已知物质和所求物质之间的关系式。

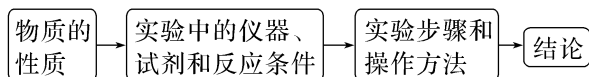
【方法技巧】定量实验的解题流程



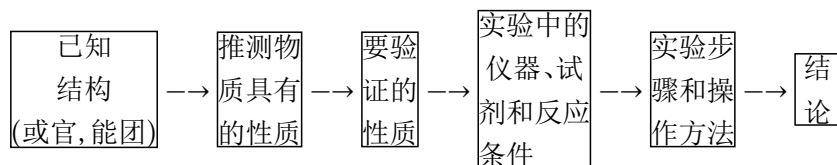
【知识点3 反应产物、反应机理的探究】

1. 物质性质的探究

(1) 根据物质性质设计实验方案



(2) 根据物质的结构(或官能团)设计性质实验方案



(3) 物质性质探究的考查角度

热分解产物的性质探究、判断	$\textcircled{1} \text{难溶性碳酸盐} \xrightarrow{\Delta} \text{氧化物} + \text{CO}_2$ $\textcircled{2} \text{碳酸的酸式盐} \xrightarrow{\Delta} \text{碳酸的正盐} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\textcircled{3} \text{铵盐} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 + \text{相应的酸(或酸性氧化物} + \text{H}_2\text{O)} (\text{NH}_4\text{NO}_3 \text{除外})$ $\textcircled{4} \text{硝酸盐} \xrightarrow{\Delta} \text{金属(或金属氧化物、亚硝酸盐)} + \text{氮氧化物(NO或NO}_2\text{)} + \text{O}_2$
---------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

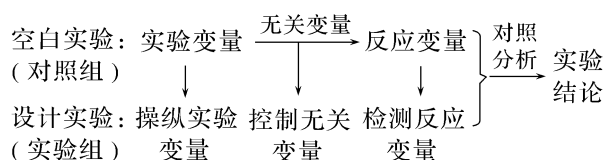
	$\text{⑤草酸晶体} \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
物质氧化性、还原性的判断	如探究 SO_2 具有还原性的方法是将气体通入酸性 KMnO_4 溶液中,通过观察酸性 KMnO_4 溶液是否褪色来说明;如探究 Fe^{3+} 的氧化性强于 I_2 时,可利用 FeCl_3 与淀粉- KI 溶液反应,通过溶液变蓝色来说明 Fe^{3+} 的氧化性强于 I_2
验证同周期、同主族元素性质的递变规律	一般通过设计比较元素金属性、非金属性强弱的实验来完成。如通过比较 Mg 、 Al 与同浓度盐酸反应产生 H_2 的快慢来说明 Mg 、 Al 的活泼性顺序
电解质强弱的判断	如探究一元酸 HA 是弱酸的方法是常温下配制 NaA 溶液,测 pH ,若 $\text{pH} > 7$,则说明 HA 为弱酸
物质酸性强弱的判断	如探究碳酸和硅酸的酸性强弱,可利用相对强的酸制备相对弱的酸的反应原理,将 CO_2 气体通入 Na_2SiO_3 溶液,看是否有白色沉淀生成来判断
钢铁发生电化学腐蚀的规律探究	可以通过控制钢铁是否与空气接触、所接触的电解质溶液的酸碱度、钢铁在腐蚀过程中体系内的气压变化等设计实验,找出规律

2. 反应原理的探究

化学反应原理的探究也是中学化学实验探究的一个重要内容,该类探究实验往往是通过改变影响反应的条件(如浓度、温度、压强、酸碱度等)和反应物的用量,分析反应产物的变化情况,进而确定反应的原理。解答该类题目的关键是从反应物、生成物、反应条件和实验现象四个方面,抓住变化、分析得出反应的规律和原理。

3. 影响因素的探究

物质变化往往受到多个因素的影响,在研究化学反应与外界因素之间的关系时,对影响物质变化规律的因素或条件加以人为控制,使其他几个因素不变,集中研究其中一个因素的变化所产生的影响,以利于研究过程中,迅速寻找到物质变化的规律。



4. 探究验证实验的注意事项

- (1) 在离子检验、气体成分检验的过程中,要严格掌握检验的先后顺序,防止各成分检验过程中的相互干扰。
- (2) 若有水蒸气生成,先检验水蒸气,再检验其他成分,如 C 和浓 H_2SO_4 的反应,产物有 SO_2 、 CO_2 和 $\text{H}_2\text{O}(g)$,通过实验可检验三种气体物质的存在,但 SO_2 、 CO_2 都要通过溶液进行检验,对检验 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 有干扰。
- (3) 对于需要进行转化才能检验的成分,如 CO 的检验,要注意先检验 CO 中是否含有 CO_2 ,如果有 CO_2 ,应先除去 CO_2 再对 CO 实施转化,最后再检验转化产物 CO_2 ,如 $\text{HOOC}-\text{COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{CO}_2 \uparrow + \text{CO} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$ 中 CO 的检验。

- (4) 要重视试剂名称的描述,如有些试剂的准确描述为无水硫酸铜、澄清石灰水、酸性高锰酸钾溶液、浓硫酸、饱和 NaHCO_3 溶液、 NaOH 溶液等。此外还应注意某些仪器的规格。

5. 解答产物确定题的思路分析

由性质确定反应产物是解此类题目的根本思路,而题目中所涉及的物质,一般分为两类。

第一类	常见的熟悉物质	要注意物质的特殊性质,比如颜色、状态、气味、溶解性等物理性质,或能与哪些物质反应生成特殊的沉淀、气体等化学性质
第二类	能类比迁移的陌生物质	虽然平时接触不多,但其某种组成成分、结构成分(如离子、原子团、官能团等)必然学过,则可以考虑与其结构相似的物质的性质,进而推断其具体组成

6. 文字表述题的各种答题规范

(1) 沉淀洗涤是否完全的检验答题模板

取少许最后一次洗涤液,滴入少量……溶液(试剂),若……(现象),表示已经洗涤完全。

解答此类题目要注意四个得分点:取样+试剂+现象+结论。

取样	要取“少许最后一次”洗涤液
试剂	选择合理的试剂
现象	须有明显的现象描述
结论	根据现象得出结论

(2) 实验操作的原因、目的、作用的答题要点

答题要素	明确实验目的:做什么
	明确操作目的:为什么这样做
	明确结论:这样做会有什么结果?理由是什么
得分点及关键词	操作:怎么“做”,为什么这样“做”
	作用:须有明确的结论、判断、理由

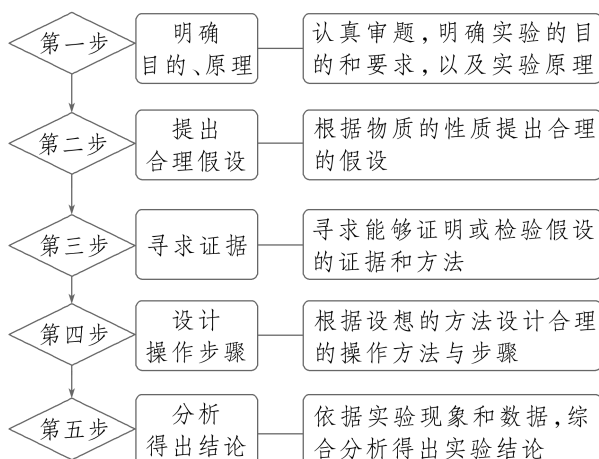
(3) 实验现象的准确、全面描述

答题要素	现象描述要全面:看到的、听到的、触摸到的、闻到的
	现象描述要准确:如A试管中……B处有……
	按“现象+结论”格式描述,忌现象结论不分、由理论推现象、指出具体生成物的名称
得分点及关键词	溶液中:颜色由……变成……,液面上升或下降(形成液面差),溶液变浑浊,生成(产生)……沉淀,溶液发生倒吸,产生大量气泡(或有气体从溶液中逸出),有液体溢出等
	固体:表面产生大量气泡,逐渐溶解,体积逐渐变小,颜色由……变成……等
	气体:生成……色(味)气体,气体由……色变成……色,先变……后……(加深、变浅、褪色)等

(4) 试剂的作用的答题模板

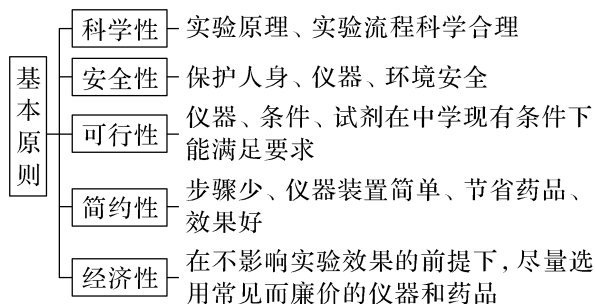
答题要素	试剂的作用是什么?要达到的目的是什么
得分点及关键词	作用类:“除去”“防止”“抑制”“使……”等,回答要准确
	作用—目的类:“作用”是“……”,“目的”是“……”,回答要准确全面

【方法技巧】反应机理类探究性实验解题流程



【知识点4 化学实验方案设计与评价】

1. 实验方案设计的基本原则



2. 实验方案设计步骤

步骤	要求
明确目的原理	首先必须认真审题,明确实验的目的要求,弄清题目有哪些新的信息,综合已学过的知识,通过类比、迁移、分析,从而明确实验原理
选择仪器药品	根据实验的目的和原理,以及反应物和生成物的性质、反应条件,如反应物和生成物的状态,能否腐蚀仪器和橡皮、反应是否加热及温度是否控制在一定的范围等,从而选择合适的化学仪器和药品
设计装置步骤	根据上述实验目的和原理,以及所选用的仪器和药品,设计出合理的实验装置和实验操作步骤。学生应具备识别和绘制典型的实验仪器装置图的能力,实验步骤应完整而又简明
记录现象数据	根据观察,全面而准确地记录实验过程中的现象和数据
分析得出结论	根据实验观察的现象和记录的数据,通过分析、计算、图表、推理等处理,得出正确的结论

3. 实验方案设计中几个易忽视的问题

- (1) 净化、吸收气体及实验结束熄灭酒精灯时要防止液体倒吸。
- (2) 进行某些易燃、易爆实验时,要防止爆炸。如 H_2 还原 CuO 实验中应先通入 H_2 , 气体点燃前要先验纯。
- (3) 防止氧化。如 H_2 还原 CuO 实验中要“先灭灯再停氢”, 白磷切割要在水中等进行。

- (4) 防止吸水。如实验取用、制取易吸水、潮解、水解的物质要采取必要措施,以保证达到实验目的。
- (5) 易挥发液体产物(导出时可为蒸气)的及时冷却。
- (6) 仪器拆卸的科学性与安全性。如防污染、防氧化、防倒吸、防爆炸、防泄漏等。

4. 实验方案评价题的解题要点

- (1) 理论上要科学。
- (2) 操作上要简单可行。
- (3) 原料用量要节约。
- (4) 要环保,符合绿色化学原则。

5. 实验评价题的常见考查角度

- (1) 可行性方面。

①分析实验方案是否科学可行;②实验操作是否安全合理;③实验步骤是否简单方便;④实验效果是否明显。

- (2) 绿色化学方面。

①实验过程中是否造成环境污染;②原料是否无毒、安全、易得;③原料利用率是否较高;④反应速率是否较大。

- (3) 安全性方面。

化学实验从安全角度常考虑的主要因素如下:①净化、吸收气体及实验结束熄灭酒精灯时要防止液体倒吸;②进行某些易燃、易爆实验时要防爆炸;③防氧化;④污染性的气体要进行尾气处理;有粉末状物质参加的反应,要注意防止导气管堵塞;⑤防吸水。

- (4) 规范性方面。

①冷凝回流:有些反应中,为减少易挥发液体反应物的损耗和充分利用原料,需在反应装置上加装冷凝回流装置,如长玻璃管、冷凝管等;②易挥发液体产物(导出时可为蒸气)的及时冷却;③仪器拆卸顺序与组装顺序相反,按照从右向左、从高到低的顺序;④其他,如实验操作顺序、试剂加入顺序等。

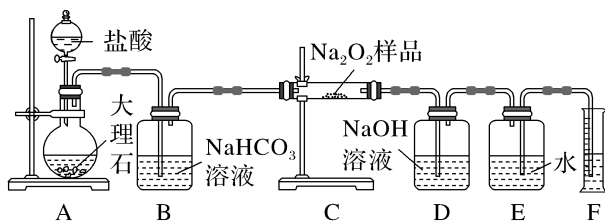
- (5) 最佳方案的选择。

几个实验方案都能达到目的,选出一个最佳方案。所谓最佳,就是装置最简单,药品容易取得、价格低廉,现象明显,干扰小,无污染。

► 举一反三

【题型1 物质含量的测定】

1. 过氧化钠常作漂白剂、杀菌剂、消毒剂。过氧化钠保存不当容易吸收空气中 CO_2 而变质。某课外活动小组为了粗略测定过氧化钠的纯度,他们称取 $a\text{ g}$ 样品,并设计用如图装置来测定过氧化钠的质量分数。



- (1) 将仪器连接好以后,必须进行的第一步操作是_____。

(2) *B* 装置出来的气体是否需要干燥 _____ (填“是”或“否”)。写出装置 *B* 中溶液的作用 _____。

(3) *D* 中 NaOH 溶液的作用 _____。

(4) 实验结束时,读取实验中生成气体的体积时,下列叙述不合理的是 _____ (填字母序号)。

- a. 直接读取气体体积,不需冷却到室温
- b. 上下移动量筒,使得 *E*、*F* 中液面高度相同
- c. 视线与凹液面的最低点相平读取量筒中水的体积

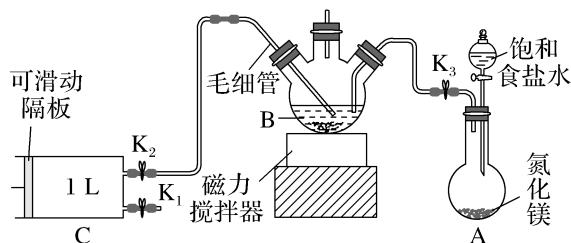
(5) 读出量筒内水的体积后,折算成标准状况下氧气的体积为 V mL,则样品中过氧化钠的质量百分数为 _____。

【答案】(1) 检查装置的气密性 (2) 否 吸收挥发的 HCl 气体 (3) 吸收未反应的 CO_2 (4) a (5) $\frac{39V}{56a}\%$

【解析】(1) 实验探究测定方法是测定二氧化碳和过氧化钠反应生成的氧气,装置中必须是气密性完好,将仪器连接好以后,必须进行的第一步操作是检查装置的气密性;(2) *B* 装置出来的气体不需要干燥,二氧化碳、水蒸气和过氧化钠反应生成氧气,物质的量定量关系相同对测定过氧化钠质量分数无影响,所以不需要干燥除去水蒸气;装置 *B* 中溶液的作用是吸收挥发的 HCl 气体;(3) *D* 为吸收多余的二氧化碳的装置,防止多余的二氧化碳进入量气装置,否则导致测得的氧气的体积偏大;(4) a. 直接读取气体体积,不冷却到室温,会使溶液体积增大,读出结果产生误差,故 a 不正确;b. 调整量筒内外液面高度使之相同,使装置内压强和外界压强相同,避免读取体积产生误差,故 b 正确;c. 视线与凹液面的最低点相平读取量筒中水的体积是正确的读取方法,故 c 正确;(5) 测定出量筒内水的体积后,折算成标准状况下氧气的体积为 V mL,则 $n(\text{O}_2) =$

$$\frac{V \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol}, \text{ 由于 } n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{O}_2), \text{ 则样品中过氧化钠的质量分数为: } \frac{\frac{V \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol} \times 2 \times 78 \text{ g/mol}}{ag} \times 100\% = \frac{39V}{56a}\%。$$

2. 检验甲醛含量的方法有很多,其中银—*Ferrozine* 法灵敏度较高。测定原理为甲醛与银氨溶液反应生成 Ag , 产生的 Ag 与 Fe^{3+} 定量反应生成 Fe^{2+} , Fe^{2+} 与菲洛嗪 (*Ferrozine*) 形成有色配合物,通过测定吸光度计算出甲醛的含量。某学习小组类比此原理设计如图装置,测定新装修居室内空气中甲醛的含量(夹持装置略去)。根据国家 $\text{GB/T18883}-2002$ 《室内空气质量标准》,室内甲醛的达标标准为在密闭门窗时间不少于 12 小时以后,测得甲醛含量不超过 0.1 mg/L 。



已知:① *B* 装置中间导管所连接的尾气处理装置在上图中已省略;

② 毛细管内径不超过 1 mm 。

回答下列问题:

(1) 下列哪些制备气体的装置与 *A* 装置不同 _____。

a. Cu 和浓硫酸制 SO_2

b. CaCO_3 和稀盐酸制 CO_2

c. 实验室制乙炔

用饱和食盐水代替水制备 NH_3 的原因是_____。

(2) 银氨溶液的制备。

关闭 K_1 、 K_2 , 打开 K_3 。先打开分液漏斗上方的玻璃塞, 再打开分液漏斗的_____, 使饱和食盐水慢慢滴入圆底烧瓶中, 将产生的气体通入已加入适量硝酸银溶液的 B 中, 当观察到 B 中_____, 停止通入 NH_3 。

(3) 室内空气中甲醛含量的测定。

①用热水浴加热 B , 打开 K_1 , 将滑动隔板慢慢由最右端抽到最左端, 吸入 1 L 室内空气 (在密闭门窗时间超过 12 小时以后), 关闭 K_1 ; 打开 K_2 , 向右缓慢推动滑动隔板, 将气体全部排出, 再关闭_____ (填“ K_1 ”“ K_2 ”或“ K_3 ”); 重复上述操作 4 次。上述过程, 空气中甲醛与 B 中银氨溶液反应的化学方程式为_____。

对比普通玻璃导管, 使用毛细管的优点是_____。

②待装置 B 中溶液充分反应后, 向其中加入适量稀硫酸调节溶液 $\text{pH}=1$, 再加入足量 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, 充分反应后立即加入菲洛嗪, Fe^{2+} 与菲洛嗪形成有色物质, 在 562 nm 处测定吸光度, 测得生成 1.12 mg Fe^{2+} , 则该室内空气中甲醛的含量为_____ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。通过计算可知该新居室内甲醛含量_____ (填“达标”或“不达标”)。

【答案】(1)a 减缓生成氨气的速率 (2) 旋塞 白色沉淀恰好溶解时, 关闭 K_3 和分液漏斗旋塞

(3) ① K_2 $\text{HCHO} + 4\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \xrightarrow{\text{加热}} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 4\text{Ag}\downarrow + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 减小气体的通入速率, 使空气中甲醛气体被完全吸收 ② 0.037 5 达标

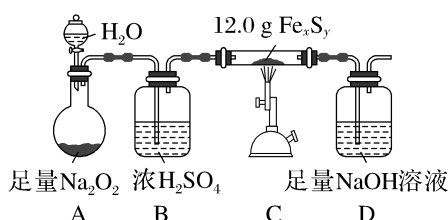
【解析】(1) 由题干实验装置图可知, A 装置为固体与液体不加热来制备气体的装置, a . Cu 和浓硫酸制 SO_2 为固体和液体反应需要加热的装置, a 符合题意; b . CaCO_3 和稀盐酸制 CO_2 为固体和液体不加热制备, b 不符合题意; c . 实验室制乙炔为碳化钙与水反应, 即为固体和液体不加热制备, c 不符合题意; A 装置中饱和食盐水和氯化镁反应制备氨气, 化学方程式为 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_3\uparrow$, 用饱和食盐水代替水制备 NH_3 的原因是饱和食盐水能减缓反应速率; (2) 银氨溶液的制备, 关闭 K_1 、 K_2 , 打开 K_3 , 打开分液漏斗旋塞, 将饱和食盐水慢慢滴入圆底烧瓶中, 氨水溶液和硝酸银溶液反应生成氢氧化银为白色沉淀, 但氢氧化银常温下极不稳定, 会分解为黑色的氧化银, 氧化银再和氨水反应生成银氨溶液, 当观察到三颈烧瓶中白色沉淀恰好溶解时, 关闭 K_3 和分液漏斗旋塞; (3) ①用热水浴加热三颈烧瓶, 打开 K_1 , 将滑动隔板慢慢由最右端抽到最左端, 吸入 1 L 室内空气, 关闭 K_1 , 后续操作是打开 K_2 , 缓慢推动滑动隔板, 将气体全部推出, 再关闭 K_2 ; 甲醛和银氨溶液反应的化学方程式为 $\text{HCHO} + 4\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \xrightarrow{\text{加热}} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 4\text{Ag}\downarrow + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$, 装置中毛细管的作用是减小气体的通入速率, 使空气中甲醛气体被完全吸收; ②甲醛和银氨溶液加热反应生成银, 银具有还原性, 被铁离子氧化, 结合甲醛被氧化为二氧化碳, 氢氧化二氨合银被还原为银, 甲醛中碳元素化合价 0 价变化为 +4 价, 银 +1 价变化为 0 价, 生成的银又被铁离子氧化, 铁离子被还原为亚铁离子, 生成亚铁离子 1.12 mg , 氧化还原反应电子守恒计算, 设空气中甲醛的含量为 $x\text{ mg/L}$, 因此实验进行了 4 次操作, 则

$$\begin{array}{ccc}
 \text{HCHO} & \sim 4\text{e}^- \sim & 4\text{Fe}^{2+} \\
 30 & & 4 \times 56 \\
 x \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} & & \frac{1.12 \text{ mg}}{4}
 \end{array}$$

空气中甲醛的含量为 $x = \frac{30 \times \frac{1.12 \text{ mg}}{4}}{4 \times 56 \times 1 \text{ L}} = 0.0375 \text{ mg/L}$, 通过计算可知该新居室内甲醛含量小于 0.1 mg/L , 即说明甲醛含量达标。

【题型2 物质组成的测定】

3. 某学习小组在实验室中利用如图装置(夹持装置略去)测定某铁硫化物(Fe_xS_y)的组成,并探究反应后D装置所得溶液中含硫化合物的组成。



实验步骤:

步骤 I: 如图连接装置,检查装置气密性,装入试剂;

步骤 II: 旋开分液漏斗活塞与旋塞,并点燃酒精喷灯;

步骤 III: 足够长时间后,D中产生气泡速率变快时,停止加热,继续向烧瓶中滴水一段时间;

步骤 IV: 实验结束后,将D中所得溶液加水配制成 250 mL 溶液。

请回答:

(1) 有同学认为D中应设置防倒吸装置,你认为是否有必要? _____(填“是”或“否”),说明理由: _____。

(2) 步骤 IV 需要的玻璃仪器除 250 mL 容量瓶、烧杯、玻璃棒外,还需要 _____,在步骤 IV 所得溶液的主要溶质为 _____。

(3) 取 25.00 mL 步骤 IV 中所配溶液,加入足量的双氧水,再加入足量盐酸酸化的 BaCl_2 溶液,将所得沉淀过滤、洗涤、干燥,称其质量为 4.66 g 。写出 Fe_xS_y 与 O_2 反应的化学方程式 _____。

设计实验方案检验 Fe_xS_y 与 O_2 反应后产物的金属阳离子 _____。

(4) 若步骤 IV 配制溶液时俯视容量瓶的刻度线,则测得铁硫化物的 $x:y$ 的值 _____(填“偏大”“不影响”或“偏小”)。

【答案】(1) 否 SO_2 中含不溶于 NaOH 溶液的 O_2

(2) 胶头滴管 Na_2SO_3

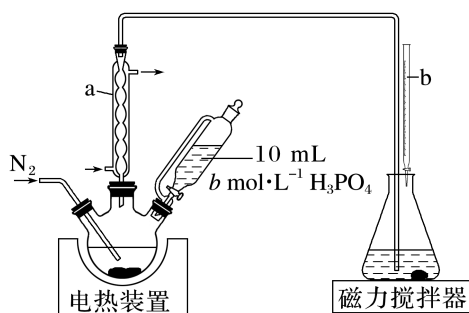
(3) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ 反应后的固体溶于稀盐酸,滴加硫氰化钾溶液,观察是否出现红色 (4) 偏小

【解析】本实验的目的,是利用氧化法将 Fe_xS_y 中的 S 元素氧化为 SO_2 ,然后氧化、沉淀(生成 BaSO_4)测定 S 元素的质量,再利用 Fe_xS_y 的质量得出 Fe 元素的质量,从而求出 Fe_xS_y 中 Fe、S 的原子个数比,最后得出该

化合物的组成。在A装置中,利用 Na_2O_2 与水反应制得 O_2 ,进入B装置中干燥,在C装置中将 Fe_xS_y 氧化为 Fe_2O_3 和 SO_2 ,再用 NaOH 溶液吸收 SO_2 ,生成 Na_2SO_3 和 Na_2SO_4 (部分 Na_2SO_3 被 O_2 氧化为 Na_2SO_4)的混合物。(1)此装置中,不需要防倒吸装置,虽然 SO_2 易溶于水,但是其中还有难溶于水的氧气,不会因为 SO_2 溶于水而使气压迅速降低发生倒吸。(2)步骤Ⅳ中配制250 mL溶液时,因为是要配制一定体积的溶液,所需的玻璃仪器除量瓶、玻璃棒和烧杯外,还有胶头滴管;(3)C装置中产生的气体,主要应为 SO_2 ,所以D中生成 Na_2SO_3 ,取25.00 mL步骤Ⅳ中所配溶液,加入足量的双氧水,将其全部氧化为 Na_2SO_4 ,再加入足量盐酸酸化的 BaCl_2 溶液,所得沉淀为 BaSO_4 ,质量为4.66 g,其物质的量为0.02 mol,250 mL溶液中含S元素的阴离子的物质的量为0.2 mol,根据S原子守恒,12.0 g Fe_xS_y 中 $n(\text{S})=0.2\text{ mol}$, $m(\text{S})=6.4\text{ g}$, $m(\text{Fe})=5.6\text{ g}$, $n(\text{Fe})=0.1\text{ mol}$,所以, $x:y=1:2$,故 Fe_xS_y 的化学式为 FeS_2 ,所以反应的化学反应为 $4\text{FeS}_2 +$

$11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$;反应后产物为氧化铁,含有金属阳离子为铁离子,实验方案为将反应后的固体溶于稀盐酸,滴加硫氰化钾溶液,观察是否出现红色;(4)若步骤Ⅳ配制溶液时俯视容量瓶的刻度线,则所配溶液的体积小于250 mL,故所测硫元素含量偏高,使得铁硫化物的 $x:y$ 的值偏小。

4. 某研究小组为了更准确检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量,设计实验如下:



①三颈烧瓶中加入10.00 g香菇样品和400 mL水;锥形瓶中加入125 mL水、1 mL淀粉溶液,并预加0.30 mL $0.010\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的碘标准溶液,搅拌。

②以 $0.2\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流速通氮气,再加入过量磷酸,加热并保持微沸,同时用碘标准溶液滴定,至终点时滴定消耗了1.00 mL碘标准溶液。

③做空白实验,消耗了0.10 mL碘标准溶液。

④用适量 Na_2SO_3 替代香菇样品,重复上述步骤,测得 SO_2 的平均回收率为95%。

已知: $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4)=7.1\times 10^{-3}$, $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)=1.3\times 10^{-2}$

回答下列问题:

(1)装置图中仪器a、b的名称分别为_____、_____。

(2)三颈烧瓶适宜的规格为_____ (填标号)。

A. 250 mL B. 500 mL C. 1 000 mL

(3)解释加入 H_3PO_4 ,能够生成 SO_2 的原因: _____。

(4)滴定管在使用前需要_____、洗涤、润洗;滴定终点时溶液的颜色为_____;滴定反应的离子方程式为_____。

(5)若先加磷酸再通氮气,会使测定结果_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

(6) 该样品中亚硫酸盐含量为 _____ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (以 SO_2 计, 结果保留三位有效数字)。


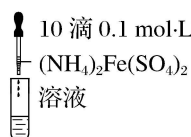
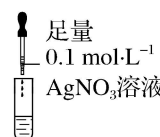
【答案】(1) 球形冷凝管 酸式滴定管 (2) C (3) 加入 H_3PO_4 后, 溶液中存在化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, SO_2 的溶解度随着温度升高而减小, SO_2 逸出后, 促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动

(4) 检漏 蓝色 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (5) 偏低 (6) 80.8

【解析】由题中信息可知, 检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量的原理是用过量的磷酸与其中的亚硫酸盐反应生成 SO_2 , 用氮气将 SO_2 排入到锥形瓶中被水吸收, 最后用碘标准溶液滴定, 测出样品中亚硫酸盐含量。(2) 三颈烧瓶中加入 10.00 g 香菇样品和 400 mL 水, 向其中加入 H_3PO_4 的体积不超过 10 mL。在加热时, 三颈烧瓶中的液体不能超过其容积的 $\frac{2}{3}$, 因此, 三颈烧瓶适宜的规格为 1 000 mL, 选 C。(3) 虽然 $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.1 \times 10^{-3} < K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.3 \times 10^{-2}$, 但是 H_3PO_4 为难挥发性的酸, 而 H_2SO_3 易分解为 SO_2 和水, SO_2 的溶解度随着温度升高而减小, SO_2 逸出后, 促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动。(4) 滴定管在使用前需要检漏、洗涤、润洗; 滴定前, 溶液中的碘被 SO_2 还原为碘离子, 溶液的颜色为无色, 滴定终点时, 过量的半滴碘标准溶液使淀粉溶液变为蓝色且半分钟之内不变色, 因此, 滴定终点时溶液为蓝色; 滴定反应的离子方程式为 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 。(5) 若先加磷酸再通氮气, 则不能将装置中的空气及时排出, 有部分亚硫酸盐和 SO_2 被装置中的氧气氧化, 碘标准溶液的消耗量将减少, 因此会使测定结果偏低。(6) 实验中 SO_2 消耗的碘标准溶液的体积为 $0.30 \text{ mL} + 1.00 \text{ mL} = 1.30 \text{ mL}$, 减去空白实验消耗的 0.10 mL , 则实际消耗碘标准溶液的体积为 1.20 mL , 根据反应 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 可以计算出 $n(\text{SO}_2) = n(\text{I}_2) = 1.20 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L}\cdot\text{mL}^{-1} \times 0.010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1.20 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 由于 SO_2 的平均回收率为 95%, 则实际生成的 $n(\text{SO}_2) = \frac{1.20 \times 10^{-5} \text{ mol}}{0.95} \approx 1.263 \times 10^{-5} \text{ mol}$, 则根据 S 元素守恒可知, 该样品中亚硫酸盐含量为 $\frac{1.263 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 64 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}}{10.00 \text{ g} \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{g}^{-1}} \approx 80.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

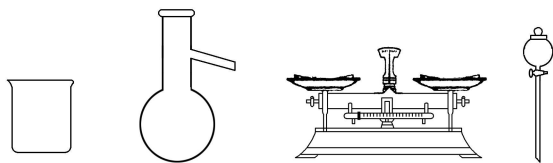
【题型3 物质性质的探究】

5. 某研究性学习小组通过下列实验验证 AgI 沉淀的生成会使 I_2 的氧化能力增强, 可将 Fe^{2+} 氧化。

		
步骤 1	步骤 2	步骤 3

回答下列问题:

(1) 由 AgNO_3 固体配制 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液 50 mL, 下列仪器中不需要使用的有 _____ (填名称), 配制好的溶液应转移到 _____ (填试剂瓶的名称) 中保存。



(2) 步骤 1 的实验现象是 _____;

步骤 2 无明显现象; 步骤 3 最终的实验现象是溶液中生成黄色沉淀, _____。

由此可知, 步骤 3 反应的离子方程式为 _____。

(3) 为了确证 AgI 的生成使 I_2 的氧化能力增强而将 Fe^{2+} 氧化,学习小组在上述实验基础上进行补充实验:分别取少量的 _____ 和步骤 3 试管中的上层清液于试管 a 和试管 b 中,向两支试管中加入过量的 _____,观察到的现象为 _____。

【答案】(1) 蒸馏烧瓶、分液漏斗 棕色细口瓶

(2) 溶液变蓝 溶液蓝色褪去 $I_2 + 2Fe^{2+} + 2Ag^+ \rightleftharpoons 2AgI \downarrow + 2Fe^{3+}$ (3) 步骤 2 中的溶液 $NaOH$ 溶液
试管 a 中蓝色褪去、先出现白色沉淀、迅速变成灰绿色最后变成红褐色,试管 b 中有白色沉淀(转变为褐色沉淀)和红褐色沉淀

【解析】(3) 由于步骤 2 的溶液中有亚铁离子而没有铁离子,要确证 AgI 的生成使 I_2 的氧化能力增强而将 Fe^{2+} 氧化,只要证明步骤 3 的溶液中存在氧化产物铁离子即可,由实验知,步骤 2 溶液中有碘与淀粉混合液和亚铁离子,步骤 3 中加入了过量的硝酸银溶液,则上层清液中银离子与铁离子共存。

6. 某兴趣小组研究 $FeSO_4$ 溶液与 $NaOH$ 溶液反应过程中的物质变化。

(1) 小组实验

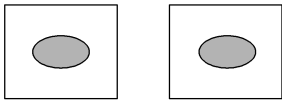


如图,向 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 新制 $FeSO_4$ 溶液中滴加少量 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ $NaOH$ 溶液,生成白色沉淀,迅速变为灰绿色,颜色逐渐加深。充分振荡,静置一段时间后变为红褐色。写出由白色沉淀变为红褐色沉淀的反应的化学方程式: _____。

(2) 探究灰绿色沉淀的成因

猜想 1: 白色沉淀吸附 Fe^{2+} , 呈现灰绿色。

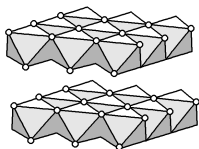
猜想 2: 铁元素部分被氧化后, $Fe(II)$ 、 $Fe(III)$ 形成的共沉淀物为灰绿色。

实验	I	II
操作	 向两片玻璃片中心分别滴加试剂 i 和 ii, 面对面快速夹紧	
试剂 (均为 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$)	i. _____ ii. 2 滴 $NaOH$ 溶液	i. 2 滴 $FeSO_4$ 溶液 1 滴 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液 ii. 2 滴 $NaOH$ 溶液
实验现象	玻璃片夹缝中有白色浑浊。分开玻璃片, 白色浑浊迅速变为灰绿色	玻璃片夹缝中立即有灰绿色浑浊

①将试剂 i 补充完整。

②根据实验现象得出结论, 猜想 _____ 正确。

(3) 探究灰绿色沉淀的结构和组成



资料: i. $Fe(OH)_2$ 层状结构示意图如图, OH^- 位于八面体的顶点, Fe^{2+} 占据八面体的中心。当部分 $Fe(II)$ 被氧化为 $Fe(III)$ 时, 层状结构不被破坏。

ii. Fe^{2+} 在强酸条件下不易被空气氧化; 低浓度的 Cl^- 难以体现还原性。

iii. $I_2 + 2S_2O_3^{2-} == 2I^- + S_4O_6^{2-}$ 。

称取一定量灰绿色沉淀, 用稀盐酸完全溶解后, 定容至 250 mL 得样品液。

①小组同学根据资料推测: 灰绿色沉淀的层间可能嵌入了 SO_4^{2-} , 理由是_____。

通过实验证实了该推测正确, 实验操作和现象是_____。

②取样品液 100.00 mL, 测得其中 SO_4^{2-} 的物质的量为 6.4×10^{-4} mol。

③取样品液 25.00 mL, 用 $0.005\ 0\ mol \cdot L^{-1}$ 酸性 $KMnO_4$ 溶液滴定至终点, 消耗 $KMnO_4$ 溶液 25.60 mL。

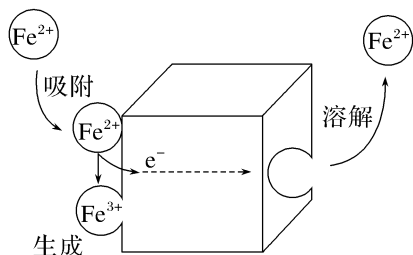
写出该滴定过程中反应的离子方程式:_____。

④取样品液 25.00 mL, 加适量水及 KI 固体静置后, 立即以 $0.025\ mol \cdot L^{-1}$ $Na_2S_2O_3$ 溶液滴定至浅黄色, 加入淀粉溶液后再滴定至蓝色恰好消失, 消耗 $Na_2S_2O_3$ 溶液 12.80 mL。

结论: 用 $Fe(II)_xFe(III)_y(OH)_z(SO_4)_m$ 表示灰绿色沉淀的组成, 则此样品中 $x:y:z:m =$ _____ (取最简整数比)。

(4) 实验反思与改进

有文献指出: 表面吸附的 Fe^{2+} 可与沉淀中已有的 $Fe(III)$ 快速发生电子转移, 使沉淀呈现灰绿色。原理如图所示。



①利用同位素示踪法证明电子转移过程的存在: 将 $^{56}Fe(OH)_3$ 固体与 $^{57}FeSO_4$ 溶液混合得到悬浊液, 一段时间后_____ (将实验测定结果补充完整)。

②小组同学根据文献观点改进了 (1) 中的实验方案, 在试管中获得了可较长时间存在的白色沉淀, 写出合理的实验操作:_____。

【答案】(1) $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O == 4Fe(OH)_3$

(2) ① 2 滴 $FeSO_4$ 溶液和 1 滴蒸馏水 ② 2

(3) ①层状结构不被破坏时, 根据电荷守恒, 当 Fe^{2+} 被部分氧化为 Fe^{3+} 时, 层间需引入阴离子平衡电荷 取少量样品液于试管中, 加 $BaCl_2$ 溶液后生成白色沉淀 (或取少量灰绿色沉淀于试管中, 加足量的稀 HCl 溶

解,加 $BaCl_2$ 溶液后生成白色沉淀)



$\textcircled{4} 4:2:12:1$

(4) ①溶液中检测得到 $^{56}Fe^{2+}$ ②将长滴管插入浓 $NaOH$ 溶液中,缓慢挤入少量 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} FeSO_4$ 溶液(方案合理,体现隔绝空气和减少 Fe^{2+} 的吸附即可)

【解析】(1) 白色沉淀变为红褐色沉淀,说明 $Fe(OH)_2$ 被空气中氧气氧化为 $Fe(OH)_3$,反应的化学方程式为 $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4Fe(OH)_3$ 。

(2) ①实验 I 的目的是验证猜想 1,根据控制单一变量的思想知,试剂 i 应为 2 滴 $FeSO_4$ 溶液和 1 滴蒸馏水。

②实验 I 夹缝中有白色浑浊 $[Fe(OH)_2]$,分开玻璃片,白色浑浊迅速变为灰绿色,说明猜想 1 错误;实验 II 夹缝中立即有灰绿色浑浊,说明猜想 2 正确。(3) ①当 Fe^{2+} 被部分氧化为 Fe^{3+} 时,层状结构不被破坏,根据电荷守恒知,层间需引入阴离子平衡电荷,因此灰绿色沉淀的层间可能嵌入了 SO_4^{2-} 。可以通过检验样品液中含有 SO_4^{2-} 来验证该推测正确。③滴定过程中 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , MnO_4^- 被还原为 Mn^{2+} ,根据得失电子守恒、电荷守恒和原子守恒配平离子方程式为 $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$ 。④ 25.00 mL 样品液中 $n(SO_4^{2-}) = 6.4 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{1}{4} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol}$;根据 $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$,可得关系式: $5Fe^{2+} \sim MnO_4^-$,则 $n(Fe^{2+}) = 5n(MnO_4^-) = 0.005 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 0.025 \text{ L} \times 5 = 6.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$;根据 $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$, $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightleftharpoons 2I^- + S_4O_6^{2-}$,可得关系式:

$2Fe^{3+} \sim I_2 \sim 2S_2O_3^{2-}$,则 $n(Fe^{3+}) = n(S_2O_3^{2-}) = 0.025 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 0.012 \text{ L} = 3.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$;则 $Fe(II)_xFe(III)_y(OH)_z(SO_4)_m$ 中 $x:y:m = 6.4 \times 10^{-4}:3.2 \times 10^{-4}:1.6 \times 10^{-4} = 4:2:1$,根据正负化合价代数和为 0 知, $Fe(II)_4Fe(III)_2(OH)_zSO_4$ 中 $z = 12$ 。则此样品中 $x:y:z:m = 4:2:12:1$ 。(4) ①根据题图知,若电子转移过程存在,则 $^{56}Fe^{2+}$ 会进入到溶液,溶液中可检测到 $^{56}Fe^{2+}$ 。②由上述实验探究过程知,制备 $Fe(OH)_2$ 的关键是隔绝空气,创造无氧环境,并要减少表面吸附的 Fe^{2+} ,故实验操作为将长滴管插入浓 $NaOH$ 溶液中,缓慢挤入少量 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} FeSO_4$ 溶液。

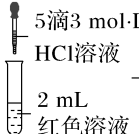
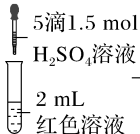
【题型 4 反应原理探究】

7. 实验小组探究酸对 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 平衡的影响。将 $0.005 \text{ mol/L } FeCl_3$ 溶液(接近无色)和 $0.01 \text{ mol/L } KSCN$ 溶液等体积混合,得到红色溶液。取两等份红色溶液,进行如下操作并记录现象。

(1) $FeCl_3$ 水解显酸性的原因是 _____
(用方程式表示)。

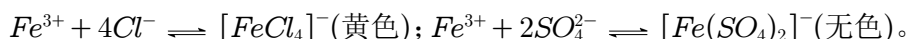
(2) 甲同学认为加入酸后,会使 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 体系中 _____ 浓度改变,导致该平衡正向移动,溶液颜色加深。

[设计并实施实验]

 <p>5滴 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液 2 mL 红色溶液</p>	现象a: 溶液颜色变浅,呈橙色	 <p>5滴 $1.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液 2 mL 红色溶液</p>	现象b: 溶液变为浅黄色
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

[查阅资料]

① Fe^{3+} 和 Cl^- 、 SO_4^{2-} 均能发生络合反应:



② 0.005 mol/L 时, Fe^{3+} 显无色。

实验 I. 探究现象 a 中溶液颜色变化的原因

编号	操作	现象
①	向 2 mL 红色溶液中滴加 5 滴水	溶液颜色无明显变化
②	向 2 mL 红色溶液中滴加 5 滴 3 mol/L KCl 溶液	溶液颜色变浅, 呈橙色

(3) 实验①的目的是_____。

(4) 根据实验①和实验②的结果, 从平衡移动角度解释现象 a: _____。

实验 II. 探究现象 b 中溶液呈浅黄色的原因

编号	操作	现象
③	取 1 mL 0.002 5 mol/L $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液 (无色), 加入 1 mL 0.01 mol/L $KSCN$ 溶液, 再加入 5 滴 1.5 mol/L H_2SO_4 溶液	溶液先变红, 加硫酸后变为浅黄色
④	取 1 mL 0.005 mol/L $FeCl_3$ 溶液, _____	_____

(5) 结合实验③可推测现象 b 中使溶液呈浅黄色的微粒可能有两种, 分别是 $[FeCl_4]^-$ 和_____。

(6) 乙同学进一步补充了实验④, 确证了现象 b 中使溶液呈浅黄色的微粒不是 $[FeCl_4]^-$, 请将实验④的操作及现象补充完整: _____、_____。

【答案】(1) $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$

(2) Fe^{3+} (3) 排除稀释使溶液颜色变化的干扰

(4) 在 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 平衡体系中加入盐酸, 铁离子、氯离子发生络合反应, 使得铁离子浓度减小, 平衡逆向进行, $Fe(SCN)_3$ 离子浓度减小, 溶液颜色变浅, 呈橙色

(5) $Fe(SCN)_3$

(6) 加入 1 mL 蒸馏水, 再加入 5 滴 1.5 mol/L H_2SO_4 溶液 得到无色溶液

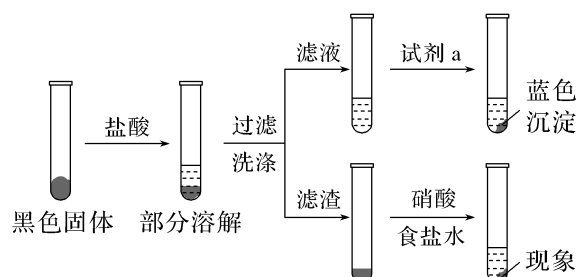
【解析】(1) $FeCl_3$ 水解显酸性的原因是溶液中的铁离子水解, 溶液显酸性, 反应的离子方程式: $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$; (2) 甲同学认为加入酸后, $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$ 平衡逆向移动, Fe^{3+} 浓度增大, 会使 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 平衡正向移动, 溶液颜色加深; (3) 滴入 KCl 溶液时, 溶液被稀释, 实验①滴入相同体积的水, 可以排除稀释使溶液颜色变化的干扰; (4) 由实验①②的现象分析, 从平衡移动角度解释现象 a, Fe^{3+} 和 Cl^- 、 SO_4^{2-} 均能发生络合反应, 在 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 平衡体系中加入盐酸, 铁离子、氯离子发生络合反应, 使得铁离子浓度减小, 平衡逆向进行, $Fe(SCN)_3$ 离子浓度减小, 溶液颜色变浅, 呈橙色; (5) 题干信息, 硫酸铁溶液中加入 $KSCN$ 溶液得到红色溶液, 在加入稀硫酸, 题干中得到 $[Fe(SO_4)_2]^-$ 为无色, 溶液中的离子结合实验③可以推测现象 b 中使溶液呈浅黄色的微粒可能有两种, 为 $[FeCl_4]^-$ 或 $Fe(SCN)_3$; (6) 乙同学进一步补充了实验④, 确证了现象 b 中使溶液呈浅黄色的微粒只能是 (5) 中的一种, 取 1 mL 0.005 mol/L $FeCl_3$ 溶液, 加入 1 mL 蒸馏水, 与实验③加入的 1 mL $KSCN$ 溶液相同的体积, 再加入 5 滴 1.5 mol/L H_2SO_4 溶液, 分析溶液是否变化, 最后得到无色溶液, 说明实验③中溶液呈浅黄色的是 $Fe(SCN)_3$ 。

8. 某化学兴趣小组在隔绝空气条件下, 向硝酸酸化的 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝酸银溶液 ($pH \approx 2$) 中加入过量铁粉, 搅拌后静置, 烧杯底部有黑色固体, 溶液呈黄色。针对实验现象该小组同学设计开展了系列实验, 具体探究过程如下。

已知: $Ag^+ + SCN^- \rightleftharpoons AgSCN$ (白色固体); $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ (红色)

回答下列问题:

(1) 检验黑色产物:取出少量黑色固体,进行如图实验,确认黑色固体中含有 Fe 和 Ag 。



①试剂 a 是_____。

②加入硝酸后观察到_____，

证明黑色固体中含有 Ag 。

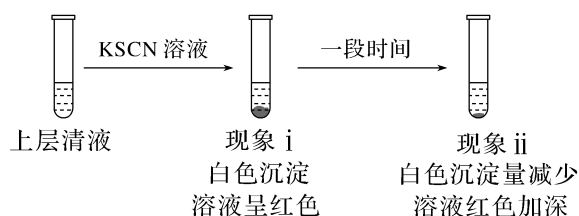
③甲同学认为加入试剂 a 产生蓝色沉淀,不能确定黑色固体中一定含有 Fe ,其理由是_____;

乙同学提出只要在实验过程中增加一步操作就可以解决甲同学的疑问,乙同学改进的操作是_____。

(2) 溶液呈黄色,丙同学认为溶液中含有 Fe^{3+} ,丁同学认为不可能产生 Fe^{3+} ,丁同学的理由是_____。

(用离子方程式回答)。

(3) 针对(2)中争论,3 min 时取上层清液,隔绝空气,设计以下实验证明:



①现象 i 可证明黄色溶液中含有 Fe^{3+} ,分析 Fe^{3+} 的产生有以下三种可能:

a . 铁粉表面有氧化层; b . 酸性溶液中 NO_3^- 将 Fe^{2+} 氧化; c ._____。

查阅资料得知 a 和 b 都不成立。请设计实验证明 b 不成立

_____(简要回答操作步骤、试剂名称、实验现象)。

②试解释现象 ii 中白色沉淀量减少,溶液红色加深的原因_____。

【答案】(1) ① $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液 ② 有气泡冒出、固体逐渐变为白色 ③ 黑色固体表面残留的亚铁离子会干扰实验 将黑色固体使用蒸馏水洗涤 2~3 次,最后一次洗涤液加入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液无蓝色沉淀生成

(2) $2Fe^{3+} + Fe \rightleftharpoons 3Fe^{2+}$

(3) ① 银离子可以氧化亚铁离子 向硝酸酸化的 $0.05 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的硝酸钠溶液中加入足量的铁粉,搅拌充分反

应后静置,取上层清液,加入 $KSCN$ 溶液,溶液不变红,说明 b 不成立 ②银离子和亚铁离子反应生成铁离子: $Ag^+ + Fe^{2+} \rightleftharpoons Ag + Fe^{3+}$,随着反应进行, $Ag^+ + SCN^- \rightleftharpoons AgSCN$ (白色固体) 平衡逆向移动,而 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ (红色) 平衡正向移动,导致 ii 中白色沉淀量减少,溶液红色加深

【解析】通过实验确认黑色固体中含有 Fe 和 Ag 。铁和稀盐酸生成氯化亚铁和氢气,亚铁离子和 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液会生成蓝色沉淀,故试剂 a 是 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液;银不和稀盐酸反应得到滤渣,加入硝酸,银和硝酸反应生成硝酸银和一氧化氮气体,银离子和氯离子生成氯化银沉淀,证明黑色固体含有银;通过对比实验研究某一因素对实验的影响,应该要注意控制研究的变量以外,其他量要相同。(1) ①由分析可知,试剂 a 是 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液。②由分析可知,加入硝酸后观察到有气泡冒出、固体逐渐变为白色,证明黑色固体中含有 Ag 。③黑色固体表面残留的亚铁离子会干扰实验,使得加入试剂 a 产生蓝色沉淀,不能确定黑色固体中一定含有 Fe ;改进的操作是首先将黑色固体使用蒸馏水洗涤 2~3 次,最后一次洗涤液加入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液无蓝色沉淀生成;(2) 丁同学认为不可能产生 Fe^{3+} ,是因为过量的铁会和铁离子反应生成亚铁离子,反应为 $2Fe^{3+} + Fe \rightleftharpoons 3Fe^{2+}$; (3) ①已知: $Ag^+ + SCN^- \rightleftharpoons AgSCN$ (白色固体); $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ (红色);实验中白色沉淀的量减少而溶液红色加深,说明银离子可以氧化亚铁离子为铁离子,故猜想 c 为银离子可以氧化亚铁离子;查阅资料得知 a 和 b 都不成立。设计实验证明 b 不成立,就是需要实验控制溶液中存在硝酸根离子而不存在银离子,进行实验现象对比;故实验设计为:向硝酸酸化的 $0.05 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的硝酸钠溶液中加入足量的铁粉,搅拌充分反应后静置,取上层清液,加入 $KSCN$ 溶液,溶液不变红,说明 b 不成立。②已知: $Ag^+ + SCN^- \rightleftharpoons AgSCN$ (白色固体); $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ (红色);银离子和亚铁离子反应生成铁离子: $Ag^+ + Fe^{2+} \rightleftharpoons Ag + Fe^{3+}$,随着反应进行, $Ag^+ + SCN^- \rightleftharpoons AgSCN$ (白色固体) 平衡逆向移动,而 $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ (红色) 平衡正向移动,导致 ii 中白色沉淀量减少,溶液红色加深。

【题型 5 操作、现象、结论一致性的评价】

9. 下列根据实验操作和现象所得出的结论正确的是 ()

选项	实验操作	实验现象	结论
A	将浓硫酸滴到纸上	纸张变黑	浓硫酸具有吸水性
B	测定等浓度的 Na_2CO_3 和 Na_2SO_3 溶液的 pH	前者 pH 比后者大	非金属性: $S > C$
C	向 2.0 mL 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的 KCl 、 KI 的混合溶液中滴加 1~2 滴 $0.01 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ $AgNO_3$ 溶液,振荡	沉淀呈黄色	$K_{sp}(AgCl) > K_{sp}(AgI)$
D	将甲醇和过量酸性高锰酸钾溶液混合	紫红色褪去或变浅	甲醇被氧化成甲酸

【答案】C

【解析】将浓硫酸滴到纸上,纸张变黑,说明浓硫酸具有脱水性,故 A 错误; H_2SO_3 的酸性比 H_2CO_3 强,但 S 的最高价氧化物对应的水化物为 H_2SO_4 ,则无法判断 S 、 C 的非金属性强弱,故 B 错误;由实验操作和现象可知,碘化银更难溶,则 $K_{sp}(AgCl) > K_{sp}(AgI)$,故 C 正确;甲醇能被酸性高锰酸钾氧化生成甲酸,甲酸分子中含有醛基,能被过量的酸性高锰酸钾氧化,最终产物不是甲酸,故 D 错误。

10. 下列实验中,现象及推论都正确的是 ()

选项	实验操作	现象	推论
A	常温下将 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 晶体与 NH_4Cl 晶体在小烧	烧杯壁变凉	该反应的熵变 $\Delta S <$

	杯中混合		0
B	往盛有 1 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{MgCl}_2$ 溶液的试管中加入 4 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液,再滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液	先有白色沉淀生成,后有红褐色沉淀生成	$K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] < K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$
C	用坩埚钳夹住一小块用砂纸仔细打磨过的铝箔在酒精灯上加热	熔化后的铝滴落下来	铝的熔点较低
D	取 5 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$ 溶液与 1 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液混合,充分反应后,滴加少量 KSCN 溶液	溶液变为红色	化学反应存在限度

【答案】D

【解析】烧杯壁变凉说明反应的焓变 $\Delta H > 0$,该反应有氨气生成,则熵变 $\Delta S > 0$, A 错误; NaOH 溶液过量,两种沉淀均能生成,不能比较 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 和 $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 的相对大小, B 错误;铝箔在酒精灯上加热,表面生成难熔的氧化铝,故被包裹在里面的熔化后的铝难以滴落下来, C 错误。

11. 下列实验操作及现象与结论对应关系正确的是 ()

选项	实验操作及现象	结论
A	加热 NaI 固体和浓磷酸的混合物,有气体产生	浓磷酸的酸性强于氢碘酸
B	分别在 20°C 、 30°C 下,取 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$ 溶液,向其中先加入 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸,再加入淀粉溶液,发生反应 $4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	探究反应速率与温度的关系
C	将 SO_2 通入 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液,出现白色沉淀	SO_2 是酸性氧化物
D	探究氧化铁和乙醇反应得到黑色固体成分,该黑色固体能被磁铁吸引且加入足量稀盐酸,振荡,固体全部溶解,未观察到有气体生成	不能确定是否含有 0 价铁

【答案】D

【解析】加热 NaI 固体和浓 H_3PO_4 溶液可制得 HI ,说明 HI 比 H_3PO_4 易挥发, A 不符合题意; KI 溶液中先加淀粉,后加硫酸,试剂顺序不合理, B 不符合题意; $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入 SO_2 ,发生氧化还原反应生成硫酸钙,则白色沉淀为 CaSO_4 ,体现 SO_2 的还原性, C 不符合题意;由于 Fe 、 Fe_3O_4 均为可以被磁铁吸引的黑色固体,根据反应: $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 \rightleftharpoons 3\text{FeCl}_2$,故 D 符合题意。

12. 下列实验中,对应的实验以及结论都正确且二者具有因果关系的是 ()

选项	实验操作及现象	结论
A	向 2 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液中滴加 3 滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{MgSO}_4$ 溶液,再滴加 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液,先生成白色沉淀,后生成浅蓝色沉淀	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的溶度积比 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的小
B	向某溶液中滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,产生蓝色沉淀	原溶液中有 Fe^{2+}
C	向盛有酸性高锰酸钾溶液的试管中通入足量的乙烯后静置,溶液的紫红色逐渐褪去,溶液分层	乙烯发生了氧化反应
D	探究浓度对反应速率的影响,向 2 支盛有 5 mL 不同浓度 NaHSO_3	反应物浓度越大,反应速率

	溶液的试管中同时加入 2 mL 5% H_2O_2 溶液, 观察实验现象	越快
--	----------------------------------------	----

【答案】B

【解析】 $MgSO_4$ 不足量, $CuSO_4$ 能与溶液中过量的 $NaOH$ 直接反应生成 $Cu(OH)_2$, 不能体现两种沉淀的转化, A 不符合题意; Fe^{2+} 遇 $K_3[Fe(CN)_6]$ 会生成蓝色沉淀, B 符合题意; 乙烯被酸性高锰酸钾溶液氧化, 生成物是 CO_2 , 无难溶于水的有机物生成, 液体不会分层, C 不符合题意; 该反应无明显现象, 无法清晰分辨反应速率快慢, D 不符合题意。

【题型 6 猜想型实验方案的设计】

13. 白粉是生产生活中常用的消毒剂和杀菌剂。实验室有一瓶密封不严的漂白粉样品, 其中肯定存在 $CaCl_2$, 请设计实验, 探究该样品中可能存在的其他固体物质。

(1) 提出合理假设。

假设 1: 该漂白粉未变质, 只含有 _____;

假设 2: 该漂白粉全部变质, 只含有 _____;

假设 3: 该漂白粉部分变质, 既含有 _____,

又含 _____。

(2) 设计实验方案, 进行实验。请写出实验步骤、预期现象和结论。

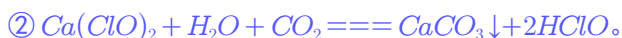
限选用的仪器和药品: 试管、滴管、带导管的单孔塞、蒸馏水、自来水、 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸、品红溶液、新制澄清石灰水。(提示: 不必检验 Ca^{2+} 和 Cl^{-})

实验步骤		预期现象和结论
①	取少量上述漂白粉于试管中, _____	
②	_____	

【解析】

第一步 明确目的原理

设计实验探究漂白粉变质后物质的成分, 涉及反应:



第二步 提出合理假设

根据假设 3 提供的物质及反应原理判断样品中可能含有 $Ca(ClO)_2$ 或 $CaCO_3$ 或二者的混合物。

第三步 寻找验证方法

用 $CaCO_3$ 与盐酸反应产生使澄清石灰水变浑浊的 CO_2 来验证 $CaCO_3$ 的存在。

用 $Ca(ClO)_2$ 与盐酸反应生成能使品红溶液褪色的 $HClO$ 来验证 $Ca(ClO)_2$ 的存在。

第四步 设计操作步骤

① 固体样品中加入稀盐酸, 将产生的气体通入澄清石灰水中 (用于检验 CO_2)。

② 向步骤①反应后的溶液中滴入 1~2 滴品红溶液, 振荡 (用于检验 $HClO$)。

第五步 分析得出结论

若步骤①中石灰水未变浑浊, 则说明样品中无 $CaCO_3$, 即假设 1 成立。

若步骤①中石灰水变浑浊, 且步骤②中品红溶液不褪色, 说明 $CaCO_3$ 存在, 不存在 $Ca(ClO)_2$, 即假设 2 成立。

若步骤①中石灰水变浑浊,且步骤②中品红溶液褪色,说明有 CaCO_3 和 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 存在,即假设3成立。

【答案】

(1) $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ CaCO_3 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

CaCO_3

(2)

实验步骤	预期现象和结论
① 加入适量 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸溶解后,再将产生的气体通入澄清石灰水中	若澄清石灰水未变浑浊,则假设1成立;若澄清石灰水变浑浊,则假设2或假设3成立
② 向步骤①反应后的试管中滴入1~2滴品红溶液,振荡(或另外取样操作)	若品红溶液褪色,则假设1或假设3成立;若品红溶液不褪色,则假设2成立

14. 工业上从废铅蓄电池的铅膏回收铅的过程中,可用碳酸盐溶液与处理后的铅膏(主要成分为 PbSO_4) 发生反应: $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 。某课题组以 PbSO_4 为原料模拟该过程,探究上述反应的实验条件及固体产物的成分。

(1) 室温时,向两份相同的 PbSO_4 样品中分别加入同体积、同浓度的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 溶液均可实现上述转化,在 _____ 溶液中 PbSO_4 转化率较大,理由是 _____。

(2) 查阅文献:上述反应还可能生成碱式碳酸铅 $[2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2]$,它和 PbCO_3 受热都易分解生成 PbO 。该课题组对固体产物(不考虑 PbSO_4) 的成分提出如下假设,请你完成假设二和假设三:

假设一:全部为 PbCO_3 ;

假设二: _____;

假设三: _____。

(3) 为验证假设一是否成立,课题组进行如下研究。请完成下列表格:

实验步骤(不要求写出具体操作过程)	预期的实验现象和结论
取一定量样品充分干燥, _____	

【解析】 (1) Na_2CO_3 溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-})$ 较大,根据平衡移动原理,可知 Na_2CO_3 溶液中 PbSO_4 转化率较大。

(2) 根据题中信息,提出另外两种假设。假设二:全部为碱式碳酸铅 $[2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2]$;假设三:为 PbCO_3 和 $2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2$ 的混合物。(3) 因为 PbCO_3 受热分解不产生水,而 $2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2$ 受热分解产生水,所以可利用此不同设计实验方案。

【答案】 (1) Na_2CO_3 Na_2CO_3 溶液中的 $c(\text{CO}_3^{2-})$ 大

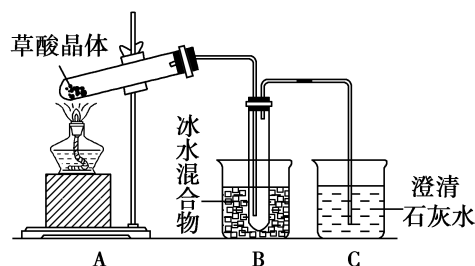
(2) 全部为 $2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2$ 为 PbCO_3 和 $2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb}(\text{OH})_2$ 的混合物

(3)

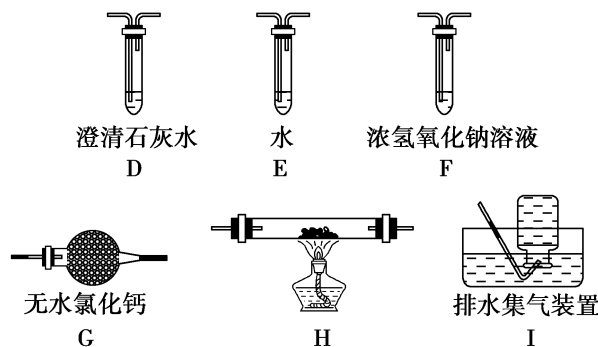
实验步骤(不要求写出具体操作过程)	预期的实验现象和结论
充分加热样品,将产生的气体通入盛有无水硫酸铜的干燥管	若无水硫酸铜不变蓝,则假设一成立; 若无水硫酸铜变蓝,则假设一不成立

【题型7 定性探究实验方案的设计】

15. 草酸(乙二酸)存在于自然界的植物中,其 $K_1 = 5.4 \times 10^{-2}$, $K_2 = 5.4 \times 10^{-5}$ 。草酸的钠盐和钾盐易溶于水,而其钙盐难溶于水。草酸晶体($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$)无色,熔点为 $101^\circ C$,易溶于水,受热脱水、升华, $170^\circ C$ 以上分解。回答下列问题:



- (1) 甲组同学按照如图所示的装置,通过实验检验草酸晶体的分解产物。装置 C 中可观察到的现象是 _____,由此可知草酸晶体分解的产物中有 _____。装置 B 的主要作用是 _____。
- (2) 乙组同学认为草酸晶体分解的产物中还有 CO ,为进行验证,选用甲组实验中的装置 A 、 B 和下图所示的部分装置(可以重复选用)进行实验。



- ① 乙组同学的实验装置中,依次连接的合理顺序为 A 、 B 、_____。装置 H 反应管中盛有的物质是 _____。
- ② 能证明草酸晶体分解产物中有 CO 的现象是 _____。

【解析】第(1)问考查 CO_2 的检验方法, CO_2 能使澄清石灰水变浑浊,还应注意题干中草酸的性质,草酸蒸气对 CO_2 的检验有干扰作用。第(2)①问考查该实验中检验 CO 时对于干扰因素 CO_2 的排除,检验 CO 气体,应先在 H 装置中进行 CO 还原 CuO 的反应,气体进入 H 装置前需除去 CO 中的 CO_2 气体并且检验 CO_2 是否除尽,从 H 装置中导出的气体需用澄清石灰水检验 CO_2 气体的存在,说明是 CO 还原 CuO 。第(2)②考查 CO 检验时现象描述的全面性, CO 还原 CuO 时,黑色的 CuO 变成红色的单质 Cu ,且 CO 的氧化产物是 CO_2 。

【答案】(1) 有气泡逸出,澄清石灰水变浑浊 CO_2 冷凝(水蒸气、草酸等),防止草酸进入装置 C 反应生成沉淀,干扰 CO_2 的检验

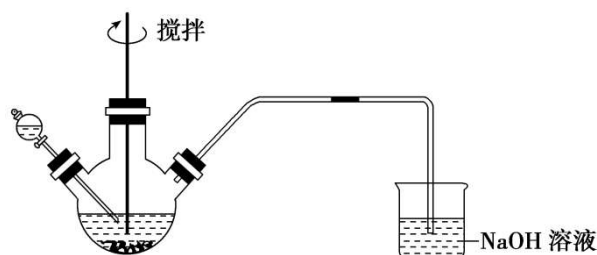
(2) ① F 、 D 、 G 、 H 、 D 、 I CuO (氧化铜)

② 前面 D 中澄清石灰水无现象, H 中黑色粉末变红色,其后的 D 中澄清石灰水变浑浊

16. 化学小组探究 $FeCl_3$ 溶液与 Na_2S 溶液的反应产物,利用如图装置进行如下实验:

I. 向盛有 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} FeCl_3$ 溶液的三颈烧瓶中,滴加一定量 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} Na_2S$ 溶液,搅拌,能闻到臭鸡蛋气味,产生沉淀 A 。

II. 向盛有 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}$ 溶液的三颈烧瓶中, 滴加少量 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液, 搅拌, 产生沉淀 B 。



已知: ① FeS_2 为黑色固体, 且不溶于水和盐酸。

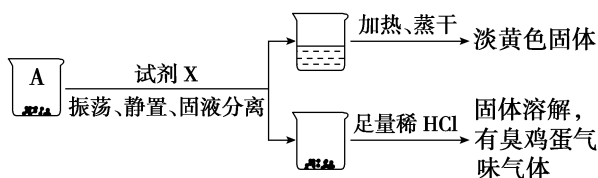
② $K_{sp}(\text{Fe}_2\text{S}_3) = 1 \times 10^{-88}$, $K_{sp}(\text{FeS}_2) = 6.3 \times 10^{-31}$, $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-38}$, $K_{sp}(\text{FeS}) = 4 \times 10^{-19}$ 。

回答下列问题:

(1) NaOH 溶液的作用是 _____。

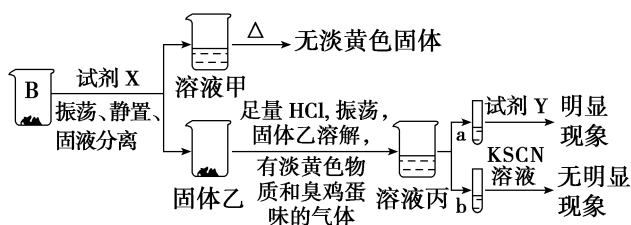
小组同学猜测, 沉淀 A 、 B 可能为 S 、硫化物或它们的混合物。他们设计如下实验进行探究:

实验一: 探究 A 的成分取沉淀 A 于小烧杯中, 进行如下实验:



(2) 试剂 X 是 _____。由此推断 A 的成分是 _____ (填化学式)。

实验二: 探究 B 的成分取沉淀 B 于小烧杯中, 进行如下实验:



(3) 向试管 a 中加入试剂 Y , 观察到明显现象, 证明溶液中存在 Fe^{2+} 。试剂 Y 是 _____, 明显现象是 _____。

由此推断 B 的成分是 _____ (填化学式)。

(4) 请分析 II 中实验未得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的原因是 _____。

【解析】(1) 臭鸡蛋气味的气体是 H_2S , 具有毒性会污染空气, 所以使用 NaOH 溶液进行尾气处理。(2) S 可溶于 CS_2 , 加热烘干后可得到淡黄色的固体硫。固体加入稀 HCl 产生臭鸡蛋气味气体说明含有 FeS , 则 A 是 S 和 FeS 的混合物。(3) Fe^{2+} 可用 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液检验, 若含有 Fe^{2+} 则会生成蓝色沉淀, 也可用 NaOH 溶液检验, 若含有 Fe^{2+} 则会先生成白色沉淀, 然后迅速转化为灰绿色, 最后变成红褐色。由溶液甲加热无淡黄色固体说明不存在硫单质, 加入足量 HCl 产生淡黄色物质说明有硫生成, 臭鸡蛋气味气体说明有 H_2S 生成, 所以硫是由 Fe^{3+} 氧化得到, 则 B 是 Fe_2S_3 。(4) 由溶度积数可知, Fe_2S_3 的溶解度远小于 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 则 Fe^{3+} 更容易生成 Fe_2S_3 沉淀。

【答案】(1) 吸收 H_2S 气体

(2) CS_2 (或二硫化碳) S 、 FeS

(3) 铁氰化钾溶液(或 NaOH 溶液) 产生蓝色沉淀(或产生白色沉淀迅速转化为灰绿色,最后变成红褐色)



(4) 由溶度积数可知, Fe_2S_3 的溶解度远小于 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 则 Fe^{3+} 更容易生成 Fe_2S_3 沉淀

【题型8 实验方案的设计与评价】

17. 某小组利用 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液和酸性 KMnO_4 溶液反应来探究“条件对化学反应速率的影响”。实验时,先分别量取两种溶液,然后倒入试管中迅速振荡混合均匀,开始计时,通过测定褪色所需时间来判断反应的快慢。该小组设计了如下的方案。

编号	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液		酸性 KMnO_4 溶液		温度 / $^{\circ}\text{C}$
	浓度 / $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	体积 / mL	浓度 / $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	体积 / mL	
①	0.10	2.0	0.010	4.0	25
②	0.20	2.0	0.010	4.0	25
③	0.20	2.0	0.010	4.0	50

(1) 已知反应后 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 转化为 CO_2 逸出, KMnO_4 转化为 MnSO_4 。为了观察到紫色褪去, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 与 KMnO_4 初始的物质的量需要满足的关系为 $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4):n(\text{KMnO}_4) \geq$ _____。

(2) 探究温度对化学反应速率影响的实验编号是 _____ (填编号,下同),可探究反应物浓度对化学反应速率影响的实验编号是 _____。

(3) 实验①测得 KMnO_4 溶液的褪色时间为 40 s,忽略混合前后溶液体积的微小变化, 0~40 s 这段时间内平均反应速率 $v(\text{KMnO}_4) =$ _____。

(4) 该小组的同学实验时发现开始时反应产生气泡非常慢,一段时间后反应产生气泡速率明显加快。其原因可能是 _____。

A. 反应放热导致温度升高

B. 压强增大

C. 生成物的催化作用

D. 反应物接触面积增大

该小组对实验①测定反应过程中溶液不同时间的温度,结果如表:

时间 /s	0	5	10	15	20	25	35	40	50
温度 / $^{\circ}\text{C}$	25	26	26	26	26	26	26.5	27	27

结合实验目的和表中数据,你得出的结论是: _____。

【答案】(1) 5:2 (2) ②③ ①②

(3) $1.67 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 或 $0.01 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$

(4) AC 随着反应的进行反应速率明显加快,但是溶液温度变化不是很大,说明温度不是反应速率明显加快的主要原因

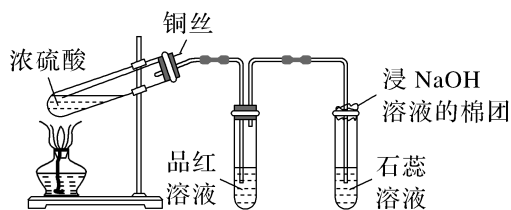
【解析】(1) 高锰酸钾和草酸反应的离子方程式为 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, 为了观察到紫色褪去,草酸应该稍微过量,所以 $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4):n(\text{KMnO}_4) \geq 5:2$ 。(2) 探究温度对化学反应速

率影响,这两组实验应只有温度一个变量,其余条件都相同,所以应该是②③;探究反应物浓度对化学反应速率影响的两组实验应只有反应物浓度一个变量,其余条件都相同,所以应该是①②。(3)0~40 s这段时间内平均反应速率 $v(KMnO_4) = \frac{0.01\text{mol/L} \times 4 \times 10^{-3}\text{L}}{6 \times 10^{-3}\text{L} \times 40\text{s}} = 1.67 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ 或 $0.01 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。(4)

$H_2C_2O_4$ 溶液和酸性 $KMnO_4$ 溶液的反应为放热反应,温度升高,反应速率增大,生成物 Mn^{2+} 对反应也可能有催化作用,而反应在溶液中进行,则压强对反应速率基本没有影响,且随着反应的进行,反应物的面积逐渐减小,故选 AC;结合实验目的和表中数据,得出的结论是随着反应的进行反应速率明显加快,但是溶液温度变化不是很大,说明温度不是反应速率明显加快的主要原因。

18. 某小组在做铜与浓硫酸(装置如下图)的反应实验时,发现有如下的反应现象:

序号	操作	现象
①	加热	铜丝表面变黑
②	继续加热	有大量气泡产生,溶液变为墨绿色浊液,试管底部开始有灰白色沉淀生成。品红溶液褪色
③	再加热	试管中出现“白雾”,浊液逐渐变澄清,溶液颜色慢慢变为浅蓝色,试管底部灰白色沉淀增多
④	冷却,将灰白色固体倒入水中	形成蓝色溶液



[查阅资料] 聚氯乙烯受热分解产生氯化氢, $[CuCl_4]^{2-}$ 呈黄色, $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ 呈蓝色,两者混合则成绿色,铜的化合物中 CuO 、 CuS 、 Cu_2S 都为黑色,其中 CuO 溶于盐酸; CuS 、 Cu_2S 不溶于稀盐酸,但溶于浓盐酸。

(1) 铜丝与浓硫酸反应的化学方程式为_____。

(2) 试管中品红溶液褪色,体现 SO_2 的_____性,浸 $NaOH$ 溶液的棉团的作用是_____。

(3) 甲组同学对实验中形成的墨绿色浊液进行探究,进行下列实验:

	操作	现象
I组	直接取铜丝(表面有聚氯乙烯薄膜)做实验	溶液变成墨绿色
II组	实验前,先将铜丝进行灼烧处理	溶液变蓝

请解释形成墨绿色的原因:_____。

(4) 乙组同学经检验确定白雾的成分为 H_2SO_4 ,请设计实验证明该白雾为硫酸:_____。

(5) 丙组同学取灰白色沉淀加水溶解、过滤,最后沉淀为黑色,取黑色沉淀,进行成分探究:滴加适量稀

盐酸,发现黑色沉淀几乎不溶解,溶液也不变蓝,则说明黑色沉淀中不含有_____。滴加适量浓盐酸,振荡,加热,观察到黑色沉淀几乎完全溶解,生成略呈黄色的 $[CuCl_n]^{2-n}(n=1\sim4)$ 。写出 CuS 与浓盐酸反应的离子方程式:_____。

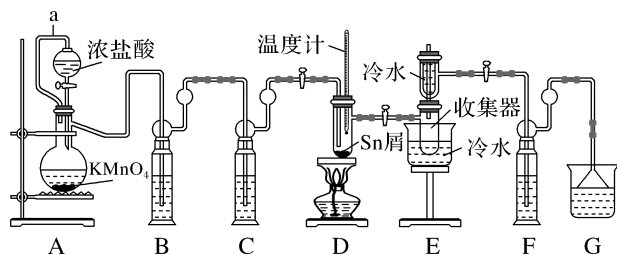
(6)某工厂将热空气通入稀硫酸中来溶解废铜屑制备 $CuSO_4\cdot 5H_2O$,消耗含铜元素80%的废铜屑240 kg时,得到500 kg产品,产率为_____ (结果保留四位有效数字)。

【答案】(1) $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$ (2)漂白 吸收 SO_2 ,防止污染空气 (3)聚氯乙烯受热分解产生氯化氢,氯化氢电离出的氯离子与铜离子形成 $[CuCl_4]^{2-}$ (黄色), $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ 呈蓝色,两者混合则成墨绿色 (4)将白雾通入水中,取其部分,加入紫色石蕊试液变红;另取部分加入盐酸酸化无明显现象,再加入氯化钡,有白色沉淀生成,则说明白雾为硫酸 (5) CuO $CuS + 2H^+ + nCl^- \rightleftharpoons [CuCl_n]^{2-n} + H_2S\uparrow$ (6)66.67%

【解析】(1)铜和浓硫酸反应生成硫酸铜、二氧化硫和水,化学方程式为 $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$ 。(2)品红溶液褪色,体现 SO_2 的漂白性; SO_2 是大气污染物,需要进行尾气处理, SO_2 是酸性氧化物,能与碱液反应,则浸 $NaOH$ 溶液的棉团的作用是吸收 SO_2 ,防止污染空气。(3)结合I组和II组的现象分析知,形成墨绿色浊液与铜丝表面的薄膜有关,结合聚氯乙烯资料信息进行原因分析。(4)检验白雾的成分为 H_2SO_4 ,则检验白雾的水溶液中存在氢离子和硫酸根离子即可,用紫色石蕊试液检验 H^+ ;用 HCl 和 $BaCl_2$ 溶液检验 SO_4^{2-} 。(5)根据资料信息知,黑色沉淀中没有 CuO 。结合题意及原子守恒知浓盐酸与 CuS 反应生成 $[CuCl_n]^{2-n}(n=1\sim4)$ 和 H_2S 。(6) 240 kg 含铜元素80%的废铜屑中 Cu 元素的物质的量为 $\frac{240 \times 10^3 \text{ g} \times 80\%}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3\,000\text{ mol}$,理论上生成 $m(CuSO_4\cdot 5H_2O) = 3\,000\text{ mol} \times 250\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 750\,000\text{ g} = 750\text{ kg}$,故产率为 $\frac{500\text{ kg}}{750\text{ kg}} \times 100\% \approx 66.67\%$ 。

【题型9 实验方案的评价】

19.无水四氯化锡($SnCl_4$)常用作媒染剂和部分有机合成的催化剂。某化学兴趣小组利用如图装置(部分加热装置略)制备 $SnCl_4$ 并测定产品中 Sn^{2+} 含量。



已知:① $SnCl_4$ 熔点为 -33°C ,沸点为 114.1°C ,在潮湿空气中极易潮解(水解生成 $SnO_2\cdot xH_2O$),且熔融 Sn 与 Cl_2 反应生成 $SnCl_4$ 时放出大量的热。

② Sn 熔点为 232°C ,无水 $SnCl_2$ 熔点为 246°C 、沸点为 652°C 。

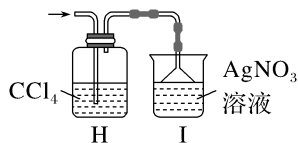
回答下列问题:

(1) a 管的作用是_____。

(2) 装置 *B*、*C* 中的试剂分别为 _____、_____ (填名称)。

(3) 为了获得较纯的产品,当观察 *F* 装置液面上方 _____ 时,再点燃 *D* 处酒精灯。反应制得的产品中可能会含有杂质 SnCl_2 ,为加快反应速率并防止产品中混有 SnCl_2 ,除了通入过量 Cl_2 外,还应控制反应的最佳温度范围为 _____。

(4) 甲同学欲证明装置 *A* 产生的气体中含有 HCl ,设计如图装置进行实验。



乙同学认为,不能确定进入装置 *I* 的气体只有一种,为证明最终进入装置 *I* 的气体只有一种,乙同学提出再加一个装置,即可完成论证。请给出改进方案: _____

—。

(5) 碘氧化法滴定分析产品中 Sn^{2+} 的含量。准确称取 $a \text{ g}$ 产品于锥形瓶中,用蒸馏水溶解,淀粉溶液做指示剂,用 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘标准溶液滴定,发生反应: $\text{Sn}^{2+} + \text{I}_2 = \text{Sn}^{4+} + 2\text{I}^-$ 。滴定终点消耗碘标准溶液 $V \text{ mL}$,则产品中 Sn^{2+} 的质量分数为 _____ (用含 a 、 b 、 V 的代数式表示)。

【答案】(1) 平衡压强,使浓盐酸顺利流下等

(2) 饱和食盐水 浓硫酸

(3) 充满黄绿色气体 232~652 °C

(4) 在装置 *H*、*I* 之间连接一个放有湿润淀粉— KI 试纸或湿润红色布条的试管

(5) $\frac{b \times V \times 119 \times 10^{-3}}{a} \times 100\%$ 或 $\frac{b \times V \times 0.119}{a} \times 100\%$ 或 $\frac{b \times V \times 11.9}{a}$ 等

【解析】由图可知,装置 *A* 制取氯气,由于浓盐酸易挥发,产生的氯气里含有氯化氢气体及水蒸气,*B* 装置试剂为饱和食盐水除去氯化氢,*C* 装置试剂为浓硫酸吸收水蒸气,装置 *D* 生成 SnCl_4 ,在装置 *E* 中冷却后收集,未反应的氯气用氢氧化钠溶液在 *G* 中吸收,防止污染空气,因 SnCl_4 极易水解,应防止 *G* 中产生的水蒸气进入 *E* 中,所以在 *E* 与 *G* 之间设置装有浓硫酸的装置 *F*。据以上分析解答。

(1) *a* 管的作用是平衡压强,使浓盐酸顺利流下等。

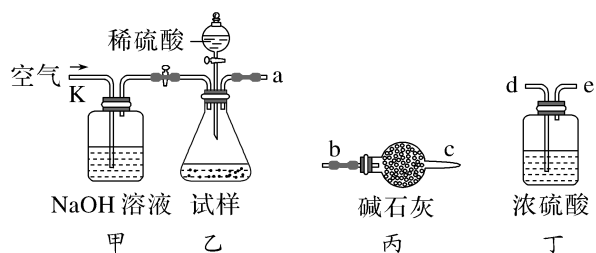
(2) 由分析可知,装置 *B*、*C* 中的试剂分别为饱和食盐水、浓硫酸。(3) 由于 Sn 与空气中的氧气反应, SnCl_4 在空气中极易水解生成 $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$,所以制备 SnCl_4 之前用 Cl_2 排尽装置中的空气,当观察到装置 *F* 中充满黄绿色气体时,表明装置中空气已排尽,可以点燃 *D* 处酒精灯进行反应。锡在熔融状态下与 Cl_2 反应,可知温度要高于 232 °C,又为了减少 SnCl_2 挥发,要低于其沸点 652 °C,温度范围为: 232~652 °C。(4) 只要含有 Cl^- 的溶液都可以与硝酸银生成白色沉淀,改进措施为在装置 *H*、*I* 之间连接一个放有湿润淀粉— KI 试纸或湿润红色布条的试管。(5) 根据 $\text{Sn}^{2+} + \text{I}_2 = \text{Sn}^{4+} + 2\text{I}^-$ 可得: $n(\text{SnCl}_2) = n(\text{I}_2) = bV \times 10^{-3} \text{ mol}$,

$m(\text{Sn}^{2+}) = bV \times 10^{-3} \text{ mol} \times 119 \text{ g/mol} = 0.119bV \text{ g}$,产品中 Sn^{2+} 的质量分数为 $\frac{b \times V \times 119 \times 10^{-3}}{a} \times 100\%$ 。

20. 碱式碳酸镁可用于生产牙膏、医药和化妆品等,化学式为 $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,

某碱式碳酸镁样品中含有 SiO_2 杂质,为测定其纯度,某兴趣小组设计了如下几个方案:

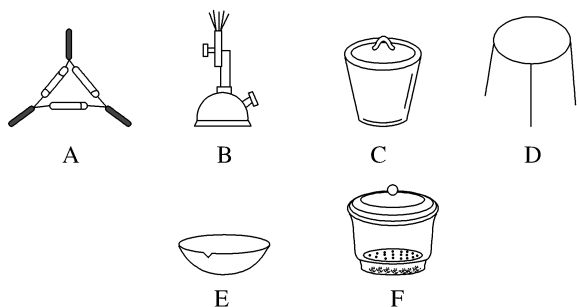
方案 I 取一定质量的样品,与稀硫酸充分反应,通过测定生成 CO_2 的质量计算纯度。



- (1) 乙中发生反应的化学方程式为 _____。
- (2) 仪器接口的连接顺序为 (装置可以重复使用) $a \rightarrow$ _____, 丁的作用是 _____。
- (3) 当样品充分反应后, 缓慢通入空气的目的是 _____。

方案 II ①称取碱式碳酸镁样品 $m \text{ g}$; ②将样品充分高温煅烧, 冷却后称量; ③重复操作②, 测得剩余固体质量为 $m_1 \text{ g}$ 。

- (4) 下列仪器中, 该方案不会用到的是 _____ (填标号)。



- (5) 判断样品完全分解的方法是 _____。
- (6) 有同学认为方案 II 高温煅烧的过程中会发生 $MgCO_3 + SiO_2 \xrightarrow{\text{高温}} MgSiO_3 + CO_2 \uparrow$, 会导致测定结果有误, 你认为这位同学的观点正确吗? _____ (填“正确”或“错误”)。
- 请说明理由: _____。

【答案】(1) $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O + 5H_2SO_4 = 5MgSO_4 + 11H_2O + 4CO_2 \uparrow$ (2) $d \rightarrow e \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow b$ 除去生成的 CO_2 中的水蒸气 (3) 将装置中残留的 CO_2 全部赶出, 使其被完全吸收 (4) E

(5) 将样品连续两次高温煅烧, 冷却称量质量相差 0.1 g 以内 (6) 错误 该反应的发生不影响固体质量差

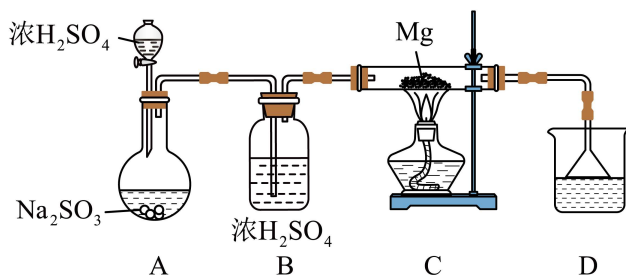
【解析】(1) 乙中发生反应的化学方程式为

$4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O + 5H_2SO_4 = 5MgSO_4 + 11H_2O + 4CO_2 \uparrow$ 。(2) 通过浓硫酸除去水蒸气, 通过干燥管吸收二氧化碳; 气体通过干燥管的方向是“宽进细出”; 为了防止空气中水蒸气、二氧化碳进入吸收测定二氧化碳质量的干燥管, 需要再连接一个干燥管。故仪器接口的连接顺序为 $adebcb$, 丁的作用是除去 CO_2 中的水蒸气。(3) 当样品充分反应完后, 缓慢通入空气的目的是将装置中残留的 CO_2 全部赶出被完全吸收。(4) 该方案不会用到的是 E。(5) 判断样品完全分解的方法是样品连续两次高温煅烧, 冷却称量质量相差 0.1 g 以内。(6) 错误。理由: 该反应的发生不影响生成 CO_2 和水蒸气的量。

► 过关测试

【基础题】

21. (2024·安徽阜阳·模拟) SO_2 和 CO_2 都是酸性氧化物, 它们的化学性质具有一定的相似性。某兴趣小组根据 Mg 与 CO_2 反应: $2Mg + CO_2 = 2MgO + C$, 设计了如图所示装置进行 Mg 与 SO_2 反应的实验。回答下列问题:



(1) 装置 A 中盛放 Na_2SO_3 固体的仪器名称是 _____, 其中发生反应的化学方程式为 _____。

(2) 装置 B 的作用是 _____, 装置 D 中盛放的试剂是 _____。

(3) 为了探究装置 C 中的反应情况, 该小组三位同学做了如下推测:

甲同学推测 Mg 与 SO_2 的反应与 CO_2 相似, 则该反应方程式为 _____。

乙同学的推测是: $2Mg + 3SO_2 \xrightarrow{\Delta} 2MgSO_3 + S$ 。

丙同学的推测是: $3Mg + SO_2 \xrightarrow{\Delta} 2MgO + MgS$ 。

(4) 要验证甲、乙、丙三位同学的推测是否正确, 丁同学作如下实验探究:

[查阅资料] $MgSO_3$ 和 MgS 都微溶于水, 能与盐酸发生复分解反应放出气体。

完成下表实验现象和结论:

实验步骤	预期现象和结论
①取少量反应后所得固体于试管中, 缓慢滴加 _____ 至过量;	
②试管口塞上带导管的单孔塞, 并将导管通入盛有 _____ 溶液的试管中。	

【答案】(1) 圆底烧瓶 $Na_2SO_3 + H_2SO_4(\text{浓}) = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 \uparrow$

(2) 干燥 SO_2 $NaOH$ 溶液

(3) $2Mg + SO_2 \xrightarrow{\Delta} 2MgO + S$

(4) 稀盐酸 品红

【分析】由图所示装置可知, 装置 A 可制备二氧化硫; 装置 B 中浓硫酸起到干燥二氧化硫的作用; 装置 C 中行 Mg 与 SO_2 反应; 装置 D 吸收尾气。

【解析】(1) 由图可知, 装置 A 中盛放 Na_2SO_3 固体的仪器名称是圆底烧瓶; 其中浓硫酸与亚硫酸钠反应制得二氧化硫, 反应的化学方程式为 $Na_2SO_3 + H_2SO_4(\text{浓}) = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 \uparrow$ 。

(2) 根据分析可知, 装置 B 中浓硫酸起到干燥 SO_2 的作用; 装置 D 的作用是吸收尾气 SO_2 , 因此盛放的试剂

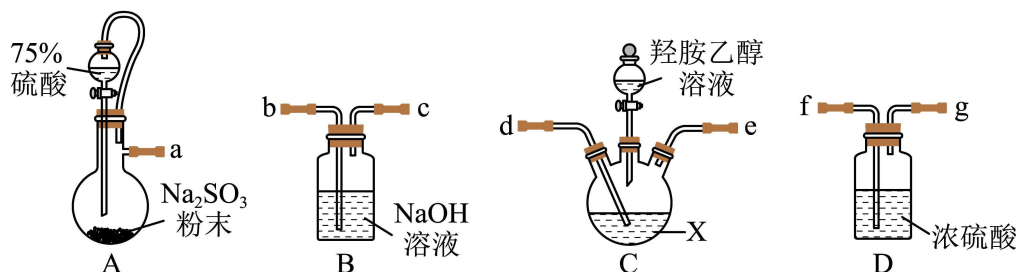
是 NaOH 溶液。

(3) 类比 Mg 与 CO_2 反应: $2\text{Mg} + \text{CO}_2 = 2\text{MgO} + \text{C}$, 可得 Mg 与 SO_2 的反应: $2\text{Mg} + \text{SO}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{MgO} + \text{S}$ 。

(4) ①根据资料, MgSO_3 和 MgS 都能与盐酸发生复分解反应放出气体 SO_2 , 故取少量反应后所得固体于试管中, 缓慢滴加稀盐酸至过量, 若固体完全溶解, 则丙同学的推测正确, 若固体未完全溶解, 则需进一步实验验证;

②甲同学推测生成的产物与稀盐酸反应无 SO_2 生成, 乙同学推测的产物 MgSO_3 能与盐酸发生复分解反应放出气体 SO_2 , 因此在试管口塞上带导管的单孔塞, 并将导管通入盛有品红溶液的试管中, 如果品红褪色, 则生成了 SO_2 , 乙同学推测正确, 如果品红不褪色, 则无 SO_2 生成, 甲同学推测正确。

22. (2025·河北·一模) 氨基磺酸 ($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$) 是一种无味、无毒的固体强酸, 可用于制备金属清洗剂等, 微溶于乙醇, 260°C 时分解, 溶于水时存在反应: $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{NSO}_3\text{H} = \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 。实验室用羟胺 (NH_2OH) 和 SO_2 反应制备氨基磺酸。已知: NH_2OH 性质不稳定, 室温下同时吸收水蒸气和 CO_2 时迅速分解, 加热时爆炸。实验室常用亚硫酸钠粉末与 75% 硫酸制备 SO_2 , 根据下列装置回答相关问题:



(1) 仪器 X 名称为 _____。

(2) 气流从左至右, 导管接口连接顺序为 $a \rightarrow$ _____ (装置可以重复使用)。

(3) 实验过程中, 先旋开 _____ (填“ A ”或“ C ”) 装置的分液漏斗活塞, 后旋开另一个活塞, 其目的是 _____。

(4) D 装置可以用下列装置替代的是 _____ (填标号)。

- a. 盛装饱和食盐水的洗气瓶 b. 盛装品红溶液的洗气瓶
c. 盛装碱石灰的 U 形管 d. 盛装五氧化二磷的 U 形管

(5) 下列说法正确的是 _____ (填标号)。

- a. C 装置应采用热水浴控制温度
b. 本实验应在通风橱中进行
c. 实验完毕后, 采用分液操作分离 C 装置中的混合物
d. A 装置中用饱和亚硫酸钠溶液替代亚硫酸钠粉末可以加快化学反应速率

(6) 产品纯度测定。取 $w \text{ g}$ 氨基磺酸溶于蒸馏水配制成 100 mL 溶液, 准确量取 25.00 mL 配制溶液于锥形瓶中, 滴加几滴甲基橙溶液, 用 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 标准 NaOH 溶液滴定至终点, 消耗 NaOH 溶液的体积为 $V \text{ mL}$ 。产品纯度为 _____ (用含 w 、 c 、 V 的代数式表示)。若选用酚酞溶液作指示剂, 测得结果 _____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

【答案】(1) 三颈烧瓶

(2) $f \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow b$

(3)A 将装置中的空气排尽

(4)d

(5)b

(6) $\frac{38.8cv}{w}\%$ 偏高

【分析】该实验用羟胺(NH_2OH)和 SO_2 反应制备氨基磺酸,用亚硫酸钠粉末与75%硫酸制备 SO_2 ,得到的气体需通入浓硫酸进行干燥,而后通入到装置C中进行反应,反应后需要对 SO_2 进行尾气吸收。

【解析】(1)根据仪器构造,可知仪器X的名称是三颈烧瓶;

(2)依题意,必须先制备干燥的二氧化硫,否则产品会混有杂质硫酸氢铵。用氢氧化钠溶液吸收尾气,要防止氢氧化钠溶液中的水蒸气入装置C,故装置排序为 $a \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow b$;

(3)装置C中反应之前要排尽装置内 CO_2 、水蒸气,即先旋开装置A中分液漏斗活塞,利用 SO_2 将装置中空气排尽;

(4)装置D中浓硫酸用于干燥 SO_2 ,吸收水,可选择装有五氧化二磷的U型管来替代装置D, a 、 b 不能吸收水, c 与 SO_2 反应;故选d;

(5)a. 依题意,羟胺加热时会发生爆炸, a 项错误;

b. 本实验有 SO_2 产生,应在通风橱中进行, b 项正确;

c. 氨基磺酸微溶于乙醇,采用过滤操作分离, c 项错误;

d. 若用饱和亚硫酸钠溶液替代亚硫酸钠粉末,则相当于把浓硫酸稀释,不能加快反应速率, d 项错误;

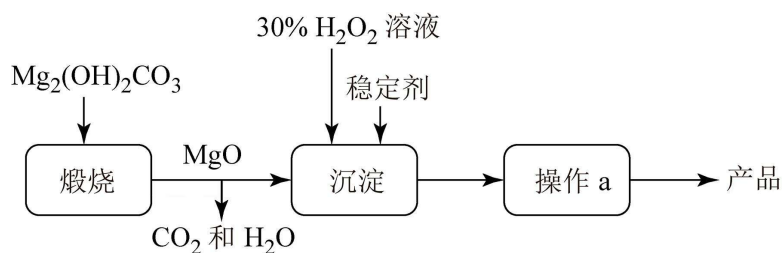
故选b;

(6)氨基磺酸($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$)是一元强酸,与 NaOH 反应化学方程式为 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H} + \text{NaOH} = \text{H}_2\text{NSO}_3\text{Na} +$

H_2O ,根据比例关系,产品纯度为 $\frac{c \times v \times 10^{-3} \times \frac{100}{25} \times 97}{w} \times 100\% = \frac{38.8cv}{w}\%$;若用酚酞作指示剂,消耗氢氧化钠溶液增多,测得结果偏高。

23. (2024·安徽·一模)过氧化镁(MgO_2)不溶于水,与酸反应生成 H_2O_2 ,在医学上可作解酸剂,加热时会分解。某学习小组在实验室进行了制备 MgO_2 以及含量测定的实验。

I. 制备 MgO_2



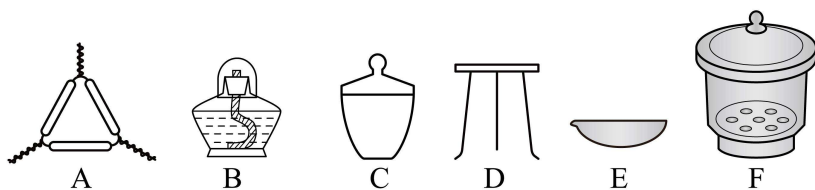
(1)煅烧碱式碳酸镁的操作步骤为:

①称取碱式碳酸镁样品 m_1 克;

②将样品充分高温煅烧,冷却后称量;

③重复操作②,测得剩余固体质量为 m_2 克。

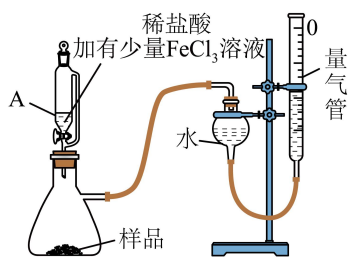
下列仪器中,煅烧碱式碳酸镁不会用到的是_____ (用对应的字母填写)。



(2) 研究表明,由碱式碳酸镁灼烧制备轻质氧化镁比用 $Mg(OH)_2$ 所得产品密度更小、比表面积更大,其原因为_____。

(3) 加入 30% 过氧化氢和稳定剂,再通过一系列操作 a 可得到较纯净的 MgO_2 ,则操作 a 为_____。

II. 测定样品(含 MgO 杂质)中 MgO_2 的纯度。



(4) 稀盐酸中加入少量 $FeCl_3$ 溶液的作用是(用化学方程式表示)_____。

(5) 仪器 A 的名称_____;实验中使用 A 的优点是:_____。

(6) 该小组记录的实验数据如下:样品的质量为 $m\text{ g}$;反应开始前量气管的读数为 $V_1\text{ mL}$;反应结束冷却到室温后量气管的读数为 $V_2\text{ mL}$,已知:室温条件下气体摩尔体积为 $V_0\text{ L/mol}$,则样品中过氧化镁的质量分数为_____%(用含 V_1 、 V_2 、 m 、 V_0 的代数式表示);若反应结束后读取量气管中气体的体积时,液面左高右低,则测得 MgO_2 的质量分数_____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

【答案】(1)E

(2) 碱式碳酸镁分解产生 CO_2 气体,有利于形成粒径更小的 MgO 或生成的 CO_2 可使 MgO 变得更蓬松(答案合理即可)

(3) 过滤、洗涤、干燥

(4) $2H_2O_2 \xrightarrow{FeCl_3} 2H_2O + O_2 \uparrow$ 或 $MgO_2 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O_2$ 和 $2H_2O_2 \xrightarrow{FeCl_3} 2H_2O + O_2 \uparrow$ 或 $2MgO_2 + 4HCl \xrightarrow{FeCl_3} 2MgCl_2 + 2H_2O + O_2 \uparrow$

(5) 恒压分液漏斗/恒压滴液漏斗 便于液体顺利滴下、减小滴入液体的体积对所测气体体积的影响,减少实验误差

(6) $\frac{11.2(V_1 - V_2)}{mV_0}$ 偏小

【分析】碱式碳酸镁煅烧得到 MgO 、 CO_2 和 H_2O , MgO 和双氧水反应生成 MgO_2 ,从液体中通过过滤、洗涤、干燥得到产品;

【解析】(1) 煅烧碱式碳酸镁不会用到的是蒸发皿,即 E;

(2) 由碱式碳酸镁灼烧制备轻质氧化镁比用 $Mg(OH)_2$ 所得产品密度更小、比表面积更大,其原因为碱式碳酸镁分解产生 CO_2 气体,有利于形成粒径更小的 MgO 或生成的 CO_2 可使 MgO 变得更蓬松(答案合理即可);

(3) 加入 30% 过氧化氢和稳定剂,再通过一系列操作 a 可得到较纯净的 MgO_2 ,则操作 a 为过滤、洗涤、干燥;

(4) 稀盐酸中加入少量 $FeCl_3$ 溶液的作用是: $2H_2O_2 \xrightarrow{FeCl_3} 2H_2O + O_2 \uparrow$ 或 $MgO_2 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O_2$ 和 $2H_2O_2 \xrightarrow{FeCl_3} 2H_2O + O_2 \uparrow$ 或 $2MgO_2 + 4HCl \xrightarrow{FeCl_3} 2MgCl_2 + 2H_2O + O_2 \uparrow$;

(2) 防止外界水蒸气进入与 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{MgBr}$ 发生反应

(3) 更好地隔绝了空气和水分

(4) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$

(5) 蒸馏

(6) 77.5%

【分析】 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{Br}$ 和镁屑反应可生成 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{MgBr}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{MgBr}$ 和丙酮反应可生成 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OMgBr}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OMgBr}$ 在酸性条件(饱和氯化铵溶液)下可发生水解反应生成 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$ 。

【解析】(1)

仪器 A 的名称为三口烧瓶(或三颈烧瓶); 2-甲基-2-己醇中的官能团为羟基: $-\text{OH}$, 其电子式为



(2) 干燥管中无水氯化钙的作用为防止外界水蒸气的进入, 导致 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{MgBr}$ 与水反应。

(3) 采用先将乙醚加入, 加热至微沸回流状态, 再依次加入混合液和引发剂, 这样做的好处是更好地隔绝了空气和水分, 防止 RMgBr 与水反应。

(4) 步骤三的反应产物为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$, 若选用 10% H_2SO_4 溶液作为酸性条件, 易导致产物发生分子内脱水反应而产生副产物 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ 、 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ 。饱和氯化铵溶液中铵根离子能发生水解反应而使溶液显酸性, 涉及的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ 。

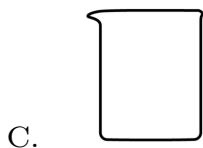
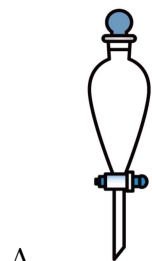
(5) 由于乙醚的沸点为 34.5°C , 2-甲基-2-己醇的沸点为 141°C , 二者沸点相差较大, 则可用蒸馏的方法分离二者的混合物。

(6) 1-溴丁烷的质量为 $8\text{ mL} \times 1.28\text{ g/mL} = 10.24\text{ g}$, 则理论上产生的 2-甲基-2-己醇的质量为 $\frac{10.24\text{ g}}{137} \times 116 \approx 8.67\text{ g}$, 则 2-甲基-2-己醇的产率为 $\frac{6.72\text{ g}}{8.67\text{ g}} \times 100\% \approx 77.5\%$ 。

25. (2024·辽宁·二模) 将铜片放进氯化铁溶液中, 观察到溶液呈无色, 产生红褐色固体, 铜片表面有白色物质。回答下列问题:

I. 探究红褐色固体成分

(1) 过滤得到红褐色固体, 所需的仪器有 _____ (填标号)。



(2) ①取少量红褐色固体加盐酸溶解, 滴加 _____ 溶液(填写试剂名称), 溶液变血红色, 证明是氢氧化铁。

②产生氢氧化铁的原因可能是 _____ (用化学方程式表示)。

II. 查阅资料:

① CuCl 是白色难溶物, 能溶于氨水, 微溶于水, 不溶于酒精; 被空气迅速氧化。

②在酸性条件下, 某些中间价态的离子能发生自身氧化还原反应。

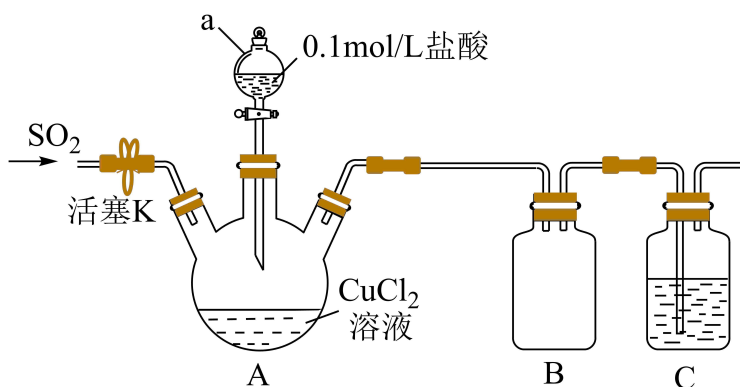
(3) 探究产生白色物质的原因。设计实验方案如下：

实验	铜粉 /g	$FeCl_3 \cdot H_2O$ /g	蒸馏水 /mL	实验现象
1	0.1	1.8	2	棕黄色溶液变为墨绿色
2	0.5	1.8	2	棕黄色溶液变为白色浊液

①由以上实验可知,产生白色物质的条件是_____。

②从氧化还原角度说明实验1中未产生白色物质的原因:_____。

(4) 化学小组用如图装置(部分夹持装置略去)制备 $CuCl$ 。



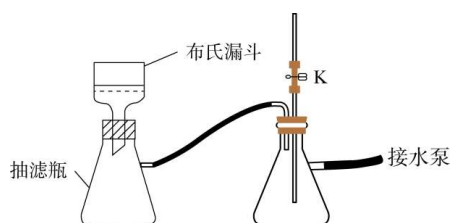
实验步骤:

I. 打开分液漏斗活塞,向三颈瓶中加盐酸调 pH 至 2~3,打开活塞 K ,通入 SO_2 ,溶液中产生白色沉淀,待反应完全后,再通一段时间气体。

II. 将反应混合液过滤、洗涤、干燥得 $CuCl$ 粗产品,纯化后得 $CuCl$ 产品。

①步骤 I 中通入 SO_2 发生反应的离子方程式是_____。

②步骤 II 中采用抽滤法过滤(装置如下图所示)的主要目的是:_____。



【答案】(1)BC

(2) 硫氰化钾 $FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$ 或 $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$

(3) 铜粉过量 Fe^{3+} 氧化性强于 Cu^{2+} , Fe^{3+} 过量时, Cu 不与 Cu^{2+} 反应

(4) $SO_2 + 2Cu^{2+} + 2Cl^- + 2H_2O = 2CuCl \downarrow + SO_4^{2-} + 4H^+$ 快速过滤,防止氯化亚铜被氧化

【分析】三颈烧瓶中通入 SO_2 ,因 SO_2 具有强还原性,在酸性条件性能将氯化铜还原为 $CuCl$,过量的 SO_2 在装置 C 中用 $NaOH$ 溶液吸收,装置 B 作安全瓶,可防止倒吸,据此分析解答;

【解析】(1) 过滤需用到漏斗、烧杯、玻璃棒,故 BC 正确;

(2) ①检验 Fe^{3+} 用硫氰化钾溶液,溶液会变血红色;

②产生氢氧化铁的原因可能是发生反应: $FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$ 或 $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O =$

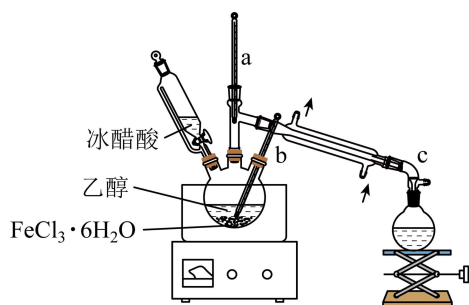
$4Fe(OH)_3$;

(3) 结合表中数据可知铜粉过量时才能产生白色物质;若铜粉不足,因 Fe^{3+} 的氧化性强于 Cu^{2+} ,则加入的铜粉只能与氧化性强的 Fe^{3+} 反应,不能与 Cu^{2+} 反应,因此无法生成 $CuCl$;

(4) ①通入 SO_2 , SO_2 与 $CuCl_2$ 反应生成 $CuCl$ 和硫酸,反应离子方程式: $SO_2 + 2Cu^{2+} + 2Cl^- + 2H_2O = 2CuCl \downarrow + SO_4^{2-} + 4H^+$;

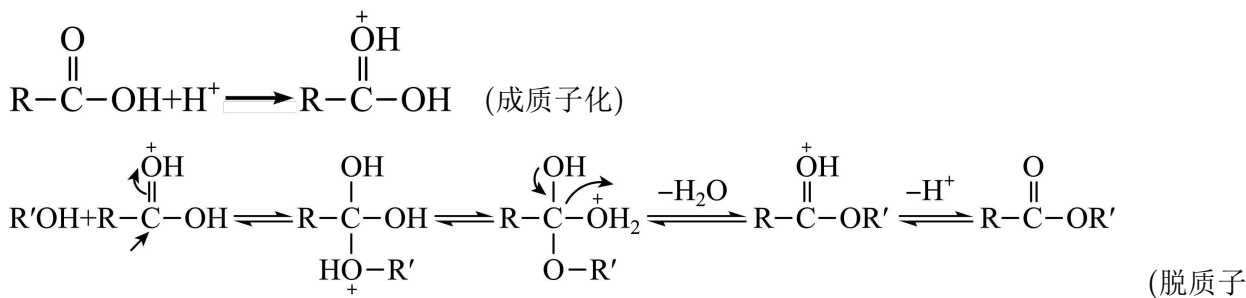
②采用抽滤法过滤可以加快过滤速率,减少固体与空气的接触时间,有效防止氯化亚铜被氧化。

26. (2024·湖北·一模) 乙酸乙酯是极好的工业溶剂,现用如图所示装置进行制备。



步骤如下:向三颈烧瓶中加入 23mL95% 的乙醇 (含 CH_3CH_2OH 0.37mol),再加入 1g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$,向恒压滴液漏斗中加入 14.5mL 冰醋酸 (含 CH_3COOH 0.25mol);按如图所示连接好装置,开始加热,缓缓滴入冰醋酸。

已知: I. 由羧酸和醇反应生成酯的机理如下:



化)

II. 乙醇可与 $CaCl_2$ 结合形成 $CaCl_2 \cdot 6C_2H_5OH$ 难溶物。

(1) 实验中仪器 C 的名称是_____。

(2) 实验中三颈烧瓶适合的容积为_____ (填字母标号,下同)。

A. 50mL B. 100mL C. 250mL D. 500mL

(3) 根据羧酸和醇生成酯的反应机理推测,下列物质中可用作制备乙酸乙酯催化剂的是_____。

A. $NaOH$ B. $AlCl_3$ C. $BaCl_2$ D. HIO_4

(4) 若 $CH_3C^{18}OOH$ 和 CH_3CH_2OH 发生酯化反应,反应后的混合物中,含 ^{18}O 的物质有_____。

A. 乙酸 B. 乙醇 C. 乙酸乙酯 D. 水

(5) 对得到的粗产品提纯:

①向粗产品中加入碳酸钠粉末,至无气体逸出。

②向其中加入饱和氯化钙溶液,主要目的是除去_____。

③分液后向所得有机层中加入无水硫酸钠,以除去_____,过滤后再蒸馏,收集 77°C 左右的馏分 10.5g,该实验所制得的乙酸乙酯的产率为_____ (保留三位有效数字)。

【答案】(1) 尾接管 (或牛角管)

(2) B

(3) BD

(4) ACD

(5) 乙醇 水 47.7%

【解析】(1) 根据仪器构造可知,仪器 C 的名称是尾接管 (或牛角管)。

(2) 实验中药品是 23mL 95% 的乙醇和 14.5mL 冰醋酸,药品总体积不超过 40mL,烧瓶中液体体积不能小于三分之一,不能大于三分之二,因此三颈烧瓶适合的容积为 100mL,故选 B。

(3) 根据酸和醇生成酯的反应机理推测该反应在酸性条件下进行,

A. NaOH 会使生成的酯发生水解,故不能作催化剂,故 A 不符合题意;

B. $AlCl_3$ 水解显酸性,能提供氢离子,故 B 符合题意;

C. 氯化钡是中性溶液,在反应中无法提供氢离子,故 C 不合题意;

D. HIO_4 电离出氢离子显酸性,能提供氢离子,故 D 符合题意;

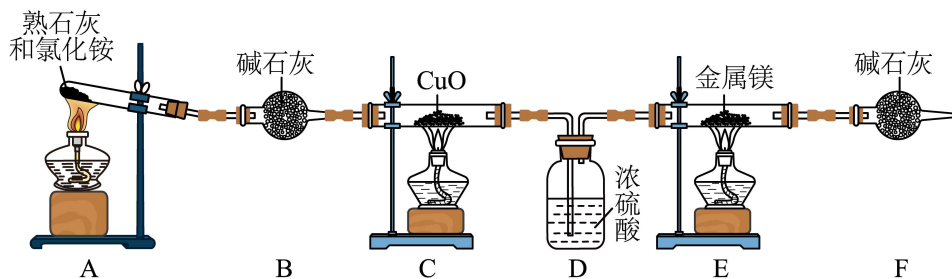
故选 BD。

(4) 由酯化反应机理,成质子化的产物与醇反应时乙醇中的 C—O 键没有断裂,所得产物有 2 个羟基,这 2 个羟基中有 1 个氧原子会转移到水中,则乙醇中没有 ^{18}O , ^{18}O 存在于乙酸、乙酸乙酯和水中,故选 ACD。

(5) 乙酸乙酯中有杂质乙酸和乙醇,加入碳酸钠粉末,至无气体逸出,除去了乙酸,再向其中加入饱和氯化钙溶液,主要目的是除去乙醇。分液后有机物中有残留的水,向所得有机层中加入无水硫酸钠,以除去水。乙酸和乙醇反应制取乙酸乙酯,由给出的物质的量可知,乙醇过量,乙酸的物质的量和乙酸乙酯相同,则得到的乙酸乙酯的质量为 $0.25mol \times 88g/mol = 22g$,则产率为 $\frac{10.5g}{22g} \times 100\% = 47.7\%$ 。

【提升题】

27. (2024·辽宁沈阳·模拟) 氮化镁用途广泛,常用于制备高硬度、高热导、抗腐蚀、抗磨损和耐高温的其他元素的氮化物时作为催化剂。第一次成功合成立方氮化硼时,使用的催化剂就是氮化镁。实验室可用如图装置制取 N_2 并与金属镁反应制取氮化镁。



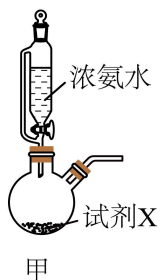
(1) 实验室用熟石灰和氯化铵加热制取氨气的化学方程式为_____。

(2) 装置 C 中氧化铜的作用是氧化氨气制取 N_2 , 其反应的化学方程式为_____。

(3) 装置 D 的作用是_____。

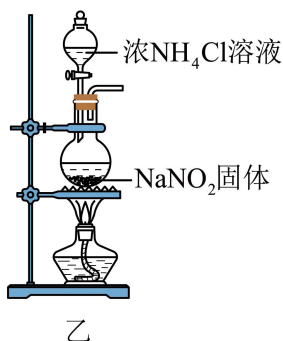
(4) 实验开始时点燃 A 处酒精灯,等到 C 中固体变为红色后再点燃 E 处酒精灯,原因是_____。

(5) 用如图甲装置可快速制取上述实验所需的氨气,其中盛浓氨水的仪器名称为_____,固体试剂 X 可以为_____ (填字母)。



- a. 过氧化钠固体 b. 五氧化二磷固体 c. 生石灰

(6) 实验室还可用 NaNO_2 固体与浓 NH_4Cl 溶液共热制取 N_2 , 装置如图乙所示。该反应的化学方程式为_____。



(7) 若 24.0g 镁放入装置 E 中,实验结束后称得装置 E 增加了 7.0g ,则氮化镁的产率是_____% (保留一位小数)。

【答案】(1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \triangleq \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 \triangleq 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) 吸收未反应的氨气、干燥氮气

(4) 排尽装置中的空气,防止 Mg 与 O_2 反应

(5) 恒压分液漏斗或恒压滴液漏斗 c

(6) $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \triangleq \text{NaCl} + \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(7) 75.0

【分析】 A 装置中利用熟石灰和氯化铵反应制备氨气, B 装置碱石灰干燥氨气, C 装置中氧化铜和氨气发生反应制取氮气, D 装置的作用是吸收氨气并干燥氮气, E 装置中镁和氮气反应生成氮化镁, F 装置的主要作用是防止空气中的水蒸气、 CO_2 进入装置干扰实验。为防止镁与氧气、氨气反应,先利用 C 装置产生的氮气排出装置 E 内的空气,再点燃 E 处酒精灯,据此分析解答。

【解析】(1) 装置 A 中是熟石灰与氯化铵共热制取 NH_3 ,反应的化学方程式为 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \triangleq \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 装置 C 中氧化铜与氨气在加热条件下反应生成铜、氮气、水,反应的化学方程式为 $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 \triangleq 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 装置 D 的作用有两方面,即吸收未反应的氨气和干燥氮气。

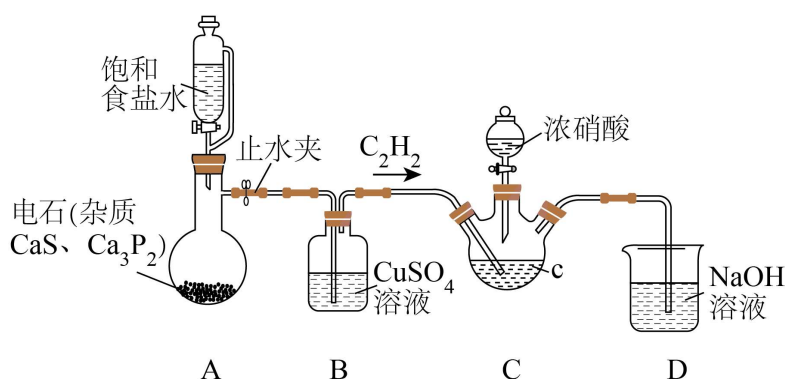
(4) 实验开始时点燃 A 处酒精灯,等到 C 中固体由黑色变为红色后再点燃 E 处酒精灯,原因是排尽装置中的空气,防止 Mg 与 O_2 反应。

(5) 根据仪器结构可知,盛浓氨水的仪器为恒压分液漏斗或恒压滴液漏斗。过氧化钠遇浓氨水可得到氨气,但混有氧气,则 X 不能为过氧化钠;浓氨水滴到五氧化二磷固体,二者发生反应,则 X 不能为五氧化二磷固体;浓氨水滴到生石灰上,发生反应 $\text{CaO} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \uparrow$, 逸出氨气,故选 c 。

(6) 用 NaNO_2 固体与浓 NH_4Cl 溶液共热制取 N_2 , 该反应的化学方程式为 $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \triangleq \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(7) 24.0g 镁的物质的量为 1mol, 由方程式 $3\text{Mg} + \text{N}_2 = \text{Mg}_3\text{N}_2$ 可知, 1mol Mg 和足量的 N_2 反应, 在理论上能够生成 $\frac{1}{3} \text{mol} \text{Mg}_3\text{N}_2$; 装置 E 增加了 7.0g, 则是参加反应的 N_2 的质量, 即参加反应的 N_2 的物质的量为 $\frac{7.0\text{g}}{28\text{g/mol}} = 0.25\text{mol}$, 则实际制得 $0.25\text{mol} \text{Mg}_3\text{N}_2$, 所以氮化镁的产率为 $\frac{0.25}{\frac{1}{3}} \times 100\% = 75.0\%$ 。

28. (2024·四川成都·模拟) 草酸是一种用途广泛的二元有机中强酸, 某同学通过查阅资料设计了如图所示的装置(夹持仪器省略) 制备一定量的草酸晶体 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 回答下列问题:



已知: ①实验室中可以用浓硝酸在 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 的催化作用下氧化 C_2H_2 气体制备草酸

② $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Ag}^+ = \text{Ag}_2\text{C}_2 \downarrow + 2\text{H}^+$

(1) 仪器 C 的名称是 _____, 装置 A 中发生的主要化学反应方程式: _____。

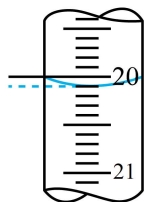
(2) 装置 B 的作用是 _____, B 中 CuSO_4 溶液可选择下列 _____ (填选项) 替代。

A. AgNO_3 溶液 B. CuCl_2 溶液 C. KMnO_4 溶液 D. 30% NaOH 溶液

(3) 装置 C 中发生的化学方程式为 _____。

(4) 装置 C 中反应一般控制在 50°C 左右的原因可能是 _____。

(5) 待反应结束后, 从 C 中分离出草酸晶体的方法是: _____, 过滤, 洗涤, 干燥。然后用 0.1000mol/L 的酸性 KMnO_4 溶液进行滴定以测定其纯度。三次平行滴定实验中消耗 KMnO_4 溶液的体积如下表所示, 其中第一次实验滴定后的液面位置如图所示。



滴定次数	待测溶液体积 /mL	标准溶液的体积 /mL		
		滴定前刻度	滴定后刻度	溶液的体积 /mL

第一次	20.00	0.20	V_1	
第二次	20.00	2.56	23.40	
第三次	20.00	0.22	20.32	

则 $V_1 =$ _____ mL, 待测溶液的草酸浓度为 _____。

【答案】(1) 三颈烧瓶 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$

(2) 除去硫化氢和磷化氢 B

(3) $\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\text{Hg}(\text{NO}_3)_2} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

(4) 浓硝酸受热易分解

(5) 蒸发浓缩、冷却结晶 20.10 0.2500

【分析】由实验装置图可知, 装置 A 中饱和食盐水和电石反应制备乙炔, 硫化钙和磷化钙与水反应生成硫化氢和磷化氢, 反应制得的乙炔气体中混有硫化氢和磷化氢杂质, 装置 B 中盛有的硫酸铜溶液用于除去硫化氢和磷化氢, 装置 C 中乙炔与浓硝酸反应制备草酸, 装置 D 中盛有的氢氧化钠溶液用于吸收二氧化氮, 防止污染空气。

【解析】(1) 仪器 C 为三颈烧瓶; A 中制备乙炔, 发生的主要的化学反应方程式为: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$;

(2) 根据分析, 装置 B 中盛有的硫酸铜溶液的作用为: 除去硫化氢和磷化氢;

乙炔能与硝酸银溶液、高锰酸钾溶液反应, 不选; 氢氧化钠溶液能吸收硫化氢, 但不能对磷化氢吸收效果不好, 故选 CuCl_2 溶液, 选 B ;

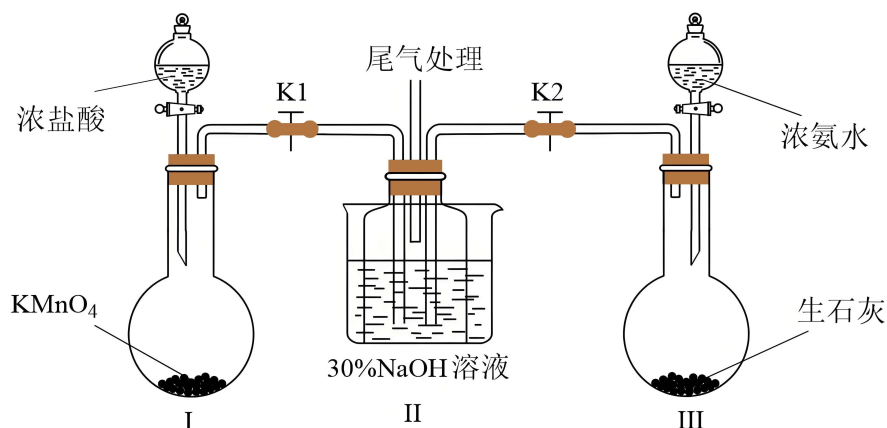
(3) 根据已知信息①, 装置 C 中发生的化学方程式为: $\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\text{Hg}(\text{NO}_3)_2} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$;

(4) 装置 C 中反应一般控制在 50°C 左右的原因可能是: 浓硝酸受热易分解;

(5) 待反应结束后, 从 C 中分离出草酸晶体的方法是: 蒸发浓缩、冷却结晶, 过滤, 洗涤, 干燥。由图可知, $V_1 = 20.10$, 三次消耗高锰酸钾溶液的体积分别为 19.90mL 、 20.84mL 、 20.10mL , 第二次体积误差大, 应舍去, 剩下两组取平均值为: 20.00mL , 草酸和高锰酸钾滴定时的关系式为: $2\text{MnO}_4^- \sim 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 故 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{20.00 \times 0.1000}{20.00} \times 5\text{mol/L} = 0.2500\text{mol/L}$ 。

29. (2024·浙江·模拟) 一氯胺 (NH_2Cl) 是重要的水消毒剂, 在中性环境中易发生水解。某兴趣小组实验室模拟制备一氯胺并测定其含量实验如下:

实验一: 制备 NaClO 溶液 (实验装置图所示)。连接好装置, 检查气密性后, 加入药品, 打开 K_1 关闭 K_2 , 将装置 I 产生的气体通入装置 II 中制备 NaClO 溶液。



实验二:制备 NH_2Cl 一段时间后,关闭 K_1 打开 K_2 ,将装置III产生的气体也通入装置II中制备得到一氯胺。

实验三:测定一氯胺 (NH_2Cl) 含量用移液管移取 20.00mL 实验后装置II中溶液,加入过量的碘化钾溶液,充分反应后,用 0.100mol/L 的 $Na_2S_2O_3$ 溶液进行滴定。

请回答:

(1) 实验一中用冰水浴控制温度的主要目的为 _____;盛有浓盐酸的仪器名称是 _____。

(2) 请写出实验二制备 NH_2Cl 的化学方程式 _____。

(3) 关于一氯胺 (NH_2Cl) 制备过程中下列说法正确的是 _____。

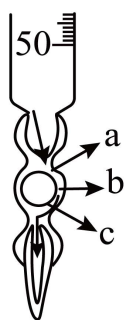
A. 实验一装置I中 $KMnO_4$ 可用 MnO_2 代替

B. 装置II中尾气处理管可以起防倒吸作用

C. 实验二需控制 NH_3 的用量,防止生成多氯胺等杂质

D. NH_2Cl 在中性环境中易发生水解,其原理为 $NH_2Cl + H_2O = HCl + NH_2OH$

(4) 在实验三滴定过程中使用到碱式滴定管(如图所示)。



①选出其正确操作并按顺序列出字母:蒸馏水洗涤 → 加入待装液 3~5mL → _____ → _____ → _____ → _____ → 滴定 _____, _____。

a. 加液至“0”刻度以上 2~3cm; b. 倾斜转动滴定管,使液体润湿滴定管内壁,挤压玻璃球,放液; c.

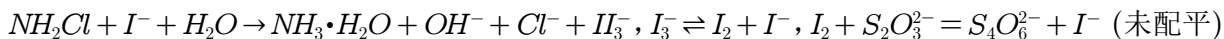
调整至“0”或“0”刻度以下,静止 1min,读数; d. 将滴定管尖端插入锥形瓶内约 1cm; e. 右手拿住滴

定管倾斜 30°,左手迅速打开活塞; f. 橡皮管向上弯曲,挤压玻璃球 a 处,放液; g. 橡皮管向上弯曲,挤

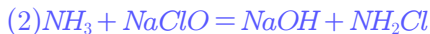
压玻璃球 b 处,放液; h. 橡皮管向上弯曲,挤压玻璃球 c 处,放液。

②判定达到滴定终点的现象是_____。

③三次滴定消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的平均体积为 5.00mL, 则一氯胺的物质的量浓度为_____。已知:



【答案】(1) 防止温度过高, 发生副反应, 生成 NaClO_3 等杂质 分液漏斗



(3) C

(4) bafcd 溶液由蓝色变为无色, 且半分钟颜色不再变化 0.0125mol/L

【分析】装置 I 内 KMnO_4 具有氧化性、浓盐酸有还原性, 两者发生氧化还原反应制取氯气, 氯气进入装置 II 中与 NaOH 溶液反应生成 NaClO , 装置 III 的浓氨水和生石灰反应制取 NH_3 , 氨气进入装置 II 与 NaClO 反应得到 NH_2Cl , 反应方程式为: $\text{NH}_3 + \text{NaClO} = \text{NaOH} + \text{NH}_2\text{Cl}$;

【解析】(1) 实验一的氯气中与 NaOH 溶液反应生成 NaClO , 在较高温度下会产生副产物 NaClO_3 , 所以用冰水浴控制温度的主要目的防止温度过高, 发生副反应, 生成 NaClO_3 等杂质; 根据图示可知, 盛有浓盐酸的仪器是分液漏斗。

(2) 由分析知, 氨气进入装置 II 与 NaClO 反应得到 NH_2Cl , NH_2Cl 中 N 为 -3、Cl 为 +1, 反应方程式为: $\text{NH}_3 + \text{NaClO} = \text{NaOH} + \text{NH}_2\text{Cl}$;

(3) A. 若实验一装置 I 中 KMnO_4 可用 MnO_2 代替需要加热, A 错误;

B. 整套装置有气体参与, 装置 II 中尾气处理管的作用是平衡大气压, B 错误;

C. 实验二需控制 NH_3 的用量, 防止生成多氯胺等杂质, C 正确;

D. 氮的电负性大于氯, 形成 N-Cl 键时, N 显负价, Cl 显正价, 水解时化学方程式为: $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HClO}$, D 错误;

故选: C;

(4) ①碱式滴定管操作步骤: 应先水洗、待量液洗即倾斜转动滴定管, 使液体润湿滴定管内壁, 挤压玻璃球, 放液; 然后装入待量液至“0”刻度以上 2~3cm, 并注意排出气泡即橡皮管向上弯曲, 挤压玻璃球 a 处, 放液; 调节液面在“0”或“0”刻度以下, 读数并记录; 最后将滴定管尖端插入锥形瓶内约 1cm, 进行滴定操作至终点, 记录终点读数。所以其正确操作顺序为: 蒸馏水洗涤 → 加入待量液 3~5mL → b → a → f → c → d → 滴定;

② NH_2Cl 与碘化钾反应生成 I_3^- , 存在可逆反应 $\text{I}_3^- \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$ 产生碘单质, 遇淀粉溶液变蓝, 又因为 $\text{I}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 判断滴定终点的依据是溶液由蓝色变为无色, 且半分钟颜色不再变化;

③根据题意, 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 物质的量为 $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = cV = 0.100\text{mol/L} \times 5 \times 10^{-3}\text{L} = 0.5 \times 10^{-3}\text{mol}$, 由反应 $\text{NH}_2\text{Cl} + 3\text{I}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- + \text{Cl}^- + \text{I}_3^-$, $\text{I}_3^- \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{I}^-$, $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$, 可得关系式 $\text{NH}_2\text{Cl} \sim 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, 得 $n(\text{NH}_2\text{Cl}) = \frac{1}{2}n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.25 \times 10^{-3}\text{mol}$, 20.00mL 溶液中一氯胺的物质的量浓度为

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0.25 \times 10^{-3}\text{mol}}{20 \times 10^{-3}\text{L}} = 0.0125\text{mol/L}。$$

30. (2024·安徽·模拟) 高铁酸钾是一种新型水处理剂。研究小组利用次氯酸盐间接氧化法合成高铁酸钾, 步骤如下:

①冰水浴条件下向 20mL NaClO (含 NaClO 1.7g) 溶液中加入 NaOH 固体至饱和。

②少量多次加入 6.0g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 固体, 控制温度为 25°C, 不断搅拌, 溶液变成紫红色, 表明有 Na_2FeO_4 生成。

③继续加入 NaOH 固体至饱和, 搅拌至溶液变粘稠, 离心抽滤, 得到 Na_2FeO_4 溶液。

④保持溶液温度 25°C, 加入饱和 KOH 溶液, 搅拌有紫黑色沉淀生成, 过滤得到 K_2FeO_4 粗品。

⑤粗产品经除水、乙醇除碱、乙醚洗涤、干燥等处理后得到 K_2FeO_4 固体。

已知: $NaCl$ 、 $NaNO_3$ 在强碱中的溶解度小, Na_2FeO_4 在强碱中的溶解度大。

回答下列问题:

(1) 实验室用 Cl_2 与 $NaOH$ 溶液制备的 $NaClO$ 溶液的主要杂质是_____。

(2) 步骤②为控制温度为 $25^\circ C$ 可采用_____。

(3) 步骤②中发生反应的化学方程式为_____。

(4) 在下图中普通过滤装置不需要使用的玻璃仪器有_____ (填名称)。



步骤③离心抽滤除去的杂质主要是_____, 不采用普通过滤装置的原因是_____。

(5) 步骤⑤中使用乙醚洗涤的作用和优点是_____。

(6) K_2FeO_4 置于水中会缓慢产生 $Fe(OH)_3$, 试写出反应的化学方程式_____。

【答案】(1) $NaCl$ 和 $NaClO_3$

(2) 冷水浴

(3) $2Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + 3NaClO + 10NaOH = 2Na_2FeO_4 + 3NaCl + 6NaNO_3 + 23H_2O$

(4) 球形干燥管和蒸馏烧瓶 $Fe(OH)_3$ $Fe(OH)_3$ 胶体能够通过滤纸, 不能用普通过滤装置除去

(5) 在洗涤过程中减少 Na_2FeO_4 溶解的损耗, 且乙醚易挥发并于后续干燥

(6) $4K_2FeO_4 + 10H_2O = 4Fe(OH)_3(\text{胶体}) + 3O_2 \uparrow + 8KOH$

【分析】实验室用 Cl_2 与 $NaOH$ 溶液制备的 $NaClO$ 溶液, 然后向饱和 $NaClO$ 溶液中加入 $NaOH$ 固体, 即可得 $NaClO$ 强碱性饱和溶液; 在 $NaClO$ 强碱性饱和溶液中分次加入 $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 固体, 控制温度为 $25^\circ C$ 不断搅拌, 即可得深紫红色 Na_2FeO_4 溶液, 保持溶液温度 $25^\circ C$, 加入饱和 KOH 溶液, 搅拌有紫黑色沉淀生成, 过滤得到 K_2FeO_4 粗品, 粗产品经除水、乙醇除碱、乙醚洗涤、干燥等处理后得到 K_2FeO_4 固体。

【解析】(1) 实验室用 Cl_2 与 $NaOH$ 溶液制备的 $NaClO$ 溶液同时有 $NaCl$ 生成, 若温度较高, Cl_2 与 $NaOH$ 溶液反应还会生成 $NaClO_3$, 则主要杂质是 $NaCl$ 和 $NaClO_3$ 。

(2) 步骤②为控制温度为 $25^\circ C$ 可采用冷水浴。

(3) 步骤②中 $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 被次氯酸钠氧化为 Na_2FeO_4 同时生成 $NaCl$, 根据得失电子守恒和原子守恒配平化学方程式为: $2Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + 3NaClO + 10NaOH = 2Na_2FeO_4 + 3NaCl + 6NaNO_3 + 23H_2O$ 。

(4) 普通过滤时需要漏斗、玻璃棒和烧杯, 不需要球形干燥管和蒸馏烧瓶。步骤③中继续加入 $NaOH$ 固体至饱和, 搅拌至溶液变粘稠, 溶液中未转换为 Na_2FeO_4 的 Fe^{3+} 会转化为 $Fe(OH)_3$ 胶体, 离心抽滤除去的杂质主要是 $Fe(OH)_3$, 不采用普通过滤装置的原因是: $Fe(OH)_3$ 胶体能够通过滤纸, 不能用普通过滤装置除去。

(5) Na_2FeO_4 可溶于水, 难溶于乙醚, 步骤⑤中使用乙醚洗涤的作用和优点是: 在洗涤过程中减少 Na_2FeO_4 溶解的损耗, 且乙醚易挥发并于后续干燥。

(6) K_2FeO_4 置于水中会缓慢产生 $Fe(OH)_3$ 胶体, Fe 元素由 $+6$ 价下降到 $+3$ 价, O 元素由 -2 价上升到 0 价, 该反应过程中还有 O_2 产生, 根据得失电子守恒和原子守恒配平化学方程式为: $4K_2FeO_4 + 10H_2O = 4Fe(OH)_3(\text{胶体}) + 3O_2 \uparrow + 8KOH$ 。

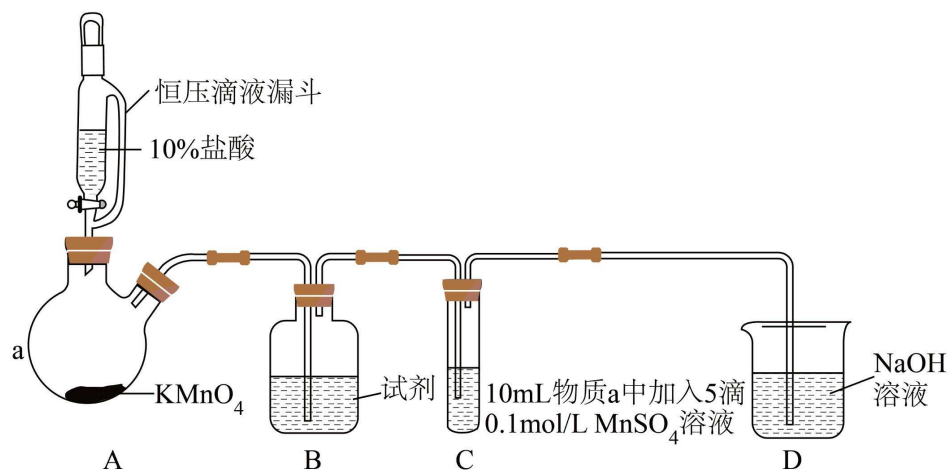
31. (2024·湖南衡阳·模拟) 某小组同学探究不同条件下氯气与二价锰化合物的反应。

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)：



实验	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) 仪器 a 的名称为_____。

(2) B 中试剂是_____。

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

(4) 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_____。

根据资料 ii, 实验 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^- 。

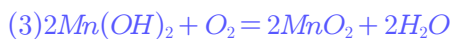
(5) 用化学方程式表示可能导致溶液碱性减弱的原因: _____, 但通过实验测定溶液的碱性变化很小。

(6) 取实验 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。溶液绿色缓慢加深, 原因是 MnO_2 被_____ (填化学式) 氧化, 可证明实验 III 的悬浊液中氧化剂过量。

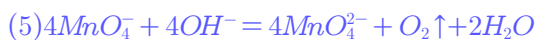
(7) 取实验 II 中放置后的 1 mL 悬浊液, 加入 4 mL 水, 溶液紫色缓慢加深, 发生反应的离子方程式是_____。

【答案】(1) 双颈烧瓶

(2) 饱和 NaCl 溶液



(4) Mn^{2+} 的还原性随溶液碱性的增强而增强



(6) Cl_2



【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, 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, 据此解答:

【解析】(1) 仪器 a 的名称为双颈烧瓶;

(2) 根据以上分析可知 B 中试剂是饱和 NaCl 溶液;

(3) 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的 MnO_2 , 则沉淀由白色变为棕黑色的化学方程式为 $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 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;

(5) 溶液紫色变为绿色是由于在浓碱条件下, MnO_4^- 可被 OH^- 还原为 MnO_4^{2-} , 方程式为 $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- = 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

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

(7) 溶液紫色缓慢加深, 说明 ClO^- 将 MnO_2 氧化为 MnO_4^- , 方程式为 $3\text{ClO}^- + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

32. (2024·湖北·一模) 某研究性学习小组研究过量的 Cu 粉、 Zn 粉和 Mg 粉与 $\text{pH}=1$ 的 0.5 mol/L FeCl_3 溶液的反应, 进行了以下三组实验以探究 FeCl_3 溶液中作为氧化剂的微粒及其还原产物。

(1) 理论分析: 依据金属活动性顺序表, 过量 Cu 、 Zn 、 Mg 中, 不可将 Fe^{3+} 最终还原为 Fe 的是_____。

(2) 实验验证

实验	金属	操作、现象及产物
I	过量 Cu	一段时间后, 溶液逐渐变蓝绿色, 固体中未检测到 Fe 单质
II	过量 Zn	一段时间后有气泡产生, 反应缓慢, pH 逐渐增大, 产生了大量红褐色沉淀后, 无气泡冒出, 此时溶液 pH 为 3~4, 取出固体, 固体中未检测到 Fe 单质
III	过量 Mg	有大量气泡产生, 反应剧烈, pH 逐渐增大, 产生了大量红褐色沉淀后, 持续产生大量气泡, 当溶液 pH 为 3~4 时, 取出固体, 固体中检测到 Fe 单质

①分别取实验 I、II、III 中的少量溶液, 滴加_____ (填化学式) 溶液, 依据特征蓝色沉淀的生成, 证明三组实验都有 Fe^{2+} 生成。

②实验 II 和 III 中产生的红褐色沉淀是_____ (填化学式)。

(3) 探究实验 II 未检测到 Fe 单质的原因。学习小组的同学进行了讨论, 提出了以下三种可能的原因, 并进行实验验证。

- a. 甲同学认为实验Ⅱ中,当 Fe^{3+} 、 H^+ 浓度较大时,即使 Zn 与 Fe^{2+} 反应置换出少量 Fe , Fe 也会被 Fe^{3+} 、 H^+ 消耗。
- b. 乙同学认为在 pH 为 3~4 的溶液中即便生成 Fe 也会被 H^+ 消耗。实验证明了此条件下可以忽略 H^+ 对 Fe 的消耗。
- c. 丙同学认为产生的红褐色沉淀包裹在 Zn 粉上,阻碍了 Zn 与 Fe^{2+} 的反应。实验证实了 Zn 粉被包裹。

①请设计实验验证乙同学的猜想不成立: _____ (填操作和现象)。

②查阅资料: 0.5 mol/L 的 Fe^{3+} 开始沉淀的 pH 约为 1.2,完全沉淀的 pH 约为 3. 结合 a、b 和 c,重新做实验Ⅱ,当溶液 pH 为 3~4 时,不取出固体,先滴入几滴 _____ 溶液,再向固液混合物中持续加入盐酸控制溶液 pH 范围为 _____,待溶液红色消失后,停止加入盐酸,当 pH 为 3~4 时,取出固体,固体中检测到 Fe 单质。

(4) 对比实验Ⅱ和Ⅲ,解释实验Ⅲ的固体中检测到 Fe 单质的原因是 _____。

【答案】(1) 铜单质 (或 Cu)

(2) $K_3[Fe(CN)_6]$ $Fe(OH)_3$

(3) 向 pH 为 3~4 的稀盐酸中加铁粉,一段时间后取出少量溶液,滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液,不产生蓝色沉淀
 $KSCN$ (硫氰化钾) $pH < 1.2$

(4) 加入镁粉后产生大量气泡,使镁粉不容易被 $Fe(OH)_3$ 包裹

【分析】实验Ⅰ中,加入过量的 Cu , Cu 与 Fe^{3+} 发生反应 $Cu + 2Fe^{3+} = Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$,一段时间后,溶液逐渐变为蓝绿色,固体中未检测到 Fe 单质;

实验Ⅱ中,加入过量的 Zn ,发生反应 $Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2\uparrow$,有气泡产生, pH 逐渐增大,使得 Fe^{3+} 转化为红褐色 $Fe(OH)_3$ 沉淀,固体中未检测到 Fe 单质,原因可能是 Fe^{3+} 的干扰以及 $Fe(OH)_3$ 沉淀对锌粉的包裹阻止 Zn 置换 Fe ;

实验Ⅲ中,加入过量 Mg ,发生反应 $Mg + 2H^+ = Mg^{2+} + H_2\uparrow$,由于 Mg 很活泼,该反应非常剧烈, pH 逐渐增大,产生了大量红褐色沉淀后,持续产生大量气泡,当溶液 pH 为 3~4 时,取出固体,固体中检测到 Fe 单质,对比实验Ⅱ和Ⅲ,加入镁粉后产生大量气泡,使镁粉不容易被 $Fe(OH)_3$ 沉淀包裹,因此实验Ⅲ的固体中检测到 Fe 单质。

【解析】(1) 在金属活动性顺序表中, Mg 、 Zn 排在 Fe 之前, Cu 排在 Fe 之后,不可将 Fe^{3+} 最终还原为 Fe 的是 Cu ;

(2) ① Fe^{2+} 与 $K_3[Fe(CN)_6]$ 会生成蓝色的沉淀,因此用 $K_3[Fe(CN)_6]$ 检验 Fe^{2+} ;

② Fe^{3+} 水解离子反应方程式为 $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$,加入的 Mg 或 Zn 会消耗 H^+ ,促进 Fe^{3+} 水解平衡正向移动,使其转化为 $Fe(OH)_3$ 沉淀;

(3) ①若要证明乙同学的猜想不成立,则需要证明,在 pH 为 3~4 的溶液中即便生成 Fe 也不会被 H^+ 消耗,实验方案为:向 pH 为 3~4 的稀盐酸中加铁粉,一段时间后取出少量溶液,滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液,不产生蓝色沉淀;

②结合 a、b 和 c 可知,实验Ⅱ未检测到单质 Fe 的原因可能是的 Fe^{3+} 干扰以及 $Fe(OH)_3$ 沉淀对锌粉的包裹,因此可控制反应条件,在未生成 $Fe(OH)_3$ 沉淀时将 Fe^{3+} 还原,即可排除两个干扰因素,具体操作为:重新做实验Ⅱ,当溶液 pH 为 3~4 时,不取出固体,先加入几滴 $KSCN$ 溶液,再向固-液混合物中持续加入盐酸,控制 $pH < 1.2$,待溶液红色消失后,停止加入盐酸,待 pH 为 3~4 时,取出固体,固体中检测到 Fe 单质;

(4) 对比实验Ⅱ和Ⅲ,加入镁粉后产生大量气泡,使镁粉不容易被 $Fe(OH)_3$ 沉淀包裹,实验Ⅲ的固体中检测

到 Fe 单质。