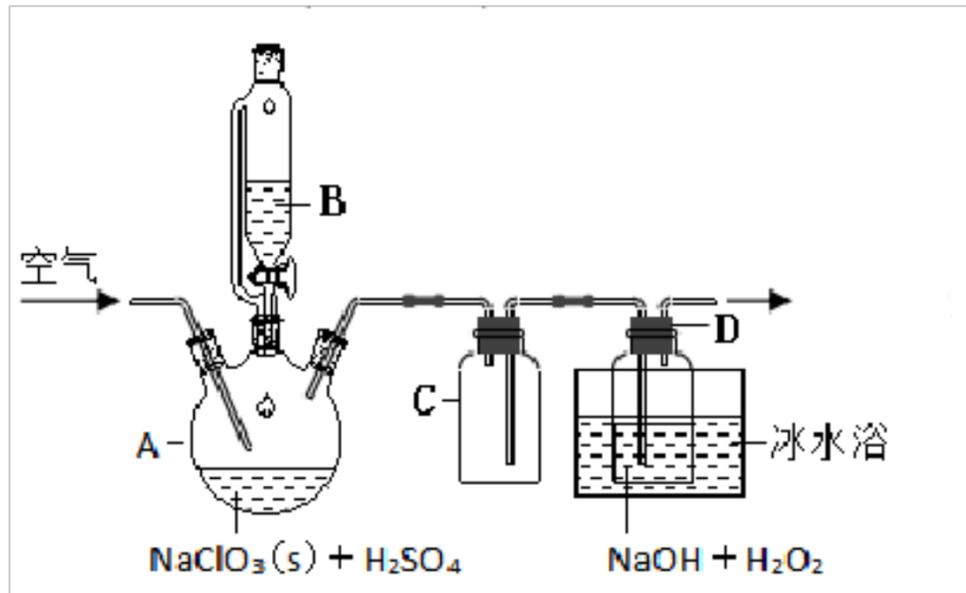


一、高中化学氧化还原反应

1. ClO_2 是一种优良的消毒剂，浓度过高时易发生分解，为了运输和贮存便利常将其制成 NaClO_2 固体，模拟工业上用过氧化氢法制备 NaClO_2 固体的实验装置如图所示。



已知： ClO_2 熔点 -59°C 、沸点 11°C 、 H_2O_2 沸点 150°C

A 中的化学方程式： $2\text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{ClO}_2 + \text{O}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

(1) NaClO_3 放入仪器 A 中，仪器 B 中的药品是_____ (写化学式)。如果仪器 B 改成分液漏斗，实验过程中可能会出现实验现象_____。

(2) C 装置有明显缺陷，请绘出合理的装置图 (标明气流方向)_____。

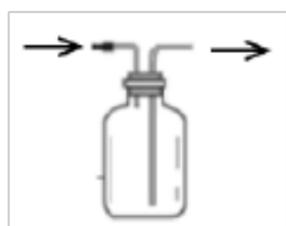
(3) 向 A 装置中通入空气，其作用是赶出 ClO_2 ，然后通过 C 再到 D 中反应。通空气不能过快的原因是_____，通空气也不能过慢原因是_____。

(4) 冰水浴冷却的目的是_____。

a. 降低 NaClO_2 的溶解度 减少 H_2O_2 的分解 使 ClO_2 变为液态 加快反应速率

(5) 写出 D 中发生反应的化学方程式_____， H_2O_2 在反应起到_____作用。假设在反应中消耗掉 H_2O_2 a g 则有_____ mol 电子转移。

【答案】 H_2O_2 液体无法顺利滴落



空气流速快时， ClO_2 不能被充分

吸收 空气流速过慢时， ClO_2 不能及时被移走，浓度过高导致分解 abc

$2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaClO}_2 + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 还原剂 a/17

【解析】

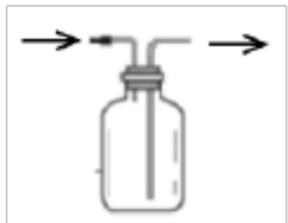
【分析】

氯酸钠 (NaClO_3) 在酸性条件下与过氧化氢生成二氧化氯， ClO_2 与氢氧化钠溶液和过氧化氢发生氧化还原反应生成 NaClO_2 ， NaClO_2 的溶解度随温度升高而增大，通过冷却结晶，过滤洗涤得到晶体 $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

【详解】

(1) NaClO_3 放入仪器 A 中，仪器 B 中的药品是 H_2O_2 ，仪器 B 为滴液漏斗，其目的是平衡气压，使得溶液能够顺利滴入，如果仪器 B 改成分液漏斗，实验过程中可能会出现的现象是：分液漏斗中的液体无法顺利滴落，反应无法继续进行；

(2) 实验中 C 的作用是防止倒吸，C 装置中的右侧导管太短，不利于气体的流动，合理的装置图为：



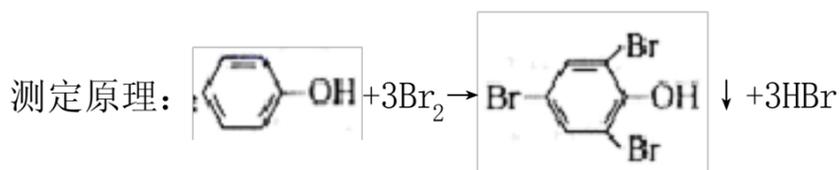
(3) 向 A 装置中通入空气，其作用是赶出 ClO_2 ，然后通过 C 再到 D 中反应。空气流速不能过快，因为空气流速快时， ClO_2 不能被充分吸收；空气流速也不能过慢，空气流速过慢时， ClO_2 不能及时被移走，浓度过高导致分解；

(4) NaClO_2 的溶解度随温度升高而增大，过氧化氢易分解，所以冰水浴冷却的目的是：降低 NaClO_2 的溶解度、减少 H_2O_2 的分解，由于 ClO_2 的沸点较低，所以还能使 ClO_2 变为液态，方便使用；

(5) 写出 D 中发生反应的化学方程式为： $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaClO}_2 + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ， H_2O_2 在反应中得电子，起到还原剂的作用。反应中存在关系： $\text{H}_2\text{O}_2 \sim 2\text{e}^-$ ，若在反应中消耗掉 H_2O_2 a g 则转移的电子的物质的量为： $2 \times a \text{ g} / (34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = a/17 \text{ mol}$

2. 工业上处理含苯酚废水的过程如下。回答下列问题：

I. 测定废水中苯酚的含量。



测定步骤：

步骤 1：准确量取 25.00mL 待测废水于 250mL 锥形瓶中。

步骤 2：将 5.00mL $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓溴水 (量) 迅速加入到锥形瓶中，塞紧瓶塞，振荡。

步骤 3：打开瓶塞，向锥形瓶中迅速加入 b mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液 (过量)，塞紧瓶塞，振荡。

步骤 4：滴入 2~3 滴指示剂，再用 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定至终点，消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $V_1 \text{ mL}$ (反应原理： $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$)。待测废水换为蒸馏水，重复上述步骤 (即进行空白实验)，消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $V_2 \text{ mL}$ 。

(1) 步骤 1”量取待测废水所用仪器是_____。

(2) 为了防止溴的挥发，上述步骤中采取的措施包括迅速加入试剂和_____。

(3) 步骤 4”滴定终点的现象为_____。

(4) 该废水中苯酚的含量为_____ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (用含 V_1 、 V_2 的代数式表示)。如果空白实验中“步骤 2”忘记塞紧瓶塞，则测得的废水中苯酚的含量_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”，下同)；如果空白实验中“步骤 4”滴定至终点时俯视读数，则测得的废水中苯酚的含量_____。

_____。

II.处理废水。采用Ti基 PbO_2 为阳极，不锈钢为阴极，含苯酚的废水为电解液，通过电解，阳极上产生羟基($\cdot OH$)，阴极上产生 H_2O_2 。通过交排列的阴阳两极的协同作用，在各自区域将苯酚深度氧化为 CO_2 和 H_2O 。

(5)写出阳极的电极反应式：_____。

(6)写出苯酚在阴极附近被 H_2O_2 深度氧化的化学方程式：_____。

【答案】(酸式)滴定管 塞紧瓶塞 滴入一滴溶液后，锥形瓶内溶液蓝色恰好褪去，且半分钟

钟不恢复原色 $\frac{94}{15} \frac{V_2 - V_1}{V_2}$ 偏低 偏低 H_2O e^- OH^- H^+

C_6H_5OH $14H_2O$ $6CO_2$ $17H_2O$

【解析】

【分析】

向呈有待测废水加入浓溴水反应后得到三溴苯酚的沉淀，再加入KI溶液与剩下的 Br_2 发生氧化还原反应得到 I_2 ，方程式为 $Br_2 + 2I^- = I_2 + 2Br^-$ ，再用 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定 I_2 ，可根据消耗的 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液的体积和浓度算出溶液中剩余的 Br_2 的物质的量，再设置一个空白实验测出浓溴水的物质的量，用 Br_2 总的物质的量-剩余 Br_2 的物质的量即可得出与苯酚反应的 Br_2 的物质的量，再结合反应方程式得到苯酚的物质的量，从而求出废水中苯酚的含量，结合实验基本操作及注意事项解答问题。

【详解】

(1)由于苯酚显酸性，因此含苯酚的废水为酸性，“步骤1”中准确量取废水时所用的仪器可选用酸式滴定管，故答案为：酸式滴定管；

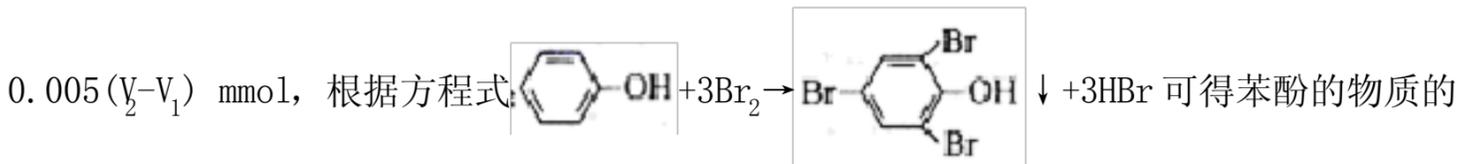
(2)由于溴单质易挥发，因此可采用塞进瓶塞、迅速加入试剂等方法防止其挥发，故答案为：塞紧瓶塞；

(3)用 $0.01mol/L Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定至终点，由于 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液会反应 I_2 ，加入的淀粉遇 I_2 变成蓝色，所以滴定终点的现象为滴入一滴溶液后，锥形瓶内溶液蓝色恰好褪去，且半分钟不恢复原色，故答案为：滴入一滴溶液后，锥形瓶内溶液蓝色恰好褪去，且半分钟不恢复原色；

(4)根据反应方程式可得各物质的物质的量关系式：

$$\begin{array}{cccc} Br_2 & \sim 2KI & \sim I_2 & \sim 2Na_2S_2O_3 \\ 0.005V_1 & & & 0.01V_2 \\ 0.005V_2 & & & 0.01V_1 \end{array}$$

剩下的浓溴水中 Br_2 的物质的量为 $0.005V_1 mmol$ ，将待测废液换成蒸馏水时， $5mL amol/L$ 的浓溴水中 Br_2 的物质的量为 $0.005V_2 mmol$ ，则与苯酚参与反应的 Br_2 的物质的量为



量为 $\frac{0.005 V - V}{3}$ mmol, 质量为 $\frac{94}{3} \frac{0.005 V - V}{3}$ mg, 则该废水中苯酚的含量为

$\frac{94}{25 \times 10^3 L} \frac{0.005 V - V}{3}$ mg $\frac{94}{15} \frac{V - V}{3}$ mg g^{-1} , 若步骤 2 中忘记塞进瓶塞, 溴单质挥发,

导致最终消耗的 $Na_2S_2O_3$ 的体积偏小, 则测得苯酚的含量偏低, 如果空白实验中步骤 4 滴定终点时俯视读数, 读得的体积偏小, 则消耗的 $Na_2S_2O_3$ 的体积偏小, 使测得苯酚的含量

偏低, 故答案为: $\frac{94}{15} \frac{V - V}{3}$; 偏低; 偏低;

(5)由题干信息可知, Ti基 PbO_2 为阳极, 则阳极 H_2O 失去电子产生 $\ominus H$, 电极反应式为 $H_2O - e \rightleftharpoons H^+ + \ominus H$, 故答案为: $H_2O - e \rightleftharpoons H^+ + \ominus H$;

(6)根据题干信息可知, 苯酚被阴极产生的 H_2O_2 深度氧化产生 CO_2 和 H_2O , 有氧化还原反应规律得到其反应方程式为 $C_6H_5OH + 14H_2O_2 \rightleftharpoons 6CO_2 \uparrow + 17H_2O$, 故答案为:

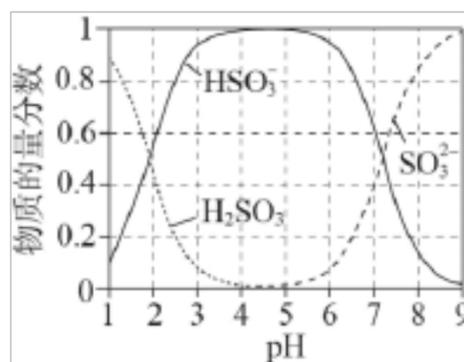
$C_6H_5OH + 14H_2O_2 \rightleftharpoons 6CO_2 \uparrow + 17H_2O$ 。

3. 阳极泥处理后的沉渣中含 $AgCl$, 工业上可用 Na_2SO_3 溶液作浸取剂浸出回收。某小组在实验室模拟该过程。

已知:

i. 25°C 时, 部分物质的溶解度: $AgCl$ 1.9 × 10⁻⁴ g Ag_2SO_3 4.6 × 10⁻⁴ g Ag_2SO_4 0.84 g

ii 25°C 时, 亚硫酸钠溶液酸化过程中含 S^4 微粒的物质的量分数随 pH 变化如图所示。



I. 浸出氯化银

取 $AgCl$ 固体, 加入 1 mol/L Na_2SO_3 溶液作浸取剂, 充分反应后过滤得到浸出液 (pH=8),

该过程中发生的反应为 $AgCl + 2SO_3^{2-} \rightleftharpoons [Ag(SO_3)_2]^{3-} + Cl^-$

(1) 用平衡移动原理解释 $AgCl$ 溶解的原因是_____。

II. 酸化沉银

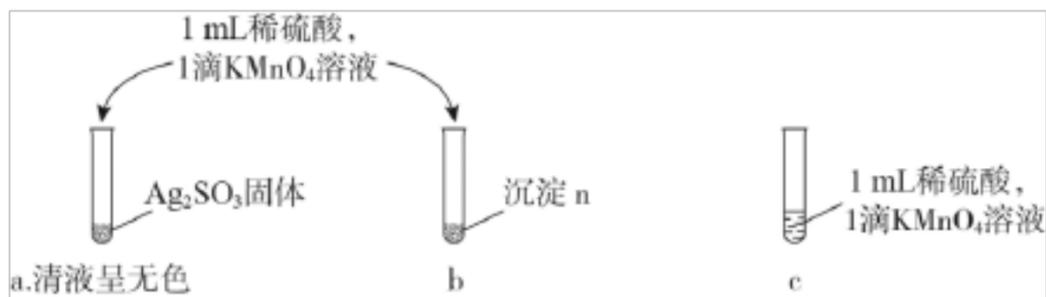


(2) 经检测, 沉淀 m 为 $AgCl$, 则溶液 m 中含 S^4 微粒的主要存在形式是_____。

(3) 探究沉淀 n 的成分。

①甲同学认为沉淀 n 一定不含 Ag_2SO_4 , 其依据是_____。

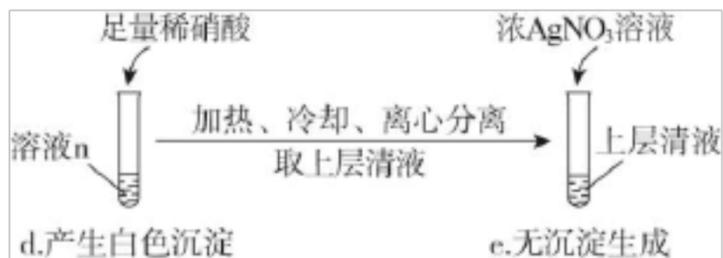
②乙同学认为沉淀 n 可能含 Ag_2SO_3 , 进行实验验证。



i. 本实验设计的依据是： Ag_2SO_3 具有_____性。

ii 乙同学观察到_____，得出结论“沉淀 n 不含 Ag_2SO_3 ”。

③ 丙同学从溶液 n 的成分角度再次设计实验证明沉淀 n 不含 Ag_2SO_3 。



i. 本实验设计的依据是：若沉淀 n 含 Ag_2SO_3 ，则溶液 n 中含 Ag^+ 微粒的总物质的量____（填“>”、“=”或“<”）Cl 物质的量。

ii 结合实验现象简述丙同学的推理过程：_____。

III. 浸取剂再生

(4) 溶液 m 经处理后可再用于浸出 AgCl ，请简述该处理方法_____。

【答案】 $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$ ， Ag^+ 与 SO_3^{2-} 结合生成 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ ，促进 AgCl 的溶解平衡正向移动。 HSO_3^- 的溶解度远大于 AgCl 或 Ag_2SO_3 ，溶液中 Ag^+ 的浓度很小。还原 b 中清液的颜色与 c 相同，均为浅紫色溶液。< 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可知溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(\text{Cl}^-)$ 。加 NaOH 溶液调节 pH 至 9~10。

【解析】

【分析】

I. (1) 利用平衡移动的知识答题即可；

II. (2) 生成沉淀 m 时，溶液 m 的 pH 为 5，观察图像，可以得知 HSO_3^- 的物质的量分数占 100%；

(3) ① 溶液中 Ag^+ 的浓度很小，而 Ag_2SO_4 的溶解度较大，故不会形成 Ag_2SO_4 沉淀；

② 依据 Ag_2SO_3 的还原性答题；

③ e 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可分析出溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(\text{Cl}^-)$ ；

III. (4) m 溶液中的溶质为 NaHSO_3 ，浸取剂为 Na_2SO_3 溶液，需要加入 NaOH 溶液将 NaHSO_3 转化为 Na_2SO_3 。

【详解】

I. (1) $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$ ， Ag^+ 与 SO_3^{2-} 结合生成 $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ ，促进 AgCl 的溶解平衡正向移动；

II. (2) 生成沉淀 m 时，溶液 m 的 pH 为 5，观察图像，可以得知 HSO_3^- 的物质的量分数

占 100%，则溶液 m 中含 S^4 微粒的主要存在形式是 HSO_3^- ；

(3) ① Ag_2SO_4 的溶解度远大于 $AgCl$ 或 Ag_2SO_3 ，溶液中 Ag^+ 的浓度很小；

② i. 酸性 $KMnO_4$ 溶液具有强氧化性， SO_3^{2-} 具有还原性，则该实验涉及的依据是 Ag_2SO_3 具有还原性；

ii. 沉淀中无 Ag_2SO_3 ，则该沉淀不会使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，故可以观察到 a 试管中酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色，b、c 试管中酸性 $KMnO_4$ 溶液依然呈紫色；

③ e 中无沉淀生成，说明清液中没有 Cl^- ，则溶液 n 中加入稀硝酸使 $[Ag(SO_3)_2]^-$ 全部转化为 Ag^+ ， Ag^+ 将 Cl^- 全部沉淀，由此可分析出溶液 n 中含 Ag 元素的微粒总物质的量不小于 $n(Cl^-)$ ；

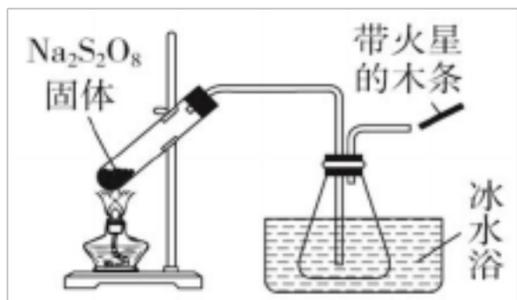
III (4) m 溶液中的溶质为 $NaHSO_3$ ，浸取剂为 Na_2SO_3 溶液，根据曲线图可知，加入 $NaOH$ 溶液调整 pH 到 9-10 即可。

4. 过硫酸钠 ($Na_2S_2O_8$) 具有极强的氧化性，且不稳定，某化学兴趣小组探究过硫酸钠的相关性质，实验如下。已知 SO_3 是无色易挥发的固体，熔点 $16.8^\circ C$ ，沸点 $44.8^\circ C$ 。

(1) 稳定性探究 (装置如图)：

分解原理： $2Na_2S_2O_8 \xrightarrow{\Delta} 2Na_2SO_4 + 2SO_3 \uparrow + O_2 \uparrow$ 。

此装置有明显错误之处，请改正：_____，水槽冰水浴的目的是_____；带火星的木条的现象_____。



(2) 过硫酸钠在酸性环境下，在 Ag^+ 的催化作用下可以把 Mn^{2+} 氧化为紫红色的离子，所得溶液加入 $BaCl_2$ 可以产生白色沉淀，该反应的离子方程式为_____，该反应的氧化剂是_____，氧化产物是_____。

(3) 向上述溶液中加入足量的 $BaCl_2$ ，过滤后对沉淀进行洗涤的操作是_____。

(4) 可用 $H_2C_2O_4$ 溶液滴定产生的紫红色离子，取 20mL 待测液，消耗 $0.1 mol \cdot L^{-1}$ 的 $H_2C_2O_4$ 溶液 30mL，则上述溶液中紫红色离子的浓度为_____ $mol \cdot L^{-1}$ ，若 $Na_2S_2O_8$ 有剩余，则测得的紫红色离子浓度将_____ (填“偏高”“偏低”或“不变”)。

【答案】试管口应该略向下倾斜 冷却并收集 SO_3 木条复燃 $2Mn^{2+} + 5S_2O_8^{2-} + 8H_2O \xrightarrow{Ag^+} 2MnO_4^- + 10SO_4^{2-} + 16H^+$ SO_3 MnO_4^- 用玻璃棒引流，向漏斗中加蒸馏水至没过沉淀，使蒸馏水自然流下，重复操作 2~3 次 (合理即可) 0.06 偏高

【解析】

【分析】

(1) 在试管中加热固体时，试管口应略微向下倾斜；根据 SO_3 、氧气的性质进行分析；

(2) X 为 MnO_4^- ，向所得溶液中加入 $BaCl_2$ 溶液可以产生白色沉淀，则产物中有 SO_4^{2-} ，据此写

出离子方程式，并根据氧化还原反应规律判断氧化剂、氧化产物；

(3) 根据沉淀洗涤的方法进行回答；

(4) 根据得失电子守恒可得到关系式： $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \sim 2\text{MnO}_4^-$ ，带入数值进行计算； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 也具有氧化性，氧化 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 。

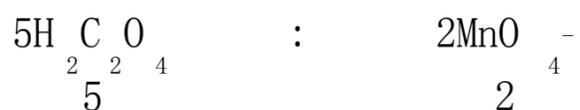
【详解】

(1) 在试管中加热固体时，试管口应略微向下倾斜， SO_3 的熔、沸点均在 0°C 以上，因此冰水浴有利于将 SO_3 冷却为固体，便于收集 SO_3 ，由 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的分解原理可知，生成物中有氧气，所以在导管出气口的带火星的木条会复燃，故答案为：试管口应该略向下倾斜；冷却并收集 SO_3 ；木条复燃；

(2) X为 MnO_4^- ，向所得溶液中加入 BaCl_2 溶液可以产生白色沉淀，则产物中有 SO_4^{2-} ，则反应的离子方程式为 $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Ag}^+} 2\text{MnO}_4^- + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ ，根据该反应中元素化合价的变化可知，氧化剂是 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ，氧化产物是 MnO_4^- ，故答案为： $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Ag}^+} 2\text{MnO}_4^- + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ ； $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ； MnO_4^- ；

(3) 沉淀洗涤时，需要用玻璃棒引流，并且所加蒸馏水需要没过沉淀，需要洗涤2~3次，故答案为：用玻璃棒引流，向漏斗中加蒸馏水至没过沉淀，使蒸馏水自然流下，重复操作2~3次(合理即可)；

(4) 根据得失电子守恒可得到关系式：

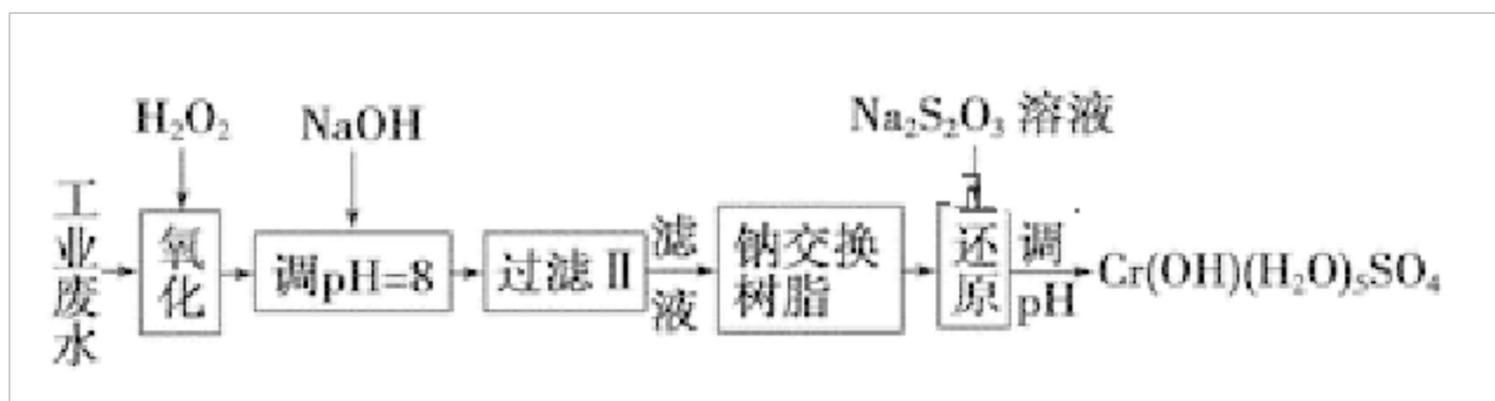


$$0.03\text{L } 0.1\text{molL}^{-1} \quad 0.02\text{L } c \text{ MnO}_4^-$$

则 $c \text{ MnO}_4^- = \frac{2 \times 0.03\text{L} \times 0.1\text{molL}^{-1}}{5 \times 0.02\text{L}} = 0.06\text{molL}^{-1}$ ， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 具有氧化性，消耗的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

溶液增多，导致测得的结果偏高，故答案为：0.06 偏高。

5. 某工业废水中主要含有 Cr^{3+} ，同时还含有少量的 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等，且酸性较强。为回收利用，通常采用如下流程处理：



注：部分阳离子常温下以氢氧化物形式完全沉淀时溶液的pH见下表。

氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$
pH	3.7	9.6	11.1	8	9(>9溶解)

(1) 氧化过程中可代替 H_2O_2 加入的试剂是_____ (填序号)。

A. Na_2O_2 B. HNO_3 C. $FeCl_3$ D. $KMnO_4$

(2) 加入 $NaOH$ 溶液调整溶液 $pH=8$ 时, 除去的离子是_____; 已知钠离子交换树脂的原理: $M^{n+} + nNaR \rightarrow MR_n + nNa^+$, 此步操作被交换除去的杂质离子是_____。

A. Fe^{3+} B. Al^{3+} C. Ca^{2+} D. Mg^{2+}

(3) 还原过程中, 每消耗 $0.8 \text{ mol } Cr_2O_7^{2-}$ 转移 $4.8 \text{ mol } e^-$, 该反应离子方程式为_____。

【答案】 A AB $3S_2O_3^{2-} + 4Cr_2O_7^{2-} + 26H^+ = 6SO_4^{2-} + 8Cr^{3+} + 13H_2O$

【解析】

【分析】

某工业废水中主要含有 Cr^{3+} , 同时还含有少量的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等, 加双氧水把亚铁离子氧化为铁离子, 同时 Cr^{3+} 被氧化为 $Cr_2O_7^{2-}$, 加氢氧化钠调节 $pH=8$, 则 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 转化为氢氧化铁和氢氧化铝沉淀, 过滤, 滤液中主要含有 $Cr_2O_7^{2-}$ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等, 通过钠离子交换树脂, 除去 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} , 然后加 $Na_2S_2O_3$ 把 $Cr_2O_7^{2-}$ 还原为 Cr^{3+} , 再调节 pH 得到 $Cr(OH)(H_2O)_5SO_4$;

(1) 加氧化剂主要目的是把亚铁离子氧化为铁离子, 注意不能引入新的杂质;

(2) 根据表中数据判断; 通过钠离子交换树脂, 除去 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ;

(3) 每消耗 $0.8 \text{ mol } Cr_2O_7^{2-}$ 转移 $4.8 \text{ mol } e^-$, 则 $1 \text{ mol } Cr_2O_7^{2-}$ 转移 6 mol 电子, 所以生成 Cr^{3+} , $S_2O_3^{2-}$ 被氧化为 SO_4^{2-} , 结合得失电子守恒和原子守恒写出离子方程式。

【详解】

某工业废水中主要含有 Cr^{3+} , 同时还含有少量的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等, 加双氧水把亚铁离子氧化为铁离子, 同时 Cr^{3+} 被氧化为 $Cr_2O_7^{2-}$, 加氢氧化钠调节 $pH=8$, 则 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 转化为氢氧化铁和氢氧化铝沉淀, 过滤, 滤液中主要含有 $Cr_2O_7^{2-}$ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等, 通过钠离子交换树脂, 除去 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} , 然后加 $Na_2S_2O_3$ 把 $Cr_2O_7^{2-}$ 还原为 Cr^{3+} , 再调节 pH 得到 $Cr(OH)(H_2O)_5SO_4$;

(1) 加氧化剂主要目的是把亚铁离子氧化为铁离子, 同时不能引入新的杂质, 所以可以用 Na_2O_2 代替 H_2O_2 , 故答案为: A;

(2) 根据表中数据可知, $pH=8$ 时, Fe^{3+} 、 Al^{3+} 转化为氢氧化铁和氢氧化铝沉淀, 则 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 被除去; 通过钠离子交换树脂, 除去 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ;

(3) 每消耗 $0.8 \text{ mol } Cr_2O_7^{2-}$ 转移 $4.8 \text{ mol } e^-$, 则 $1 \text{ mol } Cr_2O_7^{2-}$ 转移 6 mol 电子, 所以生成 Cr^{3+} , $S_2O_3^{2-}$ 被氧化为 SO_4^{2-} , 则反应的离子方程式为: $3S_2O_3^{2-} + 4Cr_2O_7^{2-} + 26H^+ = 6SO_4^{2-} + 8Cr^{3+} + 13H_2O$ 。

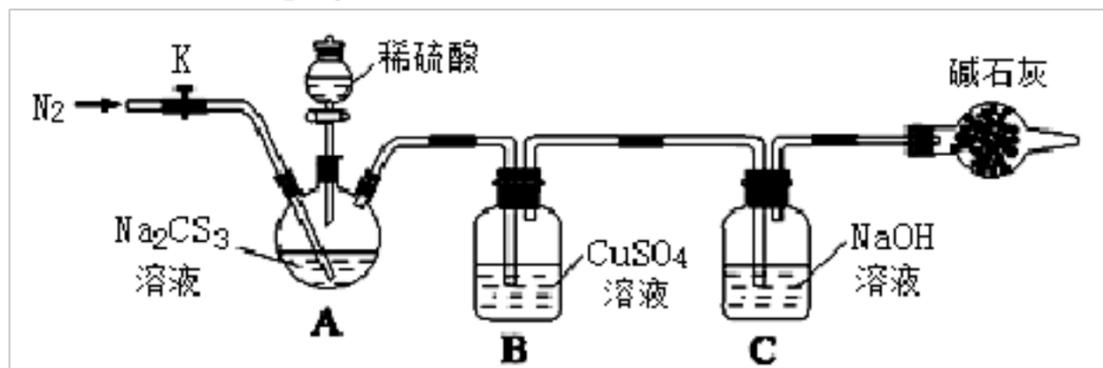
6. 常温下, 三硫代碳酸钠 (Na_2CS_3) 是玫瑰红色针状固体, 与碳酸钠性质相近。在工农业生产中有广泛的用途。某小组设计实验探究三硫代碳酸钠的性质并测定其溶液的浓度。

实验一: 探究 Na_2CS_3 的性质

(1) 向 Na_2CS_3 溶液中滴入酚酞试液, 溶液变红色。用离子方程式说明溶液呈碱性的原因_____。

(2)向 Na_2CS_3 溶液中滴加酸性 KMnO_4 溶液，紫色褪去。该反应中被氧化的元素是_____。

实验二：测定 Na_2CS_3 溶液的浓度



按如图所示连接好装置，取 $50.0\text{mLNa}_2\text{CS}_3$ 溶液置于三颈瓶中，打开分液漏斗的活塞，滴入足量 2.0mol/L 稀 H_2SO_4 ，关闭活塞。

已知： $\text{Na}_2\text{CS}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CS}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。 CS_2 和 H_2S 均有毒。 CS_2 不溶于水，沸点 46°C ，密度 1.26g/mL ，与 CO_2 某些性质相似，与 NaOH 作用生成 Na_2COS_2 和 H_2O 。

(1)盛放碱石灰的仪器的名称是_____，碱石灰的主要成分是_____ (填化学式)。

(2)C中发生反应的离子方程式是_____。

(3)反应结束后打开活塞 K，再缓慢通入 N_2 一段时间，其目的是_____。

(4)为了计算 Na_2CS_3 溶液的浓度，对充分反应后 B 中混合物进行过滤、洗涤、干燥、称重，得 8.4g 固体，则三颈瓶中 Na_2CS_3 的物质的量浓度为_____。

【答案】 $\text{CS}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCS}_3 + \text{OH}^-$ 干燥管 CaO 和 NaOH $\text{CS}_2 + 2\text{OH}^- = \text{COS}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 将装置中残留的 H_2S 、 CS_2 全部排入后续装置中，使其被完全吸收 1.75mol/L

【解析】

【分析】

实验一：(1) Na_2CS_3 的水溶液中加入酚酞变红色，说明 Na_2CS_3 是强碱弱酸盐；

(2)根据 Na_2CS_3 中元素化合价是否是该元素的最高价态来进行判断；

实验二：(1)根据仪器的图形判断仪器的名称；碱石灰的主要成分是氧化钙和氢氧化钠；

(2)A中生成的 CS_2 可与 NaOH 作用生成 Na_2COS_2 和 H_2O ；

(3)反应结束后打开活塞 k，再缓慢通入热 N_2 一段时间是把生成的硫化氢和二硫化碳全部赶入后面装置完全吸收；

(4)当 A 中反应完全后，打开 K 缓慢通入热 N_2 一段时间，然后对 B 中混合物进行过滤、洗

涤、干燥，称重，得 8.4g 黑色固体， $n(\text{CuS}) = \frac{8.4\text{g}}{96\text{g/mol}} = 0.0875\text{mol}$ ，根据关系式

$\text{Na}_2\text{CS}_3 \sim \text{H}_2\text{S} \sim \text{CuS}$ 得 $n(\text{Na}_2\text{CS}_3) = n(\text{CuS}) = 0.0875\text{mol}$ ，根据 $c = \frac{n}{V}$ 计算 A 中 Na_2CS_3 溶液的浓度。

【详解】

实验一：(1) Na_2CS_3 的水溶液中加入酚酞变红色，说明 Na_2CS_3 是强碱弱酸盐，则 CS_3^{2-} 在水中发生水解，离子方程式为： $\text{CS}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCS}_3 + \text{OH}^-$ ；

(2) Na_2CS_3 中 Na 为 +1 价，C 为 +4 价，都是元素的最高价态，不能被氧化，S 为 -2 价，是硫元素的低价态，能够被氧化，所以被氧化的元素是 S；

实验二：(1)盛放碱石灰的仪器为干燥管，碱石灰的主要成分是氧化钙和氢氧化钠；

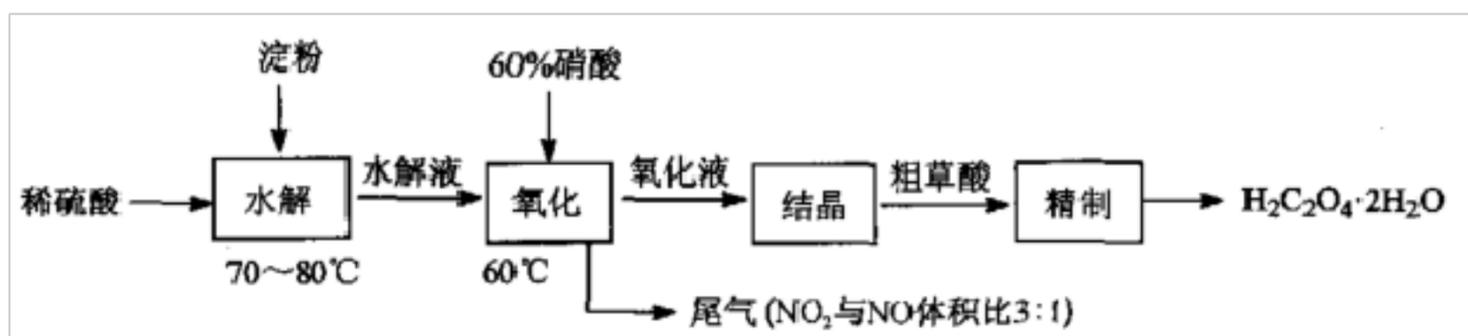
(2)A中生成的 CS_2 可与 NaOH 作用生成 Na_2COS_2 和 H_2O ，相关离子方程式为： $\text{CS}_2 + 2\text{OH}^- = \text{COS}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ；

(3)反应结束后打开活塞 k，再缓慢通入热 N_2 一段时间，其目的是：将装置中的 H_2S 全部排入 B 中被充分吸收；将装置中的 CS_2 全部排入 C 中被充分吸收；

(4)当 A 中反应完全后，打开 K 缓慢通入热 N_2 一段时间，然后对 B 中混合物进行过滤、洗涤、干燥，称重，得 8.4g 黑色固体， $n(\text{CuS}) = \frac{8.4\text{g}}{96\text{g/mol}} = 0.0875\text{mol}$ ，根据关系式

$\text{Na}_2\text{CS}_3 \sim \text{H}_2\text{S} \sim \text{CuS}$ 得 $n(\text{Na}_2\text{CS}_3) = n(\text{CuS}) = 0.0875\text{mol}$ ， $c(\text{Na}_2\text{CS}_3) = \frac{0.0875\text{mol}}{0.05\text{L}} = 1.75\text{mol/L}$

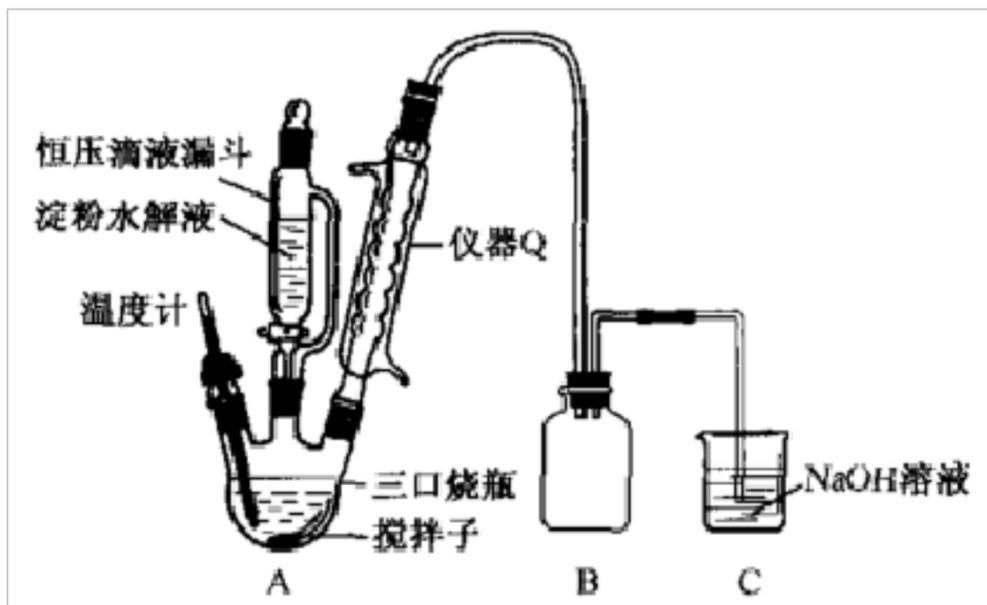
7. 草酸 ($\text{HOOC}-\text{COOH}$) 是一种常见的有机酸，利用淀粉制备草酸的实验流程如图：



回答下列问题：

(1)“水解”时，检验淀粉是否水解完全，所用的试剂是_____；“水解”及“氧化”步骤中适宜的加热方式是_____。

(2)“氧化”时实验装置如图所示(夹持及加热装置已略)：



①仪器 Q 的名称是_____。

②三口烧瓶中生成 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的化学方程式为_____。

③装置 B 的作用是_____，装置 C 的作用是_____。

(3) 已知在 20°C 、 70°C 时，草酸的溶解度依次为 $9.5\text{g}/(100\text{g})$ ， $84.5\text{g}/(100\text{g})$ ，则粗草酸“精制”需采用的提纯方法为_____。

(4) 探究 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的性质：

①向 NaHCO_3 溶液中加入草酸溶液，产生大量气体，可得出草酸的酸性比碳酸_____ (填

“强”或“弱”)。

②向草酸中加入足量 C_2H_5OH 和适量浓硫酸加热，产生有芳香气味的油状物。该生成物为 _____ (写结构简式)。

③向 $K_2Cr_2O_7$ 溶液中加入 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 析出 $K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2]$ 晶体，该反应的化学方程式为 _____。

【答案】 碘水 水浴加热 球形冷凝管 $C_6H_{12}O_6 + 12HNO_3 = 3H_2C_2O_4 + 9NO_2 \uparrow + 3NO \uparrow + 9H_2O$
做安全瓶，防止倒吸 吸收尾气中的 NO 和 NO_2 ，防止污染空气 重结晶 强 $C_2H_5OOC-COOC$
 C_2H_5 $K_2Cr_2O_7 + 7H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = 2 K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2] + 6CO_2 \uparrow + 17H_2O$

【解析】

【分析】

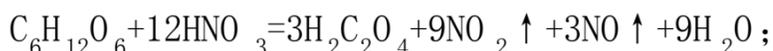
淀粉在稀硫酸催化下控制温度在 $70^\circ C$ 到 $80^\circ C$ 发生水解，得到葡萄糖，加入 60% 硝酸，在 $60^\circ C$ 下发生氧化，得到草酸，硝酸的还原产物有 NO 和 NO_2 ，草酸经结晶得到粗草酸，再经精制得到 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 。

【详解】

(1) “水解”时，若淀粉水解完全，则不能使碘水变蓝；“水解”及“氧化”步骤中的温度都低于 $100^\circ C$ ，所以最适宜的加热方式是水浴加热。

(2) ①仪器 Q 的名称是球形冷凝管，起冷凝回流易挥发的硝酸以及导出生成的 NO 和 NO_2 的作用；

②在三口烧瓶中发生氧化反应，葡萄糖被氧化为 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ，硝酸被还原为 NO 和 NO_2 (体积比为 1:3)，根据电子守恒可以写出发生反应的化学方程式为



③装置 B 是安全瓶，防止 C 中的 $NaOH$ 溶液倒吸入三口烧瓶中，装置 C 的作用是吸收尾气，防止 NO 和 NO_2 污染空气；

(3) 草酸的溶解度随温度变化比较大，所以可以采用重结晶的方法精制粗草酸；

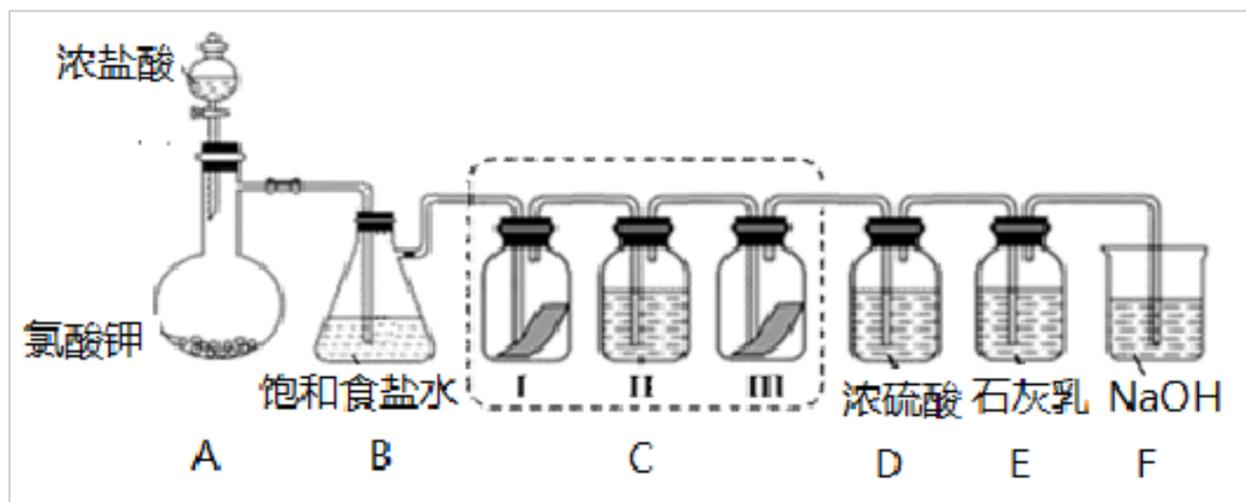
(4) ①向 $NaHCO_3$ 溶液中加入草酸溶液，产生大量气体，说明草酸和 $NaHCO_3$ 溶液反应生成了二氧化碳，根据强酸制弱酸的规律，可得出草酸的酸性比碳酸强；

②向草酸中加入足量 C_2H_5OH 和适量浓硫酸加热，发生了酯化反应，产生有芳香气味的油状物草酸二乙酯，其结构简式为 $C_2H_5OOC-COOC$ C_2H_5 。

③向 $K_2Cr_2O_7$ 溶液中加入 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 析出 $K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2]$ 晶体，反应中 Cr 的化合价从 +6 价降低到 $K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2]$ 中的 +3 价，所以 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 中的碳的化合价就会升高，从 +3 价升高到 +4 价，在 $K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2]$ 中还有 +3 价的碳，即反应物 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 中的碳的化合价部分升高，部分没有变化，根据电子守恒和原子守恒可以写出该反应的化学方程式为 $K_2Cr_2O_7 + 7H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = 2 K[Cr(CO_4)_2(H_2O)_2] + 6CO_2 \uparrow + 17H_2O$ 。

8. 某校化学兴趣小组为研究氯气的性质并模拟工业制备漂白粉，设计了下列装置进行实验。已知：①A 中反应为 $KClO_3 + 6HCl(浓) = KCl + 3Cl_2 \uparrow + 3H_2O$ ；

②石灰乳的主要成分为 $Ca(OH)_2$ ，其他杂质不参与反应。



(1) B 装置作用____。实验结束后，立即将 B 中溶液滴几滴在紫色石蕊试纸上，可观察到的现象是_____。

(2) 装置 C 的实验目的是验证氯气是否具有漂白性，为此 C 中 I、II、III 处依次放入的物质正确的是____（填编号）。

编号	I	II	III
A	干燥的有色布条	碱石灰	湿润的有色布条
B	干燥的有色布条	浓硫酸	湿润的有色布条
C	湿润的有色布条	浓硫酸	干燥的有色布条
D	湿润的有色布条	碱石灰	干燥的有色布条

(3) 待 E 中物质完全反应后，经过一系列加工处理，得到漂白粉样品，其主要成份为____（填化学式）

(4) F 装置的作用是（用化学方程式表示）_____。

(5) 为测定 (3) 中所得漂白粉的有效成份含量。称取 ag 漂白粉样品溶解，往所得溶液中通入 CO_2 至产生沉淀最大值时，该过程的化学方程式为_____，若反应生成沉淀的物质的量为 b mol，则该漂白粉中有效成份的质量分数为_____（用含 a、b 的式子表示）。

【答案】除去氯气中的 HCl 气体 试纸变红不褪色 C $\text{CaCl}_2(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$2\text{CaCl}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$$

【解析】

【分析】

由实验装置图可知，装置 A 用浓盐酸与氯酸钾反应制备氯气，盛有饱和食盐水的装置 B 的作用是除去氯气中混有的氯化氢气体，装置 C 的实验目的是验证氯气是否具有漂白性，盛有浓硫酸的装置 D 的作用是干燥氯气，盛有石灰乳的装置 E 的作用是制备漂白粉，盛有氢氧化钠溶液的装置 F 的作用是吸收有毒的尾气氯气，防止污染空气。

【详解】

(1) 盛有饱和食盐水的装置 B 的作用是除去氯气中混有的氯化氢气体，实验结束后，因饱和食盐水吸收氯化氢气体，使溶液呈酸性，滴在紫色石蕊试纸上，试纸变红色，由于氯气不溶于饱和食盐水，溶液中没有次氯酸，不能使试纸褪色，故答案为：除去氯气中的

HCl 气体；试纸变红不褪色；

(2) 氯气没有漂白性，不能使干燥的有色布条褪色，氯气与水反应生成盐酸和次氯酸，次氯酸具有漂白性使有色布条褪色，氯气能使湿润的有色布条褪色，则验证氯气是否具有漂白性时，C 中 I、II、III 处依次放入的物质湿润的有色布条、浓硫酸、干燥的有色布条，C 正确，故答案为：C；

(3) 氯气与石灰乳反应生成氯化钙、次氯酸钙和水，则漂白粉的主要成分是氯化钙和次氯酸钙，有效成分是次氯酸钙，故答案为： CaCl_2 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ；

(4) 盛有氢氧化钠溶液的装置 F 的作用是吸收有毒的尾气氯气，过量的氯气能与氢氧化钠溶液反应生成氯化钠、次氯酸钠和水，防止污染空气，反应的化学方程式为 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ；

(5) 碳酸的酸性强于次氯酸，将二氧化碳通入到漂白粉溶液中，二氧化碳与次氯酸钙反应生成碳酸钙沉淀和次氯酸，反应的化学方程式为 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{ClO})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$ ；由题意可知，碳酸钙的物质的量为 $b\text{mol}$ ，则有效成分次氯酸钙的质量为

$b\text{mol} \times 143\text{g/mol} = 143b\text{g}$ ，该漂白粉中有效成份的质量分数为 $\frac{143b}{a}$ ，故答案为：

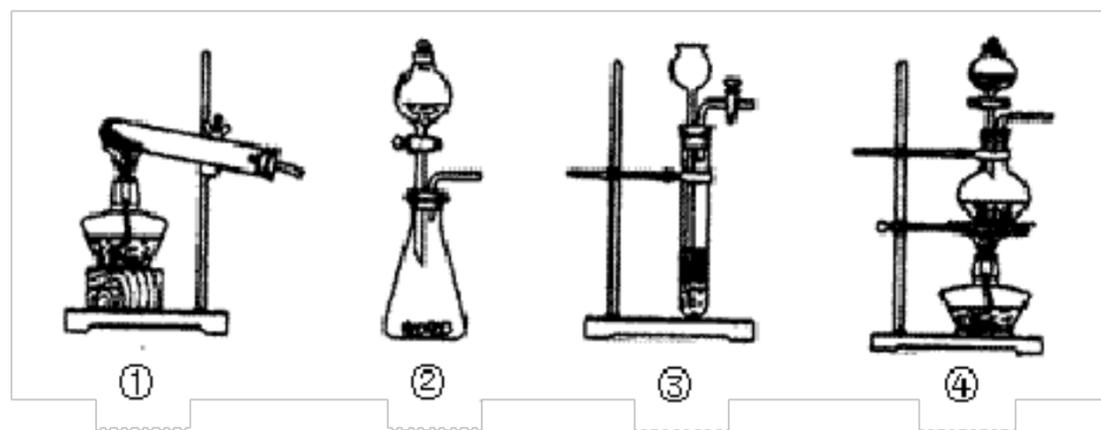
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{ClO})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$ ； $\frac{143b}{a}$ 。

【点睛】

氯气没有漂白性，不能使干燥的有色布条褪色，氯气与水反应生成盐酸和次氯酸，次氯酸具有漂白性使有色布条褪色，氯气能使湿润的有色布条褪色是设计验证氯气是否具有漂白性实验方案的依据，也是解答试题的关键。

9. (1) 已知草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 分解的化学方程式为： $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{CO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，

下列装置中，可用作草酸分解制取气体的是_____（填序号）



(2) 某实验小组为测定铁锈样品的组成（假定铁锈中只有 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 和 Fe 两种成份），利用草酸分解产生的 CO 和铁锈反应，实验装置如下图所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/78512130322012011>