性质探究类综合实验专题专练

研真题

1. (2025·湖北·高考真题) 某小组在探究 Cu^{2+} 的还原产物组成及其形态过程中，观察到的实验现象与理论预测有差异。根据实验描述，回答下列问题：

(1) 向 2mL10%$NaOH$ 溶液加入 5 滴 5%$CuSO_4$ 溶液，振荡后加入 2mL10% 葡萄糖溶液，加热。

①反应产生的砖红色沉淀为_____(写化学式)，葡萄糖表现出_____(填“氧化”或“还原”)性。

②操作时，没有加入葡萄糖溶液就加热，有黑色沉淀生成。用化学反应方程式说明该沉淀产生的原因：_____。

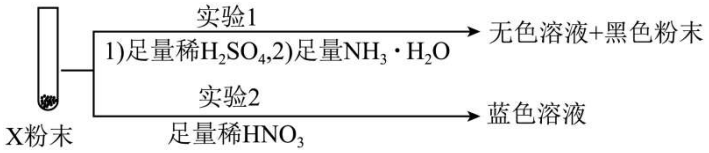
(2) 向 20mL0.5mol·$L^{-1}CuSO_4$ 溶液中加入 Zn 粉使蓝色完全褪去，再加入盐酸并加热至溶液中无气泡产生为止。过滤得固体，洗涤并真空干燥。

①加入盐酸的目的是_____

②同学甲一次性加入 1.18gZn 粉，得到 0.78g 红棕色固体，其组成是_____(填标号)。

a．Cu　　b．Cu 包裹 Zn　　c．CuO　　d．Cu 和 Cu_2O

③同学乙搅拌下分批加入 1.18gZn 粉，得到黑色粉末 X。分析结果表明，X 中不含 Zn 和 Cu(Ⅰ)。关于 X 的组成提出了三种可能性：Ⅰ CuO；Ⅱ CuO 和 Cu；Ⅲ Cu，开展了下面 2 个探究实验：



由实验结果可知，X 的组成是_____(填“Ⅰ”“Ⅱ”或“Ⅲ”)。从物质形态角度分析，X 为黑色的原因是_____。

【答案】(1)Cu_2O　　还原　　$Cu(OH)_2\overset{\Delta}{=}CuO+H_2O$

(2) 除去过量的锌粉　　b　　Ⅲ　　固体颗粒小

【详解】(1) 向 2mL10%$NaOH$ 溶液加入 5 滴 5%$CuSO_4$ 溶液，制得新制氢氧化铜悬浊液，振荡后加入 2mL10% 葡萄糖溶液，加热，新制氢氧化铜悬浊液和葡萄糖中的醛基反应；

(2) 向 20mL0.5mol·$L^{-1}CuSO_4$ 溶液中加入 Zn 粉使蓝色完全褪去，Cu^{2+} 全部被还原，再加入盐酸并加热至溶液中无气泡产生为止，过量的 Zn 粉全部转化为 Zn^{2+}，过滤得固体，洗涤并真空干燥，该固体是 Cu^{2+} 的还原产物，可能含 Cu、Cu_2O 等。

(1) ①向 2mL10%$NaOH$ 溶液加入 5 滴 5%$CuSO_4$ 溶液制得新制氢氧化铜悬浊液，振荡后加入 2mL10% 葡萄糖溶液，加热，新制氢氧化铜悬浊液与葡萄糖中的醛基反应产生的砖红色沉淀为 Cu_2O，Cu 被葡萄糖从 +2 价还原为 +1 价，葡萄糖表现出还原性；

②操作时，没有加入葡萄糖溶液就加热，有黑色沉淀生成，该黑色沉淀为 CuO，用化学反应方程式说明该沉淀产生的原因：$Cu(OH)_2\overset{\Delta}{=}CuO+H_2O$；

(2) ①由题干加入盐酸并加热至溶液中无气泡产生为止可知加入盐酸的作用是除去过量的锌粉；

②先加 Zn 粉、后加盐酸，得到固体为红棕色，则一定有 Cu(Cu_2O 和 HCl 发生歧化反应生成 Cu)，20mL 0.5mol/L$CuSO_4$ 中 $n(Cu^{2+})=0.5mol/L\times 20mL=0.01mol$，$Cu$ 的最大物质的量为 0.01mol，质量为

$0.64g$，生成 Cu_2O 的最大质量为 $0.72g$，实际固体质量为 $0.78g$：

a．若只有 Cu，则固体质量应小于等于 $0.64g$，a 不符题意；

b．若是 Cu 包裹 Zn，则 $0.64<$ 固体质量 $<1.18g$，b 符合题意；

c．若是 CuO，则不可能为红棕色，c 不符题意；

d．若是 Cu 和 Cu_2O，固体质量应介于 $0.64g-0.72g$ 之间，d 不符题意；

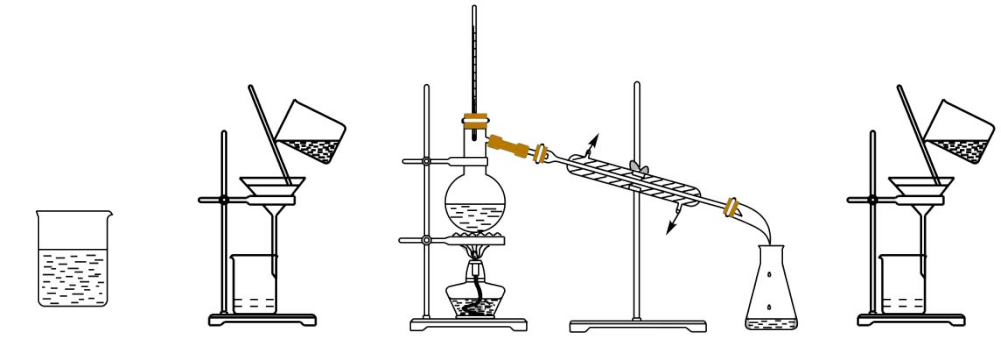
选 b；

③实验 1 得到的溶液呈无色，说明一定无 CuO，那么 X 的组成只能是 Cu，选Ⅲ；从物质形态角度分析，X 为黑色的原因是金属固体 Cu 呈粉末状时，光线进入后被多次反射吸收，所以呈黑色。

2. (2025·广东·高考真题) 酸及盐在生活生产中应用广泛。

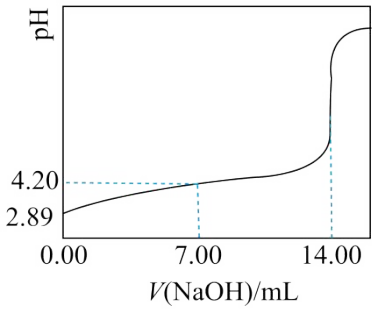
(1) 甲苯氧化可生成苯甲酸。向盛有 2mL 甲苯的试管中，加入几滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，振荡，观察到体系颜色_____。

(2) 某苯甲酸粗品含少量泥沙和氯化钠。用重结晶法提纯该粗品过程中，需要的操作及其顺序为：加热溶解、_____(填下列操作编号)。



a. 冷却结晶　　b. 常温过滤　　c. 蒸馏　　d. 趁热过滤

(3) 兴趣小组测定常温下苯甲酸饱和溶液的浓度 c_0 和苯甲酸的 K_a，实验如下：取 50.00mL 苯甲酸饱和溶液，用 0.1000mol/$LNaOH$ 溶液滴定，用 pH 计测得体系的 pH 随滴入溶液体积 V 变化的曲线如图。据图可得：



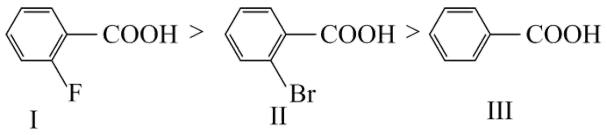
① $c_0=$_____ mol/L。

②苯甲酸的 $K_a=$_____(列出算式，水的电离可忽略)。

(4) 该小组继续探究取代基对芳香酸酸性的影响。

①知识回顾　羧酸酸性可用 K_a 衡量。下列羧酸 K_a 的变化顺序为：$CH_3COOH<CH_2ClCOOH<CCl_3COOH<CF_3COOH$。随着卤原子电负性_____，羧基中的羟基_____增大，酸性增强。

②提出假设　甲同学根据①中规律推测下列芳香酸的酸性强弱顺序为：



I　　II　　III

③验证假设　甲同学测得常温下三种酸的饱和溶液的 pH 大小顺序为III＞ II＞ I，据此推断假设成立。但乙同学认为该推断依据不足，不能用所测得的 pH 直接判断 K_a 大小顺序，因为_____。

乙同学用 (3) 中方法测定了上述三种酸的 K_a，其顺序为II＞ I＞III。

④实验小结　假设不成立，芳香环上取代基效应较复杂，①中规律不可随意推广。

(5) 该小组尝试测弱酸 $HClO$ 的 K_a。

①丙同学认为不宜按照 (3) 中方法进行实验，其原因之一是次氯酸易分解。该分解反应的离子方程式为_____。

②小组讨论后，选用 0.100mol/$LNaClO$ 溶液 (含少量 $NaCl$) 进行实验，以获得 $HClO$ 的 K_a。简述该方案_____(包括所用仪器及数据处理思路)。

③教师指导：设计实验方案时，需要根据物质性质，具体问题具体分析。

【答案】(1) 由紫色变为无色

(2)dab

(3)0.028　　$K_a=\dfrac{10^{-2.89}\times10^{-2.89}}{0.028-10^{-2.89}}$

(4) 增大　　极性　　常温下三种酸的饱和溶液的浓度不同

(5)$2HClO\xrightarrow{光照}2H^++2Cl^-+O_2\uparrow$　　实验方法：取适量 0.100mol/$LNaClO$ 溶液放入烧杯中，用 pH 计测得体系在 25℃ 下的 pH，记录数据；

数据处理思路：由于 $NaClO$ 溶液中存在 ClO^- 的水解，故根据 0.100mol/$LNaClO$ 溶液在 25℃ 下的 pH 可求得 ClO^- 的水解平衡常数 K_h，再利用公式 $K_a=\dfrac{K_W}{K_h}$ 求出 $HClO$ 的 K_a

【详解】(1) 酸性 $KMnO_4$ 溶液具有强氧化性，可以将甲苯氧化生成苯甲酸，故向盛有 2mL 甲苯的试管中，加入几滴酸性 $KMnO_4$ 溶液，振荡，观察到体系颜色由紫色变为无色。

(2) 重结晶法提纯苯甲酸的方法为，加热溶解，趁热过滤至另一烧杯中，将滤液静置，使其缓慢冷却结晶，待滤液完全冷却后滤出晶体，并用少量蒸馏水洗涤，故操作编号为 dab；

(3) ①由图像可知，当加入 14$mL$$NaOH$ 溶液时，苯甲酸被完全中和，则可得苯甲酸饱和溶液的浓度 $c_0=\dfrac{0.1000mol/L\times14\times10^{-3}L}{50\times10^{-3}L}=0.028mol/L$；

②由图像可知，苯甲酸饱和溶液的 pH 为 2.89，说明苯甲酸饱和溶液中的 $c(H^+)=c$(苯甲酸根)$=10^{-2.89}mol/L$，则苯甲酸的 $K_a=\dfrac{10^{-2.89}\times10^{-2.89}}{0.028-10^{-2.89}}$。

(4) ①羧酸酸性的强弱取决于羧基中 $O-H$ 键的极性大小，极性越大，酸性越强，卤素原子的电负性越大，吸电子能力越强，使得羧基中 $O-H$ 键的极性越大，酸性越强；

③由于常温下三种酸的饱和溶液的浓度不同，所以该推断依据不足。

(5) ①次氯酸在光照条件下易分解为 HCl 和 O_2，其分解反应的离子方程式为 $2HClO\xrightarrow{光照}2H^++2Cl^-+O_2\uparrow$；

②实验方法：取适量 0.100mol/L NaClO 溶液放入烧杯中，用 pH 计测得体系在 25℃ 下的 pH，记录数据；数据处理思路：由于 NaClO 溶液中存在 ClO^- 的水解，故根据 0.100mol/L NaClO 溶液在 25℃ 下的 pH 可求得 ClO^- 的水解平衡常数 K_h，再利用公式 $K_a=\frac{K_W}{K_h}$ 求出 HClO 的 K_a。

3. (2025·北京·高考真题) 化学反应平衡常数对认识化学反应的方向和限度具有指导意义。实验小组研究测定“$MnO_2+2Br^-+4H^+\rightleftharpoons Mn^{2+}+Br_2+2H_2O$”平衡常数的方法，对照理论数据判断方法的可行性。

理论分析

① Br_2 易挥发，需控制生成 $c(Br_2)$ 较小。

②根据 25℃ 时 $K=6.3\times10^4$ 分析，控制合适 pH，可使生成 $c(Br_2)$ 较小；用浓度较大的 KBr 溶液与过量 MnO_2 反应，反应前后 $c(Br^-)$ 几乎不变；$c(Mn^{2+})=c(Br_2)$，仅需测定平衡时溶液 pH 和 $c(Br_2)$。

③ Br_2 与水反应的程度很小，可忽略对测定干扰；低浓度 HBr 挥发性很小，可忽略。

(1) 实验探究

序号	实验内容及现象
I	25℃，将 0.200mol·L^{-1}KBr 溶液 ($pH\approx1$) 与过量 MnO_2 混合，密闭并搅拌，充分反应后，溶液变为黄色，容器液面上方有淡黄色气体。
II	25℃，将 0.200mol·L^{-1}KBr 溶液 ($pH\approx2$) 与过量 MnO_2 混合，密闭并搅拌，反应时间与 I 相同，溶液变为淡黄色，容器液面上方未观察到黄色气体。
III	测定 I、II反应后溶液的 pH；取一定量反应后溶液，加入过量 KI 固体，用 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定，测定 $c(Br_2)$。

已知：$I_2+2Na_2S_2O_3=2NaI+Na_2S_4O_6$；$Na_2S_2O_3$ 和 $Na_2S_4O_6$ 溶液颜色均为无色。

①III中，滴定时选用淀粉作指示剂，滴定终点时的现象是_____。用离子方程式表示 KI 的作用：_____。

②I 中，与反应前的溶液相比，反应后溶液的 pH _____ (填“增大”、“减小”或“不变”)。平衡后，按 $\frac{c(Mn^{2+})\cdot c(Br_2)}{c^2(Br^-)\cdot c^4(H^+)}$ 计算所得值小于 25℃ 的 K 值，是因为 Br_2 挥发导致计算时所用_____的浓度小于其在溶液中实际浓度。

③II 中，按 $\frac{c(Mn^{2+})\cdot c(Br_2)}{c^2(Br^-)\cdot c^4(H^+)}$ 计算所得值也小于 25℃ 的 K 值，可能原因是_____。

(2) 实验改进

分析实验 I、II 中测定结果均偏小的原因，改变实验条件，再次实验。

控制反应温度为 40℃，其他条件与 II 相同，经实验准确测得该条件下的平衡常数。

①判断该实验测得的平衡常数是否准确，应与_____值比较。

②综合调控 pH 和温度的目的是_____。

【答案】(2) 滴入最后半滴 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液，溶液蓝色褪去，且半分钟内不恢复　　$Br_2+3I^-=2Br^-+I_3^-$　　增大　　Mn^{2+}　　实验 II 中反应未达到平衡状态

(3)40℃ 的 K　　防止 Br_2 挥发并调控反应快速达到平衡

【详解】平衡常数表达式：$K=\frac{c(Mn^{2+})\cdot c(Br_2)}{c^2(Br^-)\cdot c^4(H^+)}=6.3\times10^4$，控制 pH 可调节 $c(Br_2)$ 大小。使用过量 MnO_2 和浓 KBr 溶液，确保 $c(Br^-)$ 几乎不变。因 $c(Mn^{2+})=c(Br_2)$，只需测定平衡时的 pH 和 $c(Br_2)$ 即可计算 K。干扰忽略：Br_2 与水反应、HBr 挥发对实验影响可忽略。

(2) ①淀粉遇 I_2 显蓝色，I_2 被 $Na_2S_2O_3$ 消耗后蓝色消失，故滴定终点现象：滴入最后半滴 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液，溶液蓝色褪去，且半分钟内不恢复；

KI 的作用：将 Br_2 转化为 I_3^-，便于滴定测定 Br_2 浓度。离子方程式：$Br_2+3I^-=2Br^-+I_3^-$；

②该反应消耗 H^+ 生成水，pH 增大；因为 Br_2 挥发导致实测 $c(Br_2)$ 偏小，根据题目信息可知，$c(Mn^{2+})=c(Br_2)$，则计算时所用 Mn^{2+} 的浓度小于其在溶液中实际浓度；

③实验 II 液面上方未观察到黄色气体，说明不是由于 Br_2 挥发导致实测 $c(Br_2)$ 偏小，题目已知信息③也说明了 Br_2 与水反应的程度很小，可忽略对测定干扰；低浓度 HBr 挥发性很小，可忽略，对比实验 I 和 II 可知，实验 II 的 pH 更大，且反应后溶液为淡黄色，则可能原因是，实验 II 的 $c(H^+)$ 浓度低于实验 I，反应相同时间下，实验 II 未达到平衡状态，导致溶液中 $c(Mn^{2+})$、$c(Br_2)$ 偏低，计算的 K 值偏小；

(3) ①平衡常数准确性验证：应与 40℃ 下的理论 K 值比较，因为 K 值只与温度有关，(题目给出 25℃ 的 K，需查阅 40℃ 的文献值)。

②实验 I 和实验 II 反应时间相同，实验 I 由于 $c(H^+)$ 过大，反应速率过快，Br_2 挥发导致计算的 K 值小，实验 II 由于 $c(H^+)$ 过小，反应速率过慢，未达平衡状态，导致计算的 K 值小，故综合调控 pH 和温度的目的是防止 Br_2 挥发并调控反应快速达到平衡，从而准确测定 K 值。

4. (2024·广东·高考真题) 含硫物质种类繁多，在一定条件下可相互转化。

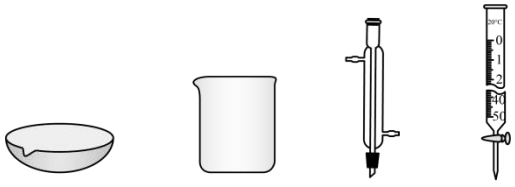
(1) 实验室中，浓硫酸与铜丝反应，所产生的尾气可用_____(填化学式) 溶液吸收。

(2) 工业上，烟气中的 SO_2 可在通空气条件下用石灰石的浆液吸收，生成石膏。该过程中，_____(填元素符号) 被氧化。

(3) 工业锅炉需定期除水垢，其中的硫酸钙用纯碱溶液处理时，发生反应：$CaSO_4(s)+CO_3^{2-}(aq)\rightleftharpoons CaCO_3(s)+SO_4^{2-}(aq)$ (Ⅰ)。兴趣小组在实验室探究 Na_2CO_3 溶液的浓度对反应 (Ⅰ) 的反应速率的影响。

①用 Na_2CO_3 固体配制溶液，以滴定法测定其浓度。

i. 该过程中用到的仪器有_____。



A　　B　　C　　D

ii. 滴定数据及处理：Na_2CO_3 溶液 V_0mL，消耗 $c_1$mol·L^{-1} 盐酸 V_1mL(滴定终点时，CO_3^{2-} 转化为 HCO_3^-)，则 $c(Na_2CO_3)=$_____ $mol\cdot L^{-1}$。

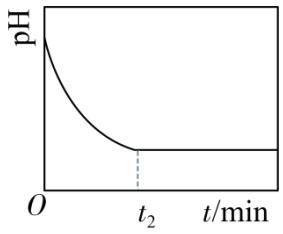
②实验探究：取①中的 Na_2CO_3 溶液，按下表配制总体积相同的系列溶液，分别加入 m_1g 硫酸钙固体，反应 $t_1$min 后，过滤，取 V_0mL 滤液，用 $c_1$mol·L^{-1} 盐酸参照①进行滴定。记录的部分数据如下表 (忽略 CO_3^{2-} 水解的影响)。

序号	$V(Na_2CO_3)$/mL	$V(H_2O)$/mL	V(滤液)/mL	$V_{消耗}$(盐酸)/mL
a	100.0	0	V_0	$2V_1/5$
b	80.0	x	V_0	$3V_1/10$

则 $x=$ _____，测得的平均反应速率之比 $v_a:v_b=$ _____。

(4) 兴趣小组继续探究反应(Ⅰ)平衡的建立，进行实验。

①初步实验　将 1.00g 硫酸钙 ($M=136g\cdot mol^{-1}$) 加入 100.0mL0.100mol·$L^{-1}Na_2CO_3$ 溶液中，在 25℃ 和搅拌条件下，利用 pH 计测得体系的 pH 随时间的变化曲线如图。



②分析讨论　甲同学根据 $t_2$min 后 pH 不改变，认为反应(Ⅰ)已达到平衡；乙同学认为证据不足，并提出如下假设：

假设 1　硫酸钙固体已完全消耗；

假设 2　硫酸钙固体有剩余，但被碳酸钙沉淀包裹。

③验证假设，乙同学设计如下方案，进行实验。

步骤	现象
i. 将①实验中的反应混合物进行固液分离	/
ii. 取少量分离出的沉淀置于试管中，滴加 _____	_____，沉淀完全溶解
iii. 继续向ii的试管中滴加 _____	无白色沉淀生成

④实验小结　假设 1 成立，假设 2 不成立。①实验中反应(Ⅰ)平衡未建立。

⑤优化方案、建立平衡　写出优化的实验方案，并给出反应(Ⅰ)平衡已建立的判断依据：_____。

【答案】(1)$NaOH$(其他合理答案也可)

(2)S

(3)BD　$\frac{c_1V_1}{V_0}$　20.0　6∶5

(4) 过量稀盐酸　有气体产生　$BaCl_2$ 溶液　将最少 1.36g 硫酸钙加入 100.0mL0.100mol·$L^{-1}Na_2CO_3$ 溶液中，在 25℃ 和搅拌条件下，利用 pH 计测得体系的 pH，当 pH 不变时，加入 Na_2SO_4 固体，若 pH 值变大，说明反应Ⅰ平衡已建立

【详解】探究反应 $CaSO_4(s)+CO_3^{2-}(aq)\rightleftharpoons CaCO_3(s)+SO_4^{2-}(aq)$(Ⅰ)中 Na_2CO_3 溶液的浓度对反应速率的影响，通过 HCl 与 Na_2CO_3 的滴定反应，来测量 Na_2CO_3 浓度的变化量，从而计算平均反应速率；

探究反应 $CaSO_4(s)+CO_3^{2-}(aq)\rightleftharpoons CaCO_3(s)+SO_4^{2-}(aq)$ 平衡的建立，利用 CO_3^{2-} 水解呈碱性的性质，通过测定 pH 来判断 CO_3^{2-} 离子浓度的变化情况，从而判断反应是否平衡。

(1) 浓硫酸与铜丝反应方程式为：$Cu+2H_2SO_4\overset{\Delta}{=}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$，所产生的尾气为 SO_2，可用 $NaOH$ 溶液吸收(其他合理答案也可)；

(2)SO_2生成石膏(主要成分$CaSO_4$),S元素的化合价由+4价上升到+6价,失去电子,被氧化;

(3)①用Na_2CO_3固体配制溶液,以滴定法测定其浓度,该过程用到下列仪器中的烧杯、酸式滴定管,故选BD;根据离子方程式$CO_3^{2-}+H^+=HCO_3^-$可知,$c(Na_2CO_3)=\frac{c_1V_1\times10^{-3}}{V_0\times10^{-3}}=\frac{c_1V_1}{V_0}mol/L$;

②总体积应相同,x为20.0mL;a中消耗的盐酸体积为$\frac{2V_1}{5}$,即$\Delta n(Na_2CO_3)=\frac{c_1V_1\times100}{V_0}-\frac{2c_1V_1}{5}\times\frac{100}{V_0}=\frac{60c_1V_1}{V_0}mol$,同理可得,$b$中$\Delta n(Na_2CO_3)=80\times\frac{c_1V_1}{V_0}-\frac{3c_1V_1}{10}\times\frac{100}{V_0}=\frac{50c_1V_1}{V_0}$,由于$v=\frac{\Delta c}{\Delta t}=\frac{\Delta n}{V\Delta t}$,总体积相同时,$v_a:v_b=\frac{60c_1V_1}{V_0}:\frac{50c_1V_1}{V_0}=6:5$;

(4)由结论假设1成立,假设2不成立,说明①实验中的沉淀均为$CaCO_3$,要验证沉淀中无$CaSO_4$,可酸溶后滴加$BaCl_2$将①实验中的反应混合物进行固液分离后,取少量分离出的沉淀置于试管中,滴加过量稀盐酸,有气体产生,沉淀完全溶解,继续滴加$BaCl_2$溶液,无白色沉淀生成,说明沉淀均为$CaCO_3$,无$CaSO_4$;由方程式$CaSO_4(s)+CO_3^{2-}(aq)\rightleftharpoons CaCO_3(s)+SO_4^{2-}(aq)$可知,假设正反应100%进行,$n(CaSO_4)=n(CO_3^{2-})=0.100mol/L\times0.1L=0.01mol$,质量为$0.01mol\times136g/mol=1.36g$,实验方案为:将最少1.36$g$硫酸钙加入100.0mL0.100mol·$L^{-1}Na_2CO_3$溶液中,在25℃和搅拌条件下,利用$pH$计测得体系的$pH$,当$pH$不变时,加入$Na_2SO_4$固体,若$pH$值变大,说明反应Ⅰ平衡已建立。

5.(2024·北京·高考真题)某小组同学向$pH=1$的0.5mol·L^{-1}的$FeCl_3$溶液中分别加入过量的Cu粉、Zn粉和Mg粉,探究溶液中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,Cu、Zn、Mg中可将Fe^{3+}还原为Fe的金属是_____。

(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,溶液逐渐变为蓝绿色,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$K_3[Fe(CN)_6]$溶液,证明都有Fe^{2+}生成,依据的现象是_____。

②实验II、III都有红褐色沉淀生成,用平衡移动原理解释原因_____。

③对实验II未检测到Fe单质进行分析及探究。

i. a. 甲认为实验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。写出Fe与Fe^{3+}、H^+反应的离子方程式_____。

b. 乙认为在pH为3~4的溶液中即便生成Fe也会被H^+消耗。设计实验_____(填实验操作和现象)。证实了此条件下可忽略H^+对Fe的消耗。

c. 丙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。

ii. 查阅资料:0.5mol·$L^{-1}Fe^{3+}$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，向固－液混合物中持续加入盐酸，控制 $pH<1.2$，_____（填实验操作和现象），待 pH 为 3~4 时，取出固体，固体中检测到 Fe 单质。

(3) 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_____。

【答案】(1)Mg、Zn

(2) 产生蓝色沉淀　　Fe^{3+} 在溶液中存在反应 $Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$，$Mg$ 或 Zn 会与 H^+ 反应，溶液中 $c(H^+)$ 减小，使 Fe^{3+} 水解平衡正向移动　　$2Fe^{3+}+Fe=3Fe^{2+}$、$2H^++Fe=Fe^{2+}+H_2\uparrow$

取实验 II 中 pH 为 3~4 的上层清液，加入少量铁粉，观察到铁粉表面几乎不产生气泡　　观察到红褐色沉淀逐渐溶解，有气泡产生，待溶液颜色褪去（或变浅），停止加盐酸

(3) 金属 Mg 具有较强的活泼性，Mg 的反应中产生大量气泡，阻止包裹的形成；pH 约 3~4 时可忽略 H^+ 对铁的消耗

【详解】实验 I 中，加入过量的 Cu，Cu 与 Fe^{3+} 发生反应 $2Fe^{3+}+Cu=Cu^{2+}+2Fe^{2+}$，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+} 转化为红褐色沉淀 $Fe(OH)_3$，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；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，实验III的固体中检测到 Fe 单质。

(1) 在金属活动性顺序表中，Mg、Zn 排在 Fe 之前，Cu 排在 Fe 之后，因此 Mg、Zn 可将 Fe^{3+} 还原为 Fe；

(2) ① Fe^{2+} 与 $K_3[Fe(CN)_6]$ 会生成蓝色的 $KFe[Fe(CN)_6]$ 沉淀；

② Fe^{3+} 在溶液中存在反应 $Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$，加入的 Mg 或 Zn 会与 H^+ 反应，溶液中 $c(H^+)$ 减小，促进 Fe^{3+} 水解平衡正向移动，有红褐色 $Fe(OH)_3$ 沉淀生成；

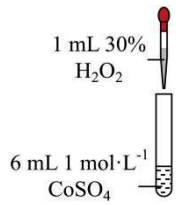
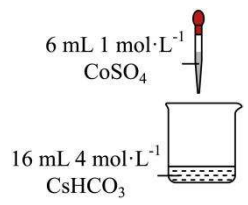
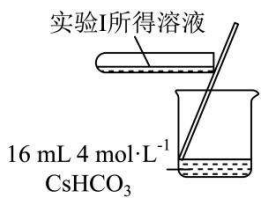
③i．a．Fe 与 Fe^{3+}、H^+ 反应的离子方程式为 $2Fe^{3+}+Fe=3Fe^{2+}$、$2H^++Fe=Fe^{2+}+H_2\uparrow$；

b．要证实在 pH 为 3~4 的溶液中可忽略 H^+ 对 Fe 的消耗，可取实验 II 中 pH 为 3~4 的上层清液，加入少量铁粉，观察到铁粉表面几乎不产生气泡；

ii．结合 a，b 和 c 可知，实验 II 未检测到 Fe 单质的原因可能是 Fe^{3+} 的干扰以及 $Fe(OH)_3$ 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，向固－液混合物中持续加入盐酸，控制 $pH<1.2$，观察到红褐色沉淀逐渐溶解，有气泡产生，待溶液颜色褪去（或变浅），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；

(3) 对比实验 II 和III，金属 Mg 具有较强的活泼性，Mg 的反应中产生大量气泡，阻止包裹的形成；pH 约 3~4 时可忽略 H^+ 对铁的消耗，实验III的固体中检测到 Fe 单质。

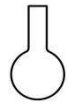
6. (2024·湖北·高考真题) 学习小组为探究 Co^{2+}、Co^{3+} 能否催化 H_2O_2 的分解及相关性质，室温下进行了实验 I~Ⅳ。

实验 I	实验II	实验III
		

无明显变化	溶液变为红色，伴有气泡产生	溶液变为墨绿色，并持续产生能使带火星木条复燃的气体

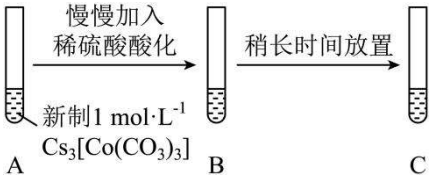
已知：$[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 为粉红色、$[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 为蓝色、$[Co(CO_3)_2]^{2-}$ 为红色、$[Co(CO_3)_3]^{3-}$ 为墨绿色。回答下列问题：

(1) 配制 1.00mol·L^{-1} 的 $CoSO_4$ 溶液，需要用到下列仪器中的_____(填标号)。

a.  b.  c.  d. 

(2) 实验 I 表明 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ _____(填“能”或“不能”) 催化 H_2O_2 的分解。实验 II 中 HCO_3^- 大大过量的原因是_____。实验III初步表明 $[Co(CO_3)_3]^{3-}$ 能催化 H_2O_2 的分解，写出 H_2O_2 在实验III中所发生反应的离子方程式_____、_____。

(3) 实验 I 表明，反应 $2[Co(H_2O)_6]^{2+}+H_2O_2+2H^+ \rightleftharpoons 2[Co(H_2O)_6]^{3+}+2H_2O$ 难以正向进行，利用化学平衡移动原理，分析 Co^{3+}、Co^{2+} 分别与 CO_3^{2-} 配位后，正向反应能够进行的原因_____。

实验Ⅳ：

(4) 实验Ⅳ中，A 到 B 溶液变为蓝色，并产生气体；B 到 C 溶液变为粉红色，并产生气体。从 A 到 C 所产生的气体的分子式分别为_____、_____。

【答案】(1)bc

(2) 不能　　提供过量的碳酸氢根，通过平衡移动，促使水合钴离子转化为碳酸合钴离子，同时防止碳酸钴生成　　$2[Co(H_2O)_6]^{2+}+10HCO_3^-+H_2O_2=2[Co(CO_3)_3]^{3-}+18H_2O+4CO_2\uparrow$

$2H_2O_2 \xrightarrow{[Co(CO_3)_3]^{3-}} 2H_2O+O_2\uparrow$

(3) 实验 III 的现象表明，Co^{3+}、Co^{2+} 分别与 CO_3^{2-} 配位时，$[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 更易与 CO_3^{2-} 反应生成 $[Co(CO_3)_3]^{3-}$(该反应为快反应)，导致 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 几乎不能转化为 $[Co(CO_3)_2]^{2-}$，这样使得 $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 的浓度减小的幅度远远大于 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 减小的幅度，根据化学平衡移动原理，减小生成物浓度能使化学平衡向正反应方向移动，因此，上述反应能够正向进行

(4)CO_2　　O_2

【详解】本题探究 Co^{2+}、Co^{3+} 能否催化 H_2O_2 的分解及相关性质。实验 I 中无明显变化，证明 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 不能催化 H_2O_2 的分解；实验 II 中溶液变为红色，证明 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 易转化为 $[Co(CO_3)_2]^{2-}$；实验 III 中溶液变为墨绿色，说明 $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 更易与 CO_3^{2-} 反应生成 $[Co(CO_3)_3]^{3-}$，并且初步证明 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ 在 HCO_3^- 的作用下易被 H_2O_2 氧化为 $[Co(CO_3)_3]^{3-}$；实验Ⅳ中溶液先变蓝后变红，并且前后均有气体生成，证明在酸性条件下，$[Co(CO_3)_3]^{3-}$ 易转化为 $[Co(H_2O)_6]^{3+}$，$[Co(H_2O)_6]^{3+}$ 氧化性强，可以把 H_2O 氧化为 O_2。

(1) 配制 1.00 $mol·L^{-1}$ 的 $CoSO_4$ 溶液，需要用到容量瓶、胶头滴管等等，因此选 bc。

(2)$CoSO_4$ 溶液中存在大量的 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$，向其中加入 30% 的 H_2O_2 后无明显变化，因此，实验 I 表明

$[Co(H_2O)_6]^{2+}$不能催化H_2O_2的分解。实验Ⅱ中发生反应的离子方程式为$4HCO_3^- + [Co(H_2O)_6]^{2+} = [Co(CO_3)_2]^{2-} + 2CO_2\uparrow + 8H_2O$，因此，$HCO_3^-$大大过量的原因是：为保证$[Co(H_2O)_6]^{2+}$转化为$[Co(CO_3)_3]^{3-}$，提供过量的碳酸氢根，通过平衡移动，促使水合钴离子转化为碳酸合钴离子，同时防止碳酸钴生成。实验Ⅲ的实验现象表明在H_2O_2的作用下$[Co(H_2O)_6]^{2+}$能与HCO_3^-反应生成$[Co(CO_3)_3]^{3-}$，然后$[Co(CO_3)_3]^{3-}$能催化H_2O_2的分解，因此，H_2O_2在实验Ⅲ中所发生反应的离子方程式为$2[Co(H_2O)_6]^{2+} + 10HCO_3^- + H_2O_2 = 2[Co(CO_3)_3]^{3-} + 18H_2O + 4CO_2\uparrow$、$2H_2O_2 \xrightarrow{[Co(CO_3)_3]^{3-}} 2H_2O + O_2\uparrow$。

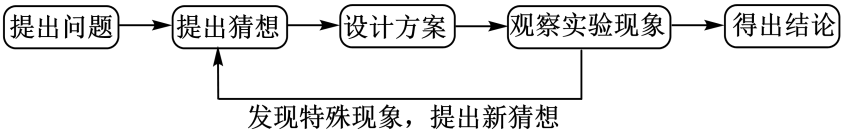
(3) 实验Ⅰ表明，反应$2[Co(H_2O)_6]^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ \rightleftharpoons 2[Co(H_2O)_6]^{3+} + 2H_2O$难以正向进行。实验Ⅲ的现象表明，$Co^{3+}$、$Co^{2+}$分别与$CO_3^{2-}$配位时，$[Co(H_2O)_6]^{3+}$更易与$CO_3^{2-}$反应生成$[Co(CO_3)_3]^{3-}$(该反应为快反应)，导致$[Co(H_2O)_6]^{2+}$几乎不能转化为$[Co(CO_3)_2]^{2-}$，这样使得$[Co(H_2O)_6]^{3+}$的浓度减小的幅度远远大于$[Co(H_2O)_6]^{2+}$减小的幅度，根据化学平衡移动原理，减小生成物浓度能使化学平衡向正反应方向移动，因此，上述反应能够正向进行。

(4) 实验Ⅳ中，A到B溶液变为蓝色，并产生气体，说明发生了$[Co(CO_3)_3]^{3-} + 6H^+ + 3H_2O = [Co(H_2O)_6]^{3+} + 3CO_2\uparrow$；$B$到$C$溶液变为粉红色，并产生气体，说明发生了$4[Co(H_2O)_6]^{3+} + 2H_2O = 4[Co(H_2O)_6]^{2+} + O_2\uparrow + 4H^+$，因此从$A$到$C$所产生的气体的分子式分别为$CO_2$和$O_2$。

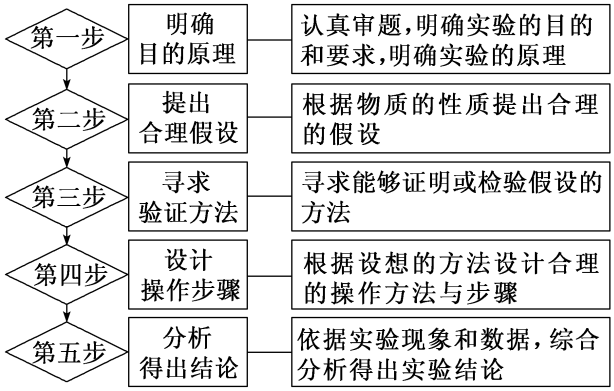
析考点

探究型实验是中学化学实验的重要内容。设计实验探究时，要求原理准确、步骤简捷、现象明显、结论易得，且不对环境造成污染。根据已有的认识，在观察和实验的基础上，通过对化学事实和现象的归纳、类比，作出判断性解释或说明。

探究性实验的基本方法和程序：



1．猜想型综合实验题的解答流程



2、设计实验方案时注意的问题

(1) 实验方案要可行。要尽量避免使用高压和特殊催化剂等实验室难以达到的条件，实验方案要简单易行。

(2) 实验顺序要科学。要对各个实验步骤进行统一的规划和安排，保证实验准确且高效。同时要减少副反应的发生和避免实验步骤间的干扰。

(3) 实验现象要直观。如“证明醋酸是弱电解质”的实验，可配制一定浓度的$CH3COONa$溶液，用pH试纸测溶液

的 pH，通过测定的结果 $pH>7$ 从而得出结论，既操作简便又现象明显。

(4) 实验结论要可靠。要反复推敲实验步骤和多方论证实验结果，保证实验结论准确可靠。

3．物质性质探究、验证的实验角度

(1) 物质氧化性、还原性及其强弱的判断

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。

(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。

①金属性强弱比较：可通过与水或酸反应置换氢的能力、最高价氧化物对应水化物的碱性、置换反应、原电池的正负极、电解池中阴极阳离子的放电顺序等方法来比较。

②非金属性强弱比较：可通过最高价氧化物对应水化物的酸性、气态氢化物的稳定性、与 H_2 化合的难易程度、相互之间的置换、对应阴离子的还原性等方法来比较。

探究 Cl_2、Fe^{3+}、I_2 的氧化性强弱	利用“氧化剂的氧化性强于氧化产物的氧化性”原理探究：将氯气通入 $FeCl_2$ 溶液中，氯气将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+}，将 $FeCl_3$ 溶液滴入淀粉 -KI 溶液中，Fe^{3+} 将 I^- 氧化成 I_2。

(3) 电解质强弱的判断。

如探究化合物 HA 是弱电解质的方法是常温下配制 NaA 溶液，测 pH，若 $pH>7$，则说明 HA 为弱电解质。

(4) 物质酸性强弱的判断。

可通过强酸制弱酸、对应盐溶液的碱性、同浓度溶液导电能力或 pH 等方法来比较。

探究盐酸、碳酸、硅酸的酸性强弱	利用“强酸制弱酸”的原理探究：盐酸与碳酸盐反应制取 CO_2，气体净化后通入硅酸钠溶液中生成硅酸沉淀。
	利用盐的水解原理探究：用 pH 试纸 (或 pH 计) 测定同浓度的 $NaCl$ 溶液、$NaHCO_3$ 溶液、Na_2SiO_3 溶液的 pH，pH 越大，则对应酸的酸性越弱。
探究 $HCOOH$、CH_3COOH 电离能力的强弱	用 pH 试纸 (或 pH 计) 分别测定同浓度的 $HCOOH$ 溶液、CH_3COOH 溶液的 pH。
	用 pH 试纸 (或 pH 计) 分别测定同浓度的 $HCOONa$ 溶液、CH_3COONa 溶液的 pH，盐溶液的 pH 越大，则对应酸的酸性越弱。

(5)K_{sp} 的大小比较 (以 $AgCl$、AgI 为例)

a．向少量的 $AgNO_3$ 溶液中滴加 $NaCl$ 溶液至不再有白色沉淀生成，再向其中滴加 KI 溶液，产生黄色沉淀。

b．向浓度均为 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ 的 $NaCl$、NaI 混合溶液中滴加 $0.1\ mol\cdot L^{-1}$ $AgNO_3$ 溶液，先产生黄色沉淀。

探究 CuS、ZnS 的溶度积大小	向浓度相同的 $CuSO_4$、$ZnSO_4$ 的混合液中滴入 Na_2S 溶液，若先生成黑色沉淀 CuS、后生成白色沉淀 ZnS，则说明 $K_{sp}(ZnS)>K_{sp}(CuS)$

(6) 弱酸酸式盐的电离程度与水解程度比较：可通过测定溶液的酸碱性的方法来比较。

(7) 一元酸、二元酸判断：可用 $NaOH$ 溶液进行中和滴定测定消耗 $V(NaOH)$ 来确定。

(8) 羟基的数目判断：可通过取一定量试剂与足量 Na 反应测定放出氢气的量来确定。

(9) 羧基的数目判断：可通过取一定量试剂与足量 $NaHCO_3$ 反应测定放出 CO_2 的量来确定。

(10) 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。

(11) 热分解产物的性质探究、判断

①难溶性碳酸盐 $\xrightarrow{\triangle}$ 氧化物 $+CO_2$；

②碳酸的酸式盐 $\xrightarrow{\triangle}$ 碳酸的正盐 $+CO_2+H_2O$；

③铵盐 (NH_4NO_3 除外) $\xrightarrow{\triangle}$ NH_3 + 相应的酸 (或酸性氧化物 $+H_2O$)；

④硝酸盐 $\xrightarrow{\triangle}$ 金属 (或金属氧化物、亚硝酸盐) + 氮氧化物 (NO 或 NO_2) $+O_2$；

⑤草酸晶体 $\xrightarrow{\triangle}$ CO_2+CO+H_2O。

(12) 可逆反应的探究及化学平衡的影响因素探究。

(13) 化学反应速率的影响因素探究。

练模拟

7. (2026·广东汕头·一模) 重铬酸钾 ($K_2Cr_2O_7$) 是化学分析中一种重要的试剂，其水溶液中存在如下平衡：$Cr_2O_7^{2-}(aq,\text{橙色})+H_2O(l)\rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}(aq,\text{黄色})+2H^+(aq)$，某化学小组对该平衡的移动和平衡常数 K 进行了以下探究：

【实验 1】配制 500mL0.1000mol·L^{-1} $K_2Cr_2O_7$ 溶液

(1) 用电子天平 (精确度 0.01g) 称取 $K_2Cr_2O_7$(摩尔质量：294.2$g\cdot mol^{-1}$) 的质量为_____g，再经过其它必要的步骤配制得到指定浓度的溶液。

【实验 2】探究浓度对平衡的影响

提供的仪器及试剂：数据采集器、pH 传感器、烧杯；$K_2Cr_2O_7$(0.1000mol·L^{-1}、0.2000mol·L^{-1}) 蒸馏水

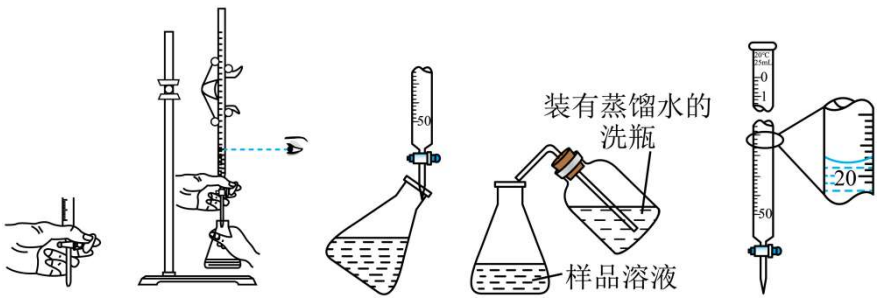
取 100mL 不同浓度的 $K_2Cr_2O_7$ 进行实验，经过足够时间后，相关记录和数据如下表所示：

	$K_2Cr_2O_7$ 初始浓度 (mol·L^{-1})	数据 X	K
①	0.1000	a	K_1
②	0.2000	b	K_2

(2) 需要测定的数据 X 为_____。

(3) 请根据数据 X 计算出 $K_1=$_____ (无需化简，用含 a 的代数式表示)，同理计算 K_2，得到 $K_1\approx K_2$，证明平衡常数大小与浓度无关。

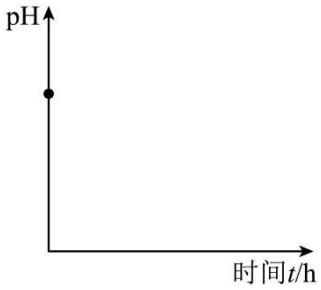
(4) 有同学发现计算得到的 K 值与理论相差较大，有可能是因为 $K_2Cr_2O_7$ 浓度不准确，因而需要用标准 $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 溶液滴定 $K_2Cr_2O_7$ 来获得精确浓度，在该滴定实验中，下列操作正确的是_____。



A. 调控滴定速度　　B. 滴定时，注视液面变化

C. 接近终点时，改为半滴加入　　D. 记录数据 20.20 mL

(5) 利用数据分析，还能证明 $c(Cr_2O_7^{2-})$ 增大，平衡正移，但 $Cr_2O_7^{2-}$ 自身的转化率变小。请画出往 100mL0.1000mol·$L^{-1}K_2Cr_2O_7$ 溶液中加入 2.942g$K_2Cr_2O_7$ 后 (保持溶液体积不变)，溶液 pH 随时间 t 的变化图_____ (已知 lg2＝0.3，画图时需标注相应的数据)。



【实验 3】探究温度对平衡的影响

	实验温度	$K_2Cr_2O_7$ 初始浓度 (mol·L^{-1})	数据 X
③	298K	0.1000	c
④	328K	0.1000	d

(6) 实验结果：$d<c$，_____ (填“能”或“不能”) 说明温度升高，平衡正移。理由：_____，请设计实验方案，证明该反应的热效应：_____。

(7)$K_2Cr_2O_7$ 在有机化学中也有重要应用，请举出一个例子：_____。

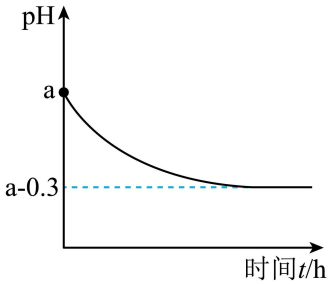
【答案】(1)14.71

(2)pH

(3)$K_1=\frac{a^2\cdot a^2}{0.1-0.5a}$

(4)AC

(5)



(6) 不能　　$d<c$，说明 $c(H^+)$ 减小，平衡逆向移动，　　取等量 0.1000mol/L $K_2Cr_2O_7$ 溶液，分别置于 298K、373K 条件下，测定溶液 pH，若温度升高，pH 减小，则正反应为吸热反应

(7) 酒驾检测

【详解】(1) 根据公式 $m=cVM$，其中 $c=0.1000mol\cdot L^{-1}$，$V=0.5L$，$M=294.2g\cdot mol^{-1}$，代入得：$m=0.1000mol\cdot L^{-1}\times0.5L\times294.2g\cdot mol^{-1}=14.71g$；

(2) 平衡常数 $K=\dfrac{c^2(CrO_4^{2-})\cdot c^2(H^+)}{c(Cr_2O_7^{2-})}$，已知 $Cr_2O_7^{2-}$ 初始浓度，需测定溶液 $c(H^+)$，进而推导 $c(CrO_4^{2-})$ 和平衡常数；

(3) 平衡时，$c(H^+)=a$ mol/L，则 $c(CrO_4^{2-})=amol/L$，$c(Cr_2O_7^{2-})=(0.1000-0.5a)$mol/L，$K_1=\dfrac{a^2\cdot a^2}{0.1-0.5a}$；

(4)A．滴定中需通过活塞控制流速，A 正确；

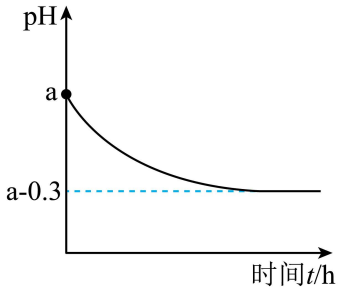
B．滴定时，应注视锥形瓶内溶液颜色变化，B 错误；

C．接近终点时，改为半滴加入，可以减少滴定误差，C 正确；

D．滴定管的大刻度在下方，图中的数据应为 19.80 mL，D 错误；

故正确选项为 AC；

(5) 初始时，100mL$0.1000mol\cdot L^{-1}K_2Cr_2O_7$ 溶液的 pH 由实验 2 中 $0.1000mol\cdot L^{-1}$ 组的 pH(设为 a) 决定；加入 $2.942gK_2Cr_2O_7$ 后，浓度变为 $0.2000mol\cdot L^{-1}$，平衡正移，$c(H^+)$ 增大，pH 减小，平衡后的 pH 为 $a-\lg2=a-0.3$，画图为



；

(6) 该实验的数据 X 是溶液 $c(H^+)$，$d<c$，说明 $c(H^+)$ 减小，平衡逆向移动，则不能说明温度升高，平衡正移；取等量 0.1000mol/L $K_2Cr_2O_7$ 溶液，分别置于 $298K$、$373K$ 条件下，测定溶液 pH，若温度升高，pH 减小，则正反应为吸热反应；

(7)$K_2Cr_2O_7$ 在酸性条件下将乙醇氧化为乙酸，自身被还原为 Cr^{3+}(颜色由橙色变为绿色)，用于酒驾检测。

8. (2026·湖北襄阳·一模) 某化学小组探究银镜反应后去除试管内壁附着银的方案。实验过程中，观察到的实验现象与理论预测有差异。

已知：I．该实验条件下，空气的影响忽略不计；

II．相关物质的溶解度 $(20^\circ C)$：$AgCl$ 为 $1.5\times10^{-4}g$，Ag_2SO_4 为 $0.796g$。

回答下列问题：

(1) 用一定浓度的 HNO_3 去除银镜，此法的缺点是_____。

(2) 小组同学认为铁盐也有较强的氧化性，探究能否用铁盐去除银镜，查阅资料发现：

①电极电势 φ 是衡量微粒氧化性的重要参数。如对于电极：氧化态 $+ne^-=$ 还原态，φ 越大，氧化态的氧化性越强；φ 越小，还原态的还原性越强。已知 $\varphi^\theta(Fe^{3+}/Fe^{2+})=0.77^\circ\ V$，$\varphi^\theta(Ag^+/Ag)=0.80V$，理论上 1mol/L$Fe^{3+}$ _____ 氧化 Ag(填“能”或者“不能”)。

②能斯特方程可计算不同状态下的电极电势：$\varphi=\varphi^\theta+\dfrac{0.059}{z}\times\lg\dfrac{c(\text{氧化型})}{c(\text{还原型})}$，其中标准电极电势 φ^θ 表

示 25℃时，当各离子浓度均为 1mol/L 时的电极电势（固体浓度视为 1）；z 表示该电极反应转移的电子数。小组同学提出可以改变 Ag^+ 的浓度，比如向其中加入 Cl^-，使 Ag^+ 变成沉淀 $AgCl$，将 Ag^+ 的浓度降到 10^{-5}mol/L，Ag^+/Ag 的电极电势从 0.80V 减小到_____ V，可_____单质 Ag 的还原性（填“增强”或者“减弱”）。

(3) 实验验证：分别向两支具有相同厚度银镜的试管中加入不同试剂，现象如表所示：

试管编号	加入试剂	实验现象
甲	5mL0.5mol/L $FeCl_3$ 溶液（过量，$pH=2$）	光亮的银镜消失，试管壁出现褐色沉淀
乙	5mL 0.25mol/L 的 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液（过量，$pH=2$）	银镜少部分溶解

①选用 $Fe_2(SO_4)_3$，溶液的浓度为 0.25° mol/L，目的是保证_____相等。

②甲乙两支试管中现象不同的原因为_____。

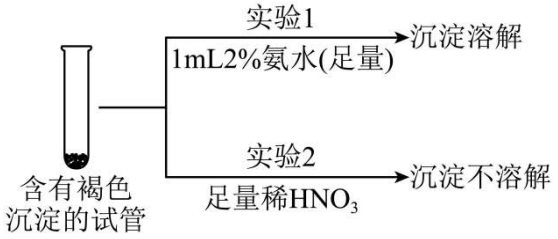
(4) 关于试管甲中褐色沉淀，分析结果表明，其中不含 Ag_2O。关于沉淀的组成提出了三种可能性：

a．$AgCl$（$AgCl$ 浸泡在黄色的 $FeCl_3$ 溶液中呈褐色）；

b．$AgCl$ 和 Ag；

c．Ag。

开展了下面 2 个探究实验：



由实验结果可知，X 的组成是_____（填标号）。

【答案】(1) 产生氮氧化物污染环境

(2) 不能　　0.505　　增强

(3) $c(Fe^{3+})$ 或者铁离子浓度　　$AgCl$ 比 Ag_2SO_4 溶解度更小，Cl^- 比 SO_4^{2-} 更有利于降低 Ag^+ 浓度，所以实验甲比实验乙正向进行的程度更大

(4) a

【详解】(1) 硝酸和银反应会生成氮氧化物，这类气体有毒，会污染环境；

(2) ①已知 $\varphi^{\theta}(Fe^{3+}/Fe^{2+})=0.77$° V，$\varphi^{\theta}(Ag^+/Ag)=0.80$° V，氧化还原反应中，只有氧化剂的电极电势大于还原剂的电极电势，反应才能自发进行，因为 0.77 V < 0.80 V，所以不能氧化 Ag；②根据能斯特方程：$\varphi=\varphi^{\theta}+\frac{0.059}{z}\times\lg\frac{c(\text{氧化型})}{c(\text{还原型})}$，已知 $c(Ag^+)=10^{-5}$ mol/L，代入得：$\varphi=0.8+0.059\times\lg(10^{-5})=0.8+0.059\times(-5)=0.505$ V；③电极电势越小，还原态 Ag 的还原性越强，所以单质 Ag 的还原性增强；

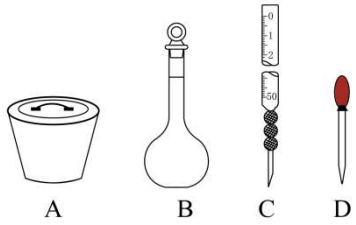
(3) ①选用 $Fe_2(SO_4)_3$，溶液的浓度为 0.25mol/L，目的是保证铁离子浓度相等（控制变量，排除铁离子浓度对实验的影响）；②甲乙两支试管中现象不同的原因为 $AgCl$ 比 Ag_2SO_4 溶解度更小，Cl^- 比 SO_4^{2-} 更有利于降低 Ag^+ 浓度，所以实验甲比实验乙正向进行的程度更大；

(4) 实验 1:加入足量氨水,沉淀溶解,$AgCl$ 能与氨水反应生成可溶性的 $[Ag(NH_3)_2]^+$,而 Ag_2O、Ag 与氨水不发生这个反应,所以沉淀中一定含有 $AgCl$;实验 2:加入足量稀 HNO_3,沉淀不溶解,Ag 与稀 HNO_3 反应,而 $AgCl$ 在稀 HNO_3 中不溶解,因此沉淀的组成是 $AgCl$,对应选项 a。

9. (2026·浙江·模拟预测) 对金属腐蚀机理与防护措施的研究是工程材料领域的重要课题。

I. 铁片酸化腐蚀速率影响因素的探究

(1) 盐酸的配制:配制 500mL $2mol\cdot L^{-1}$ 的盐酸,下列仪器需要用到的有_____(填标号)。



(2) 兴趣小组同学取 2◦ $mol\cdot L^{-1}$ 的盐酸和一定浓度的缓蚀剂,按下表所示配制系列反应试液,向试液中分别加入形状、质量均相同的打磨后的洁净铁片进行酸化腐蚀实验,$t$min 后取出铁片,移取 V_0mL 浸出液,加入过量还原剂后,用 $K_2Cr_2O_7$ 标准溶液滴定至终点。已知滴定过程中只发生反应:$6Fe^{2+}+Cr_2O_7^{2-}+14H^+=6Fe^{3+}+2Cr^{3+}+7H_2O$。记录的数据如下表所示。

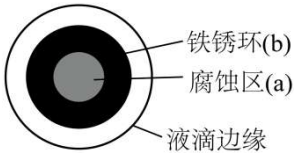
实验序号	温度 T/K	反应试液			$V_{消耗}(K_2Cr_2O_7)$/mL
		V(盐酸)/mL	$V(H_2O)$/mL	V(缓蚀剂)/mL	
i	303	50.0	55.0	0	V_1
ii	323	50.0	55.0	0	V_2
iii	323	x	y	0	V_3
iV	323	100.0	0	5.0	V_4

①表格中 $y=$_____;若 $V_4=0.2V_3$,则两种实验条件下铁片酸化腐蚀的速率之比 $v(iii):v(iv)=$_____。

②实验结果表明,其他条件相同时,盐酸浓度越大,铁片酸化腐蚀的速率越快。证明该结论的依据为_____(用含 V_1、V_2、V_3 或 V_4 的关系式表示)。

II. 铁片吸氧腐蚀的探究

兴趣小组同学在学习“吸氧腐蚀”时进行了如图所示实验:将 $NaCl$ 溶液滴在一块光亮清洁的铁板表面上,一段时间后发现,液滴覆盖的圆周中心区 (a) 被腐蚀而变暗,在液滴中心和边缘的中间区域形成棕色铁锈环 (b)。小组同学猜想该现象是由液滴中心和边缘处的溶解氧含量的差异引起的。



(3) 小组同学向棕色铁锈环 (b) 外侧滴加酚酞试液,酚酞试液变红,其原因为_____(用电极反应表示);请解释铁锈环 (b) 形成的原理:_____。

【答案】(1)*BD*

(2)5.0　　5:1　　$V_2<V_3$

(3)$O_2+2H_2O+4e^-=4OH^-$　　Fe^{2+} 由液滴中心向 (b) 区迁移，OH^- 由液滴边缘向 (b) 区迁移，Fe^{2+} 与 OH^- 在 (b) 区形成 $Fe(OH)_2$，$Fe(OH)_2$ 再进一步氧化、脱水形成铁锈

【详解】(1) 配制 500° mL2° mol·L^{-1} 的盐酸，需要使用的仪器有量筒、烧杯、玻璃棒、500° mL 容量瓶、胶头滴管，需要用到的仪器选 BD；

(2) ①该实验采用控制变量法，所有反应试液的总体积应保持一致，根据前两组实验，总体积为 50.0mL+55.0mL=105mL；实验 iii 无缓蚀剂，盐酸体积 $x=100.0$mL(和实验 iv 盐酸体积一致，对比缓蚀剂效果)，因此 $y=105mL-100.0mL-0=5.0$mL。 腐蚀速率与生成 Fe^{2+} 的量成正比，根据滴定反应 $n(Fe^{2+})=6n(Cr_2O_7^{2-})$，因此速率之比等于消耗 $K_2Cr_2O_7$ 的体积之比：$v(iii):v(iv)=V_3:V_4=V_3:(0.2V_3)=5:1$；

②要验证“其他条件相同时，盐酸浓度越大，铁片腐蚀速率越快”，需要控制温度相同、均不加缓蚀剂，只改变盐酸浓度：实验 ii(323K，盐酸体积 50mL) 和实验 iii(323K，盐酸体积 100mL)，若满足 $V_3>V_2$，即可证明结论；

(3) 根据上述分析可知，铁片吸氧腐蚀为原电池原理，铁锈环 (b) 外侧滴加酚酞试液，酚酞试液变红，说明该区呈碱性，即发生正极反应：$O_2+2H_2O+4e^-=4OH^-$；铁锈环 (b) 形成的过程为负极生成的 Fe^{2+} 由液滴中心向正极迁移，正极生成的 OH^- 由液滴边缘向负极迁移，Fe^{2+} 与 OH^- 在 (b) 区形成 $Fe(OH)_2$，$Fe(OH)_2$ 再进一步氧化、脱水形成铁锈。

10. (2026·广东茂名·一模) 研究影响化学反应速率的因素对生产生活有重要意义。

I．实验原理

研究小组利用分光光度计测量反应过程中溶液吸光度 A 的变化 (吸光度 A 与有色物质浓度成正比) 来跟踪反应进程。

II．实验准备

实验需要用到 80mL 0.1000 mol·L^{-1} $KMnO_4$ 溶液，配制该溶液时：

(1) 需要用到的玻璃仪器有烧杯、胶头滴管和_____、_____。(填仪器名称)

III．测定反应速率

将 2.00mL 1.0mol·L^{-1} $H_2C_2O_4$ 溶液与 0.50mL 0.1000mol·L^{-1} 酸性高锰酸钾溶液混合后，置于分光光度计中，记录溶液的吸光度降至最低且不再变化时所需时间为 $t$min。

(2) 酸性 $KMnO_4$ 溶液与 $H_2C_2O_4$ 溶液反应的离子方程式为_____。

(3)0~$t$min 内，平均反应速率 $v(KMnO_4)=$_____ $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$(列出表达式，忽略溶液混合引起的体积变化)。

IV．探究烯烃结构对反应速率的影响

查阅资料①烷基 ($-R$) 具有推电子效应，能增强相连碳碳双键的电子云密度。

②烯烃与溴加成时，Br_2 易与电子云密度大的碳碳双键反应。

基于资料，提出猜想

(4) 单烯烃和 Br_2 的反应速率与烷基的长度有关，烷基越长，反应速率越_____(填“快”或“慢”)。

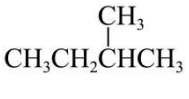
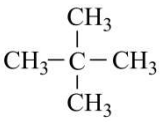
验证猜想相同体积的乙烯、丙烯、1－丁烯分别通入等体积等浓度的 Br_2 的 CCl_4 溶液中，测定溶液的吸光度从 A_0 降低到 A_1 所消耗的时间。

实验序号	烯烃	t/s
①	$CH_2=CH_2$	t_1
②	$CH_2=CH-CH_3$	t_2
③	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	t_3

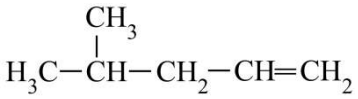
(5) 猜想成立的判断依据是_____。

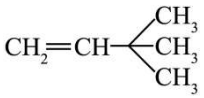
提出质疑小组成员发现 $t_2 \approx t_3$。推测：影响单烯烃与 Br_2 反应的速率除了烷基的推电子效应外，还存在其他因素。

教师指导空间位阻效应对有机物的物理性质和化学性质产生影响，有机分子中支链越多，基团越大，空间位阻效应越大；空间位阻效应：顺 −2− 丁烯＞反 −2− 丁烯。已知：

烷烃	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$		
沸点 /℃	36.1	27.9	9.5

(6) ①下列烯烃的沸点由大到小的顺序为_____(用选项编号排序)。

A. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH=CH_2$　　B. 

C. 

补充猜想空间位阻效应越大，单烯烃和 Br_2 的反应速率越小。

优化设计小组成员对下面两种烯烃进行了重复实验。

实验序号	烯烃	t/s
④	顺 −2− 丁烯	t_4
⑤	反 −2− 丁烯	t_5

②补充猜想正确的判断依据是_____。

实验结论

③推电子效应和空间位阻效应都会影响单烯烃与 Br_2 的反应速率。由于 $t_2 \gg t_4$，可判断_____为主要影响因素。

教师总结烯烃结构对反应速率影响的因素是多样的，具体情况具体分析。

【答案】(1) 玻璃棒　　100 mL 容量瓶

(2)$6H^+ + 2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 = 2Mn^{2+} + 10CO_2\uparrow + 8H_2O$

(3)$\dfrac{0.50\times10^{-3}\times0.1}{2.50\times10^{-3}\times t}$

(4) 快

(5)$t_1 > t_2 > t_3$

(6)$A > B > C$　　$t_4 > t_5$　　推电子效应

【详解】(1) 配制 80 mL 溶液时，需选用 100 mL 容量瓶；溶解、转移溶液还需要玻璃棒搅拌和引流。

(2) 酸性高锰酸钾溶液与草酸反应的离子方程式为 $6H^+ + 2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 = 2Mn^{2+} + 10CO_2\uparrow + 8H_2O$。

(3) 混合后总体积为 $2.00mL + 0.50mL = 2.50mL$，$KMnO_4$ 初始物质的量为 $0.50 \times 10^{-3}L \times 0.1000mol/L$，完全反应后浓度变化 $\Delta c = \frac{0.50 \times 10^{-3} \times 0.1000}{2.50 \times 10^{-3}} = 0.02mol/L$，因此平均速率 $v(KMnO_4) = \frac{0.02}{t} mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$。

(4) 根据题给信息，烷基越长推电子效应越强，碳碳双键电子云密度越大，越容易和 Br_2 反应，因此反应速率越快。

(5) 烷基越长反应速率越快，相同吸光度变化下，反应速率越快，消耗时间越短，因此若满足 $t_1 > t_2 > t_3$，即可证明猜想成立。

(6) ① 由题给烷烃沸点规律可知：烃的支链越多，沸点越低。三种烯烃中，A 为直链无支链、B 含 1 个支链、C 含 2 个支链，因此沸点顺序为 $A > B > C$；

② 根据猜想，空间位阻越大反应速率越小，已知顺 −2 − 丁烯空间位阻大于反 −2 − 丁烯，因此若顺 −2 − 丁烯反应时间更长，即 $t_4 > t_5$，即可证明猜想正确；

③ 丙烯双键连 1 个烷基，顺 −2 − 丁烯双键连 2 个烷基，二者推电子效应和空间位阻都是顺 −2 − 丁烯更大；实验结果 $t_2 \gg t_4$，说明顺 −2 − 丁烯反应速率远快于丙烯，推电子效应加快反应的影响占主导，因此推电子效应是主要影响因素。

11. (2026·广东湛江·一模) 镁的金属性较强，置换氢气的能力较强。

(1) 使用镁条完成置换氢气的实验前需用砂纸打磨一下镁条 (下述实验中所使用的镁条均已打磨)，打磨的目的是除去镁条表面的_____ (填化学式)。

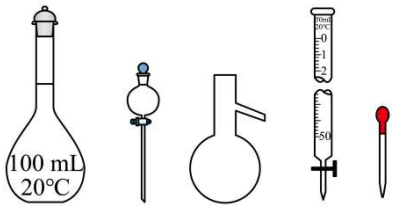
(2) 常温下，将镁条投入水中，镁条表面无明显变化，将水煮沸后，镁条表面会有气泡产生，发生反应的化学方程式为_____。

(3) 若将镁条投入 1.0mol · L^{-1} $FeCl_3$ 溶液中，镁条表面迅速产生大量气泡，同时溶液中产生红褐色沉淀，请结合离子方程式解释产生该实验现象的原因：_____。

(4) 某小组根据上述现象提出猜想：溶液酸性越强，镁置换氢气的速率越快碱性越强，置换氢气的速率越慢。

【设计方案并完成实验】甲同学根据上述猜想设计了 $NaOH$、Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 溶液与镁条的反应。

配制溶液时需用到下列仪器中的_____ (填写仪器名称)。



①实验室用 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ 晶体制备 100mL 1.0$mol \cdot L^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液。

②取四份质量、形状完全相同的镁条进行实验。

实验组	实验操作	现象
i	第一份镁条加入 50mL 蒸馏水中	一段时间后镁条上覆盖了少量气泡

ii	第二份镁条加入 50mL 1.0mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液中	持续快速产生大量气泡，溶液略显浑浊
iii	第三份镁条加入 50mL 1.0mol·L^{-1} Na_2CO_3 溶液中	有气泡产生，溶液略显浑浊
iv	第四份镁条加入 50mL 1.0mol·L^{-1} $NaOH$ 溶液中	无明显现象

【实验小结】小组同学根据实验现象，判断猜想不符合实际，判断的依据是_____。

(5) 反应速率差异的机理探究

查阅资料可知，$Mg(OH)_2$ 质地致密，会附在金属表面阻碍反应继续进行。

已知：$K_{a1}(H_2CO_3)=4.3\times10^{-7}$，$K_{a2}(H_2CO_3)=5.6\times10^{-11}$，$K_{sp}[Mg(OH)_2]=5.6\times10^{-12}$，$K_{sp}(MgCO_3)=3.5\times10^{-8}$，$K_w=1.0\times10^{-14}$.

①小组同学推测是 HCO_3^- 或 CO_3^{2-} 破坏了 $Mg(OH)_2$ 保护膜，使镁与水的反应可以继续进行，在 $NaHCO_3$ 体系中的反应为 $Mg(OH)_2+2HCO_3^- \rightleftharpoons Mg^{2+}+2CO_3^{2-}+2H_2O$，该反应的平衡常数 $K=$_____(列出算式，无须化简)。

②乙同学猜测 HCO_3^- 对 $Mg(OH)_2$ 保护膜的破坏能力强于 CO_3^{2-}，设计如下实验验证：

实验组	镁片预处理	加入溶液	气泡产生速率
v	预先制备 $Mg(OH)_2$ 保护膜	50mL 0.5$mol\cdot L^{-1}$ Na_2CO_3 溶液	极慢
vi	同v组	a mL b mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 溶液	较快

根据表中信息，补充数据：$a=$_____，$b=$_____。

根据结果可知吸附在金属表面的氢氧化镁可以溶解在碳酸氢钠溶液中，而 CO_3^{2-} 不能很好地破坏 $Mg(OH)_2$ 保护膜。

(6) 丙同学继续探究镁与碳酸钠溶液反应，实验组iii的沉淀成分中经检验存在 $MgCO_3$，$MgCO_3$ 质地疏松，不能有效阻止内部金属 Mg 与水的反应。从溶度积分析，理论上 $Mg(OH)_2$ 更易沉淀，但实际存在 $MgCO_3$ 的原因是_____。

教师指导：要充分认识化学反应的复杂性，影响化学反应的因素有很多，要抓到主要矛盾等解决问题。

【答案】(1)MgO

(2)$Mg+2H_2O(沸水) \rightleftharpoons Mg(OH)_2+H_2\uparrow$ 或 $Mg+2H_2O \overset{\Delta}{=} Mg(OH)_2+H_2\uparrow$

(3)$Fe^{3+}+3H_2O=Fe(OH)_3+3H^+$ 或 $3Mg+2Fe^{3+}+6H_2O=2Fe(OH)_3\downarrow+3Mg^{2+}+3H_2\uparrow$，$Mg$ 与 H^+ 反应产生大量 H_2，同时使 Fe^{3+} 水解平衡右移，产生 $Fe(OH)_3$ 沉淀

(4)100mL 容量瓶和胶头滴管　　$NaHCO_3$ 溶液和 Na_2CO_3 溶液均为碱性，但镁条在 $NaHCO_3$ 溶液和 Na_2CO_3 溶液中的反应速率均大于在中性的水中的反应速率

(5)$\dfrac{5.6\times10^{-12}\times(5.6\times10^{-11})^2}{(1.0\times10^{-14})^2}$　　50　　0.5

(6) 反应体系中 CO_3^{2-} 浓度较高，使 Mg^{2+} 与 CO_3^{2-} 的离子积大于 $MgCO_3$ 的溶度积，从而析出 $MgCO_3$

【详解】(1) 使用镁条完成置换氢气的实验前需用砂纸打磨镁条的目的是除去镁条表面的 MgO。

(2) 常温下，将镁条投入水中，镁条表面无明显变化，将水煮沸后，镁条表面会有气泡产生，发生反应的化学方程式为 $Mg+2H_2O(沸水)=Mg(OH)_2+H_2\uparrow$。

(3) $Fe^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+$，$Mg$ 与 H^+ 反应产生大量 H_2，同时使 Fe^{3+} 水解平衡右移，产生 $Fe(OH)_3$ 沉淀。

(4) ①实验室配制 100 mL $1.0mol\cdot L^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液，需用到 100 mL 容量瓶和胶头滴管。

② $NaHCO_3$ 溶液和 Na_2CO_3 溶液均为碱性，但由现象可知，与镁条反应产生气泡的速率：$NaHCO_3$ 溶液＞Na_2CO_3 溶液＞水＞$NaOH$ 溶液，与猜想不符。

(5) ① $Mg(OH)_2+2HCO_3^-\rightleftharpoons Mg^{2+}+2CO_3^{2-}+2H_2O$ 的平衡常数 K，表达式为 $K=\dfrac{c(Mg^{2+})\cdot c^2(CO_3^{2-})}{c^2(HCO_3^-)}=\dfrac{c(Mg^{2+})\cdot c^2(CO_3^{2-})\cdot c^2(H^+)\cdot c^2(OH^-)}{c^2(HCO_3^-)\cdot c^2(H^+)\cdot c^2(OH^-)}=[c(Mg^{2+})\cdot c^2(OH^-)]\cdot\left[\dfrac{c^2(H^+)\cdot c^2(CO_3^{2-})}{c^2(HCO_3^-)}\right]\cdot\dfrac{1}{[c^2(H^+)\cdot c^2(OH^-)]}=\dfrac{K_{sp}[Mg(OH)_2]\cdot K_{a2}^2}{K_w^2}$ 代入常数数值：$K_{sp}[Mg(OH)_2]=5.6\times10^{-12}$，$K_{a2}(H_2CO_3)=5.6\times10^{-11}$，$K_w=1.0\times10^{-14}$，可得 $K=\dfrac{5.6\times10^{-12}\times(5.6\times10^{-11})^2}{(1.0\times10^{-14})^2}$。

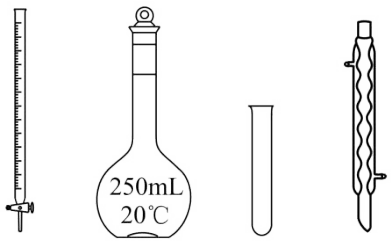
②该实验的自变量为阴离子种类，控制的无关变量为镁片规格、溶液体积与浓度、反应温度等相同，即 50mL $0.5mol\cdot L^{-1}$。

(6) 从溶度积分析，理论上 $Mg(OH)_2$ 更易沉淀，但碳酸钠与镁反应体系中 CO_3^{2-} 浓度较高，使 Mg^{2+} 与 CO_3^{2-} 的离子积大于 $MgCO_3$ 的溶度积，从而析出 $MgCO_3$。

12. (2026·广东·模拟预测) 实验小组针对 Al^{3+} 与 CH_3COO^- 水解反应相互促进过程展开探究。

回答下列问题：

(1) 在实验室用 $AlCl_3$ 固体配制 230 mL 一定物质的量浓度的 $AlCl_3$ 溶液时，下列仪器中一定需要用到的是_____(填选项字母)。



A　　B　　C　　D

(2) 实验小组对 $AlCl_3$ 与 CH_3COONa 溶液混合时的现象进行探究。

理论推导：对反应 $3CH_3COO^-+Al^{3+}+3H_2O\rightleftharpoons Al(OH)_3\downarrow+3CH_3COOH$ 进行平衡常数 K 的计算可判断该反应在常温下_____(填“能”或“不能”)发生，已知：$K_a(CH_3COOH)=1.75\times10^{-5}$，$K_{sp}[Al(OH)_3]=1.3\times10^{-33}$。

(3) 各取 20 mL、30 mL、50mL 1mol/L CH_3COONa 溶液分别加入 3 个盛有 10mL 0.33mol/L $AlCl_3$ 溶液的烧杯中，充分混合后均无明显现象。

分析推测：基于 $K_{sp}[Al(OH)_3]$ 视角，同学分析混合时未观察到白色沉淀的原因，提出两种猜想。

猜想 1：_____；

猜想 2：混合溶液后 Al^{3+} 浓度会降低。

查阅文献：Al^{3+} 完全沉淀的 pH 为 5.2，$Al(CH_3COO)_3$ 为弱电解质。

用 pH 传感器测得混合液的 pH 分别为 5.59，5.96，6.28，再对 3 个烧杯加热，均出现白色沉淀。

得出结论：pH 均高于 5.2，猜想①不成立；猜想②可能成立。

(4) 进一步实验：证明 $Al(CH_3COO)_3$ 为弱电解质。

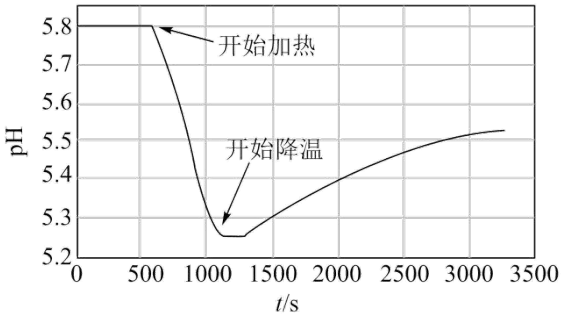
教师指导：溶液的导电能力用电导率来表征；稀溶液中若 2 种强电解质不发生化学反应，混合溶液的电导率具有加和性。即可利用电导率来进行验证。

实验数据：测出三种溶液的电导率如表所示，溶液混合产生的体积变化及 pH 变化引起的电导率变化均忽略不计。

实验顺序	i	*ii*	*iii*
溶液组成	$0.53gCH_3COONa$ 固体 +500mL 蒸馏水	$0.58gAlCl_3\cdot 6H_2O$ 固体 +500mL 蒸馏水	$0.53gCH_3COONa$ 固体 $+0.58gAlCl_3\cdot 6H_2O$ 固体 +500mL 蒸馏水
电导率	1014° μS/cm	1372μS/cm	1881μS/cm

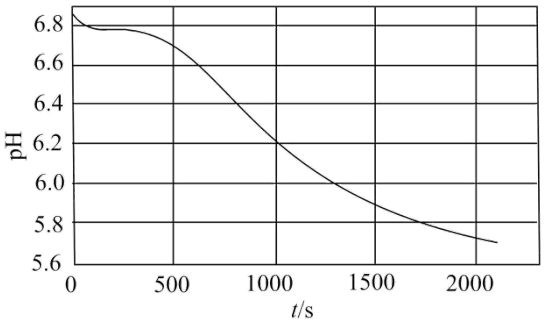
利用电导率结果解释溶液混合后有弱电解质 $Al(CH_3COO)_3$ 生成的原因：_____。

对实验 *iii* 的混合溶液持续加热至出现白色沉淀过程中的 pH 变化进行测定，结果如图所示：



结合图中数据解释持续加热产生白色沉淀的原因为_____。

(5) 拓展探究。将上述实验中的白色沉淀过滤、反复洗涤后再溶于水加热，用 pH 传感器测得 pH 变化如图所示。



①白色沉淀溶于水后的溶液显_____性 (填“酸”“中”或“碱”)。

②白色沉淀_____ (填“是”或“否”) 只含 $Al(OH)_3$。

③进一步查阅文献可知，醋酸铝在水中形成凝胶状物质，常以碱式盐 $Al(OH)(CH_3COO)_2$ 形式存在，其可电离出 $Al(OH)^{2+}$、CH_3COO^- 两种离子。则可推测水解程度：$Al(OH)^{2+}$ _____ CH_3COO^-(填“>”

或“＜”)。

(6)迁移解释。向100mL$pH=2$的CH_3COOH溶液中加入50gAl粉,并对混合溶液进行较长时间加热,预测反应现象为_____。

【答案】(1)B

(2)能

(3)混合溶液pH过低

(4)若$AlCl_3$与CH_3COONa不反应,则电导率之和应为1014μS/cm+1372μS/cm=2386μS/cm,但实测为1881μS/cm,明显小于理论值,故可推测生成了弱电解质　　图中pH下降,反映出加热过程中$Al(CH_3COO)_3$的电离程度以及Al^{3+}的水解程度增大,形成白色沉淀

(5)酸　　否　　＞

(6)溶液产生较多气泡,加热后溶液产生白色沉淀(答案合理即可)

【详解】某小组欲探究Al^{3+}与CH_3COO^-在水溶液中能否大量共存,实验中CH_3COONa溶液和$AlCl_3$溶液混合后没有白色沉淀生成,结合实验中数据,CH_3COONa溶液和$AlCl_3$溶液混合后电导率下降,说明离子浓度降低了,可能原因是Al^{3+}和CH_3COO^-形成的$Al(CH_3COO)_3$是弱电解质,以此解答。

(1)配制溶液应该选用250 mL容量瓶,其他仪器不需要使用,故选B项。

(2)$K=\dfrac{c^3(CH_3COOH)}{c^3(CH_3COO)^-)\times c(Al^{3+})}=\dfrac{K_w^3}{K_a^3(CH_3COOH)\times K_{sp}[Al(OH)_3]}\dfrac{(10^{-14})^3}{(1.75\times10^{-5})^3\times1.3\times10^{-33}}\approx1.4\times10^5>1$,故理论上能发生该反应。

(3)可能原因除混合溶液后Al^{3+}浓度降低外还有混合溶液pH过低。

(4)若$AlCl_3$与CH_3COONa不反应,则电导率之和应为1014μS/cm+1372μS/cm=2386μS/cm,但实测为1881μS/cm,明显小于理论值,故可推测生成弱电解质;图中pH下降,H^+浓度增大,说明是$Al(CH_3COO)_3$的电离平衡被促进,以及Al^{3+}的水解平衡被促进,共同作用形成白色沉淀。

(5)①图中初始$pH<7$,故溶液呈酸性。

②若只有$Al(OH)_3$,溶液不可能为酸性,故不仅仅有$Al(OH)_3$。

③只有水解程度$Al(OH)^{2+}>CH_3COO^-$才能出现溶液呈酸性。

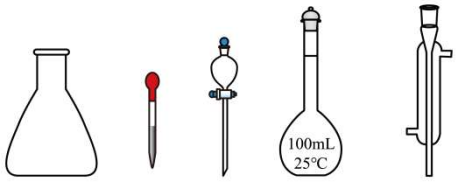
(6)Al会置换CH_3COOH中的H^+,产生气泡,根据前面的实验可知溶液中会生成弱电解质$Al(CH_3COO)_3$,加热促进电离和水解,产生白色沉淀。

13.(2026·广东·模拟预测)某小组同学探究铜与银盐溶液的反应。

(1)配制100mL0.3000mol/L$AgNO_3$溶液

①用托盘天平称取$AgNO_3$固体_____g。

②配制过程用到下图中的仪器有_____(填名称)。



(2)将铜片插入0.30mol/L$AgNO_3$溶液中,有银单质生成。比较氧化性大小:Ag^+_____Cu^{2+}。

(3)小组探究Cu片与$AgCl$悬浊液能否发生反应

①25℃时,$K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}$,在$AgCl$悬浊液中$c(Ag^+)=$_____。(已知:$\sqrt{1.8}=1.34$)

②查阅资料　电极电势可描述物质的氧化还原能力。数值越大，氧化型物质的氧化性越强；数值越小，还原型物质的还原性越强。标准电极电势 E^{θ} 在酸性条件下的数据如下：

氧化型物质 / 还原型物质	Cu^{2+}/Cu	Ag^{+}/Ag	$AgCl/Ag$	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}/Cu$	$[Ag(NH_3)_2]^{+}/Ag$	Fe^{3+}/Fe^{2+}
E^{θ}	$0.34V$	$0.80V$	$0.22V$	$-0.065V$	$0.37V$	$0.77V$

例如：$E^{\theta}(Cu^{2+}/Cu)<E^{\theta}(Ag^{+}/Ag)$，能发生反应 $Cu+2Ag^{+}=Cu^{2+}+2Ag$。

③分析讨论

甲同学认为 Cu 的金属性强于 Ag，Cu 能与 $AgCl$ 悬浊液顺利反应；

乙同学认为 $E^{\theta}(AgCl/Ag)<E^{\theta}(Cu^{2+}/Cu)<E^{\theta}(Ag^{+}/Ag)$，该反应难以进行。

④实验验证

步骤	现象	推理
i．将铜片浸入 $AgCl$ 悬浊液，放置 10 分钟	铜片表面无明显变化	/
ii．将 i 中装置置于黑暗环境下，放置 24 小时	铜片明显变黑，装置中出现灰黑色固体	该灰黑色固体为_____
iii．将 *ii* 反应后的混合物过滤，向滤液中滴加 $NaOH$ 溶液	产生蓝色沉淀	滤液中存在的金属离子是_____

⑤实验结论 Cu 能与 $AgCl$ 悬浊液反应，但速率较慢。

(4) 该小组继续探究如何加快 Cu 与 $AgCl$ 悬浊液的反应速率。

①向含 $AgCl$ 悬浊液的试管中滴加 5% 氨水至沉淀恰好消失。反应的离子方程式为_____。

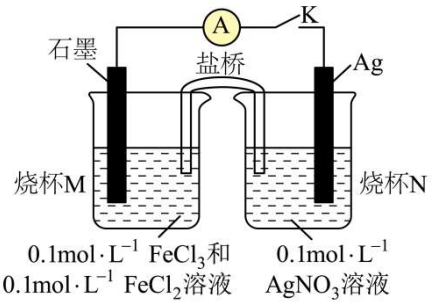
②向①中试管投入一小块铜片。铜片表面迅速变黑，10 分钟后溶液呈现浅蓝色，2 小时后试管底部出现银白色晶体。

原理分析　加入氨水能加快 Cu 与 $AgCl$ 悬浊液反应的原因是_____(结合电极电势知识)。

(5) 丙同学通过查阅资料发现，电极电势还受到离子浓度大小的影响。例如：

$$E(Cu^{2+}/Cu)=E^{\theta}(Cu^{2+}/Cu)+\frac{0.059}{2}\lg c(Cu^{2+})$$

基于图中原电池装置，设计实验证明：改变离子浓度可改变氧化还原反应的方向。



实验方案：闭合 K，电流表指针向右偏转，_____。(补充实验操作与现象，限选试剂：$Fe(NO_3)_3$ 固体、$NaNO_3$ 固体、$NaCl$ 固体、$AgNO_3$ 固体)

【答案】(1)5.1　　胶头滴管、100mL 容量瓶

(2) 大于

(3)$1.34\times10^{-5}mol/L$　　Ag(银)　　Cu^{2+}

(4)$AgCl+2NH_3\cdot H_2O=[Ag(NH_3)_2]^++Cl^-+2H_2O$　　加入氨水后，反应物变为 Cu 与 $[Ag(NH_3)_2]^+$，产物涉及 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$。$E^\theta([Ag(NH_3)_2]^+/Ag)=0.37V$ 远大于 $E^\theta([Cu(NH_3)_4]^{2+}/Cu)=-0.065V$，反应的驱动力(电势差)显著增大，因此反应速率加快

(5) 向烧杯 N 中加入少量 $AgNO_3$ 固体，电流表指针向左偏转

【详解】(1) ①配制 100mL0.3000mol/L$AgNO_3$ 溶液，根据物质的量浓度公式：$n(AgNO_3)=c\cdot V=0.3000mol/L\times0.1000L=0.03000mol$，$AgNO_3$ 的摩尔质量为 $170g/mol$，则质量为：$m(AgNO_3)=n\cdot M=0.03000mol\times170g/mol=5.100g$，由于托盘天平精度为 0.1 g，故称取 5.1 g。故答案为：5.1；

②配制一定物质的量浓度溶液的关键仪器包括：胶头滴管(用于定容时滴加蒸馏水)、100 mL 容量瓶(指定体积的精确容器)，图示中其他仪器(锥形瓶、分液漏斗、冷凝管)不参与该配制过程。胶头滴管、100mL 容量瓶。故答案为：胶头滴管、100mL 容量瓶；

(2) 将铜片插入 0.30mol/L$AgNO_3$ 溶液中，有银单质生成，反应中银离子为氧化剂，铜离子为氧化产物，氧化性：氧化剂大于氧化产物，氧化性大小：Ag^+ 大于 Cu^{2+}。故答案为：大于；

(3) ① 25℃ 时，$K_{sp}(AgCl)=1.8\times10^{-10}=c(Ag^+)c(Cl^-)=c^2(Ag^+)$，在 $AgCl$ 悬浊液中 $c(Ag^+)=\sqrt{1.8\times10^{-10}}=1.34\times10^{-5}$ mol/L。故答案为：$1.34\times10^{-5}mol/L$；

步骤 ii. 铜片表面生成的灰黑色固体为 Ag(银)。虽然标准电极电势 $E^\theta(AgCl/Ag)=0.22V<E^\theta(Cu^{2+}/Cu)=0.34V$，但长时间放置后，$AgCl$ 悬浊液中的微量 Ag^+(通过沉淀溶解平衡提供)与 Cu 发生置换反应：$Cu+2AgCl\rightleftharpoons CuCl_2+2Ag$ 生成的银单质因颗粒细小(纳米级)呈现灰黑色，而非块状银的银白色。

步骤 iii. 滤液中存在的金属离子：Cu^{2+}。向滤液中滴加 $NaOH$ 溶液产生蓝色沉淀($Cu(OH)_2$)，证明滤液中含有 Cu^{2+}，说明 Cu 已被氧化为 Cu^{2+}，证实反应发生。

故答案为：Ag(银)；Cu^{2+}；

(4) ①向含 $AgCl$ 悬浊液的试管中滴加 5% 氨水至沉淀恰好消失，加入氨水后，Ag^+ 与 NH_3 形成稳定的络离子 $[Ag(NH_3)_2]^+$，反应的离子方程式为 $AgCl+2NH_3\cdot H_2O=[Ag(NH_3)_2]^++Cl^-+2H_2O$。

原理分析：加入氨水后，反应物变为 Cu 与 $[Ag(NH_3)_2]^+$，产物涉及 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$。$E^\theta([Ag(NH_3)_2]^+/Ag)=0.37V$ 远大于 $E^\theta([Cu(NH_3)_4]^{2+}/Cu)=-0.065V$，反应的驱动力(电势差)显著增大，因此反应速率加快。

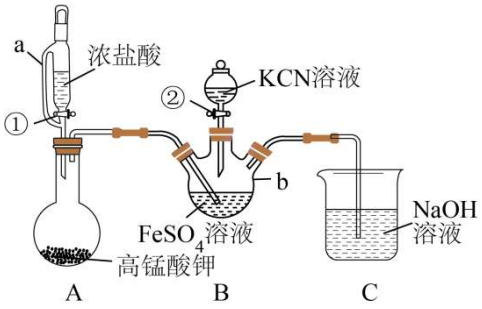
故答案为：$AgCl+2NH_3\cdot H_2O=[Ag(NH_3)_2]^++Cl^-+2H_2O$；加入氨水后，反应物变为 Cu 与 $[Ag(NH_3)_2]^+$，产物涉及 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$。$E^\theta([Ag(NH_3)_2]^+/Ag)=0.37V$ 远大于 $E^\theta([[Cu(NH_3)_4]^{2+}/Cu)=-0.065V$，反应的驱动力(电势差)显著增大，因此反应速率加快；

(5) 初始状态下，烧杯 M 中 Fe^{3+}/Fe^{2+} 电对的电极电势(由浓度决定)高于烧杯 N 中 Ag^+/Ag 电对的电极电势，反应正向进行(Ag 被氧化，Fe^{3+} 被还原)，电流表指针向右偏转。向烧杯 N 中加入 $AgNO_3$ 固体，增大 Ag^+ 浓度，根据能斯特方程，Ag^+/Ag 的电极电势升高。当 Ag^+/Ag 的电势超过 Fe^{3+}/Fe^{2+} 时，反应逆向进行(Fe^{2+} 被氧化，Ag^+ 被还原)，电流表指针向左偏转，证明离子浓度改变可逆转氧化还原反应方向。

实验方案：闭合 K，电流表指针向右偏转，向烧杯 N 中加入少量 $AgNO_3$ 固体，电流表指针向左偏转。故答案为：向烧杯 N 中加入少量 $AgNO_3$ 固体，电流表指针向左偏转。

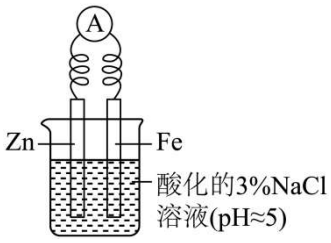
14. (2026·重庆·一模) 铁氰化钾又叫赤血盐，是一种深红色易溶于水的晶体，常用于检验 Fe^{2+}。

(1) 可用氯气氧化法制备 $K_3[Fe(CN)_6]$(铁氰化钾)，其实验装置如图所示：



仪器 b 的名称为_____，装置 A 中发生反应的离子方程式为_____。

(2) 船舶的外壳常用镶嵌锌块的方法避免船体遭受腐蚀，实验室模拟该过程如下：

实验	实验装置	实验步骤及现象
I		电流表指针偏转，Fe 电极上未见气泡生成：一段时间后，向 Fe 电极附近滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，生成蓝色沉淀。
II		电流表指针偏转，Fe 电极上未见气泡生成：一段时间后_____。

①实验 I 中，Zn 作_____极。

②对实验 I 中 Fe^{2+} 产生的原因作出如下猜想：

猜想 a：H^+ 直接将 Fe 氧化；

猜想 b：_____将 Fe 氧化；

猜想 c：$K_3[Fe(CN)_6]$ 将 Fe 氧化；

猜想 d：$K_3[Fe(CN)_6]$ 被 Zn 还原；

依据实验 I 中的现象可以否定猜想 a。

③理论分析：

资料 i：实验 I 条件下，$Fe^{2+}+6CN^- \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{4-}$ $K=1.0\times10^{35}$；$Zn^{2+}+4CN^- \rightleftharpoons [Zn(CN)_4]^{2-}$ $K=5.0\times10^{16}$。

若 $K_3[Fe(CN)_6]$ 被 Zn 还原，还原产物为_____，无法生成蓝色沉淀，猜想 d 不成立。

④完成实验 II _____(填操作和现象)，证明了猜想 c 成立同时猜想 b 不成立，其中生成 Fe^{2+} 的离子方程式为_____。

【答案】(1) 三颈烧瓶或三口烧瓶　　$2MnO_4^-+16H^++10Cl^-=2Mn^{2+}+5Cl_2\uparrow+8H_2O$

(2) 负　　O_2　　$[Fe(CN)_6]^{4-}$　　取 Fe 电极附近的溶液于试管中，滴入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，无蓝色沉淀产生　　$Fe+2[Fe(CN)_6]^{3-}=2[Fe(CN)_6]^{4-}+Fe^{2+}$

【详解】在装置 A 中，用浓盐酸和高锰酸钾发生反应制取氯气，将制得的氯气通入 B 中与 $FeSO_4$、KCN 溶液反应制取 $K_3[Fe(CN)_6]$，最后用 C 装置对未完全反应的氯气作尾气处理，防止污染空气；

(1) 由图知，仪器 b 的名称为三颈烧瓶或三口烧瓶；由分析知，装置 A 中发生反应的离子方程式为 $2MnO_4^-+16H^++10Cl^-=2Mn^{2+}+5Cl_2\uparrow+8H_2O$；

(2) ①锌比铁活泼，故锌做负极；

②在酸性的氯化钠溶液中存在氧气，氧气具有氧化性，能把铁氧化，所以猜想为：O_2 能将 Fe 氧化；

③若 $K_3[Fe(CN)_6]$ 被 Zn 还原，$K_3[Fe(CN)_6]$ 中 Fe 为 $+3$ 价，被还原为 Fe^{2+} 后，Fe^{2+} 再与 CN^- 结合为 $[Fe(CN)_6]^{4-}$，所以还原产物为 $[Fe(CN)_6]^{4-}$；

④要证明猜想 c 成立，即证明不是 O_2 将 Fe 氧化，可采用排除 $K_3[Fe(CN)_6]$ 的方法，具体操作和现象为：取实验Ⅰ中 Fe 电极附近的溶液于试管中，滴入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液，无蓝色沉淀产生；生成 Fe^{2+} 是因为 $K_3[Fe(CN)_6]$ 将 Fe 氧化，$K_3[Fe(CN)_6]$ 中 Fe 为 $+3$ 价，被还原为 $[Fe(CN)_6]^{4-}$，Fe 被氧化为 Fe^{2+}，根据得失电子守恒和电荷守恒，离子方程式为：$Fe+2[Fe(CN)_6]^{3-}=2[Fe(CN)_6]^{4-}+Fe^{2+}$。