



北大附中预科部 2023—2024 学年度阶段练习

化 学

2023.12

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：N 14 O 16 Zn 65 Ni 59

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 下列物质的用途涉及氧化还原反应的是

- A. 用 NaHCO_3 作食品膨松剂
- B. 用暖宝贴（成分：铁粉、水、食盐、活性炭等）供热
- C. 用饱和 Na_2CO_3 溶液和盐酸处理水垢中的 CaSO_4
- D. 用可溶性的铁盐、铝盐作净水剂

2. 锡 (${}_{50}\text{Sn}$) 与 Si 处于同一主族，由于锡具有一定的抗腐蚀性，镀锡的铁皮常用于制作罐头盒。下列说法不合理的是

- A. 原子半径： $\text{Sn} > \text{Si}$
- B. 金属性： Rb (铷) $> \text{Sn}$
- C. Sn 位于第四周期第 IVA 族，p 区
- D. 镀锡铁皮的镀层破损后，铁更容易被腐蚀

3. 下列解释事实的离子方程式不正确的是

- A. 用 Na_2S 去除废水中的 Hg^{2+} ： $\text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{HgS} \downarrow$
- B. 用醋酸溶解水垢中的碳酸钙： $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. 实验室用二氧化锰和浓盐酸共热制氯气： $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. 向明矾 [$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$] 溶液滴加 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液至 SO_4^{2-} 刚好沉淀完全：



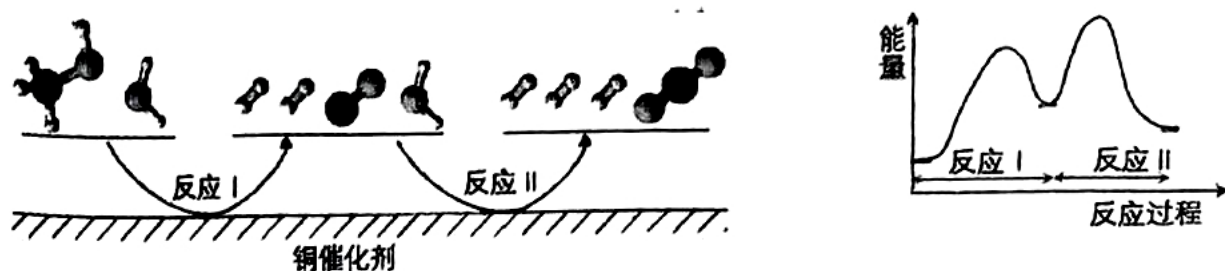
N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是

- A. 标准状况下，22.4 L Cl_2 与 NaOH 反应，转移的电子数约为 $2N_A$
- B. 密闭容器中 23 g NO_2 与 N_2O_4 的混合气体中氮原子数为 $0.5N_A$
- C. 1 L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHCO_3 溶液中， HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 离子数之和为 $0.1N_A$
- D. 密闭容器中 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 与 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 反应制备氨气，形成 $6N_A$ 个 N-H 键



5. 多相催化反应是在催化剂表面通过吸附、解吸过程进行的。我国学者发现 7°C 时（各物质均为气态），甲

醇与水在铜基催化剂上的反应机理和能量图如下：



下列说法正确的是

反应II的热化学方程式为： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H = +a \text{ kJ/mol}$ ($a > 0$)

1 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 和 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的总能量大于 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 的总能量

C. 选择优良的催化剂降低反应I和II的活化能，有利于减少过程中的能耗

D. $\text{CO}(\text{g})$ 在反应中生成又消耗， $\text{CO}(\text{g})$ 可认为是催化剂

6. 三氟化氮 (NF_3) 常用于微电子工业，可用以下反应制备：



下列说法中，正确的是

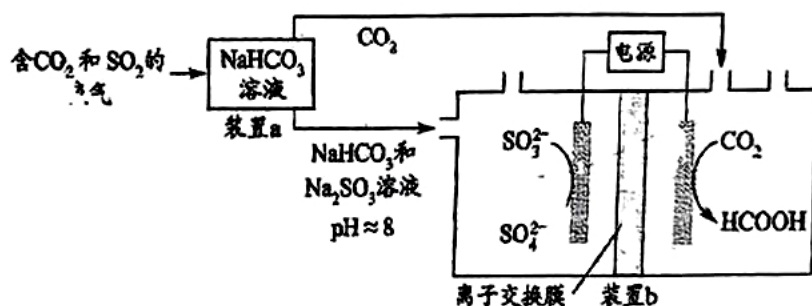
A. NF_3 的电子式为 $\begin{array}{c} \text{F} \cdot \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot \cdot \text{F} \\ \cdot \cdot \cdot \\ \text{F} \end{array}$

B. NH_4F 中仅含离子键

C. 在制备 NF_3 的反应中， NH_3 表现出还原性

D. NH_3 比 NF_3 的键角小

7. 回收利用工业废气中的 CO_2 和 SO_2 ，实验原理示意图如下。



下列说法不正确的是

A. 废气中 SO_2 排放到大气中会形成酸雨

B. 装置 a 中溶液显碱性的原因是 HCO_3^- 的水解程度大于 HCO_3^- 的电离程度

C. 装置 a 中溶液的作用是吸收废气中的 CO_2 和 SO_2

D. 装置 b 中的总反应为 $\text{SO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{HCOOH} + \text{SO}_4^{2-}$

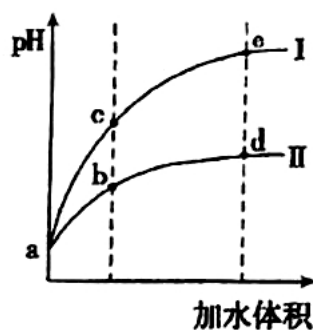


8. 依据下列实验现象可以推出结论的是

选项	实验	现象	结论
A	<p>① 10% H_2O_2 溶液 MnO₂ ② 5% H_2O_2 溶液</p>	①中产生大量气体 ②中无明显现象	MnO ₂ 是 H_2O_2 分解的催化剂
B	<p>$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$</p>	压缩体积, 气体颜色加深	气体颜色加深是平衡正向移动的结果
C	<p>一段时间后滴入 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液</p>	铁表面产生蓝色沉淀	Zn 不能对 Fe 起到保护作用
D	<p>10滴 0.1 mol/L $AgNO_3$ 溶液 2 mL 0.1 mol/L KI 溶液 充分振荡后静置 0.1 mol/L $NaCl$ 溶液</p>	先产生黄色沉淀 滴加 2 mL $NaCl$ 后, 上清液 无明显变化	$K_{sp}(AgCl) > K_{sp}(AgI)$

9. 某温度下, 将 pH 和体积均相同的 HCl 和 CH_3COOH 溶液分别加水稀释, 其 pH 随加水体积的变化如图所示。下列叙述正确的是

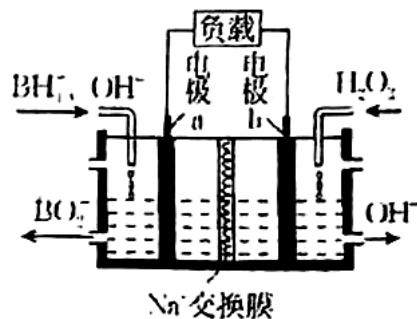
- A. 曲线 II 代表 HCl 的稀释过程
 B. 溶液中水的电离程度: b 点 < c 点
 C. 从 b 点到 d 点, 溶液中所有离子浓度均下降
 D. 该温度下, b 点 K_w 的数值比 e 点大





10. 一种以 NaBH_4 和 H_2O_2 为原料的新型电池的工作原理如图所示。下列说法不正确的是

- A. 电池的正极反应为 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^-$
 B. 电池放电时, Na^+ 移向 b 极区
 C. 温度越高, 该电池性能提高越大
 D. 理论上两极分别产生的 OH^- 和 BO_2^- 的物质的量之比为 8: 1



11. 利用废铝箔 (主要成分为 Al, 含少量 Mg、Fe 等) 制明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 的一种工艺流程如下:



下列说法不正确的是

- A. ①中生成 H_2 : $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2\uparrow$
 B. 操作 a 是过滤, 以除去难溶于 NaOH 溶液的杂质
 C. ②③中加入稀硫酸的作用均是除去杂质
 D. 由④可知, 室温下明矾的溶解度小于 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 K_2SO_4 的溶解度

12. 在一定温度下, 将气体 X 和气体 Y 各 0.4 mol 充入 4 L 恒容密闭容器中, 发生反应:

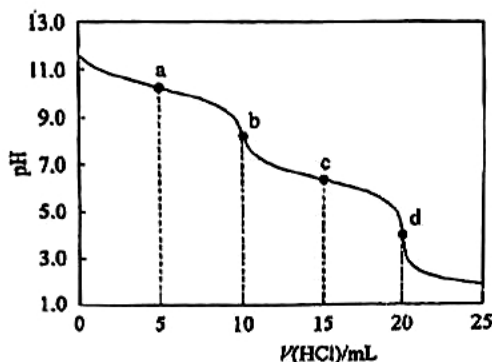
$\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。一段时间后达到平衡, 反应过程中测定的数据如下表, 下列说法不正确的是

t/min	2	4	10	15
n(Y)/mol	0.32	0.28	0.20	0.20

- A. 反应前 4 min 平均速率 $v(\text{X}) = 7.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 B. 该温度下此反应的平衡常数: $K = 20$
 C. 其他条件不变, 降低温度, 反应达到新平衡前: $v(\text{逆}) < v(\text{正})$
 D. 保持其他条件不变, 起始时向容器中充入 0.8 mol 气体 X 和 0.8 mol 气体 Y, 到达平衡时, Y 的转化率为 50%



13. 室温下，向 10 mL 0.100 mol/L Na_2CO_3 溶液中逐滴滴加 0.100 mol/L HCl 溶液，整个反应过程中无气体逸出。测得混合溶液的 pH 随加入 HCl 溶液体积的变化如右图。下列说法不正确的是



- A. a 点溶液的溶质主要为 NaCl 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3
 B. b 点溶液中 $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{H}_2\text{CO}_3)$
 C. c 点溶液中 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$
 D. 取 d 点溶液加热至沸腾，然后冷却至室温，溶液的 pH 增大
14. 某小组同学用乙醛进行银镜反应实验时，补充做了以下实验。

已知： $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$

实验①

银氨溶液 (pH=8.2) $\xrightarrow{\text{1滴10\% NaOH}}$ 混合液 (pH=10.2) $\xrightarrow[\text{静置3分钟}]{\text{3滴乙醛}}$ 光亮的银镜

实验②

银氨溶液 (pH=8.2) $\xrightarrow{\text{几滴浓氨水}}$ 混合液 (pH=10.2) $\xrightarrow[\text{静置较长时间}]{\text{3滴乙醛}}$ 无明显现象

下列关于该实验的分析不正确的是

- A. 实验①中加入 NaOH 后，溶液中 $c(\text{NH}_3)$ 增大
 B. 实验①中发生的氧化反应为 $\text{CH}_3\text{CHO} + 3\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
 C. 实验表明，乙醛还原的是 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 中的 $\text{Ag}(\text{I})$
 D. 对比实验①和②知，形成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 后 $\text{Ag}(\text{I})$ 氧化性降低



第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. (10 分)

含氮化合物具有非常广泛的应用。

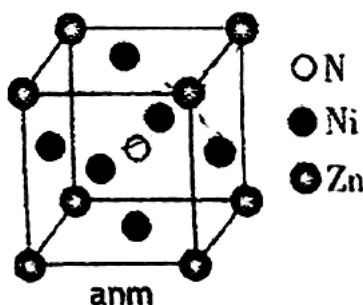
- (1) 基态氮原子的电子有_____种空间运动状态。
 (2) 很多有机化合物中含有氮元素。

物质	A (对氨基苯甲酸)	B (邻氨基苯甲酸)
结构简式		
熔点	188°C	145°C
作用	防晒剂	制造药物及香料

- ① 组成物质 A 的 4 种元素的电负性由大到小的顺序是_____。
 ② A 的熔点高于 B 的原因是_____。
 ③ A 可以与多种过渡金属元素形成不同结构的配合物。其中 A 和 Ag^+ 可形成链状结构，在下图虚线内画出 A 的结构简式。



- (3) 氮元素可以与短周期金属元素形成化合物。 Mg_3N_2 是离子化合物，比较两种微粒的半径：
 Mg^{2+} _____ N^{3-} (填“>”、“<”或“=”)，从结构角度解释_____。
 (4) 氮元素可以与过渡金属元素形成化合物，其具备高硬度、高化学稳定性和优越的催化活性等性质。某三元氮化物是良好的超导材料，其晶胞结构如图所示。



- ① 基态 Ni 原子价层电子的轨道表示式为_____。
 ② 与 Zn 原子距离最近且相等的 Ni 原子有_____个。
 ③ N_A 表示阿伏伽德罗常数的值。若此晶体的密度为 $\rho \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，则晶胞的边长为 $a =$ _____ nm。(1 nm = 10^{-7} cm)



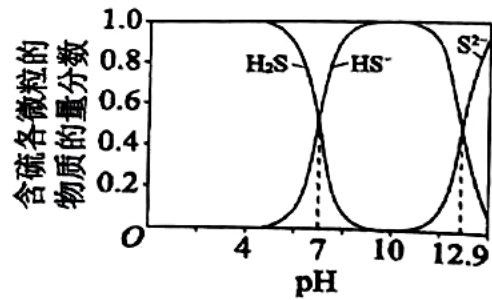
16. (12分)

-2 价含硫化合物对大气和水体都有污染，对石油开采和炼制过程中产生的废液、废气（其中硫元素的主要化合价是-2 价）进行处理，防止污染环境。

已知：i. -2 价硫元素易被氧化为 S 或 SO_4^{2-}

ii. 在 25 °C 时，1 体积水可溶解约 2.6 体积的 H_2S 气体

iii. H_2S 、 HS^- 、 S^{2-} 在水溶液中的物质的量分数随 pH 的分布曲线如图



iv. 氢硫酸和碳酸的电离常数如下表。

	K_{a1}	K_{a2}
H_2S	1.0×10^{-7}	1.3×10^{-13}
H_2CO_3	4.5×10^{-7}	4.7×10^{-11}

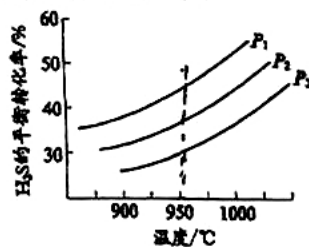
(1) 碱法脱硫

用 K_2CO_3 溶液吸收 H_2S 。

- ① 用化学用语表示 K_2CO_3 溶液显碱性的原因：_____。
- ② 用过量的 K_2CO_3 溶液吸收 H_2S 的离子方程式是_____。

(2) 热分解法脱硫

在密闭容器中发生反应 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_2(?) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 。其他条件不变时， H_2S 的平衡转化率随温度和压强的变化如下图。



- ① $P_3 > P_2 > P_1$ ，反应中 S_2 _____（填“是”或“不是”）气态，理由是_____。
- ② 实际反应在高温下进行的原因是_____。

(3) 沉淀法处理含硫废水

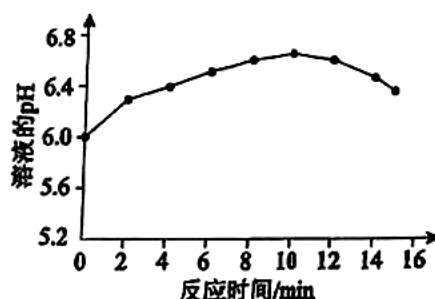
向 $\text{pH} \approx 10$ 的含硫废水中加入适量 FeSO_4 溶液，产生黑色沉淀且溶液的 pH 降低。

- ① $\text{pH} \approx 10$ 的含硫废水中含 -2 价硫元素的主要微粒是_____。
- ② 用化学平衡移动原理解释 pH 降低的原因：_____。

(4) 氧化法处理含硫废水

向含硫废水中加入稀 H_2SO_4 调节溶液的 pH 为 6。

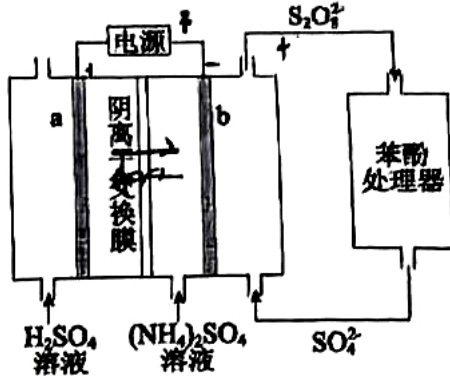
- ① 根据电离常数计算溶液中 $c(\text{H}_2\text{S}) : c(\text{HS}^-) =$ _____ : 1。
- ② 再加入 0.15 mol/L H_2O_2 溶液，溶液的 pH 变化如图。结合离子方程式解释 10 min 后 pH 减小的原因：_____。





17. (11分)

$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 电化学循环氧化法可用于废水中苯酚的降解，示意图如下。



(1) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的电解法制备

已知：电解效率 η 的定义为 $\eta(\text{B}) = \frac{n(\text{生成B所用的电子})}{n(\text{通过电极的电子})} \times 100\%$

① 电极 b 是 _____ 极。

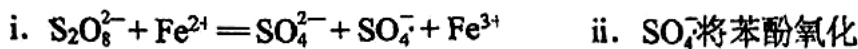
② 生成 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的电极反应式是 _____。

③ 向阳极室和阴极室各加入 100 mL 溶液。制备 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的同时，还在电极 b 表面收集到 2.5×10^{-4} mol 气体，气体是 _____。经测定 $\eta(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ 为 80%，不考虑其他副反应，则制备的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的物质的量浓度为 _____ mol/L。

(2) 苯酚的降解

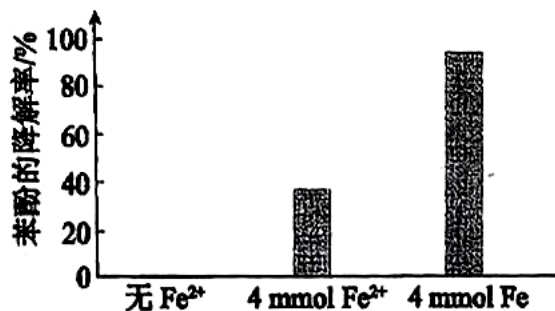
已知： $\text{SO}_4^{\cdot -}$ 具有强氧化性， Fe^{2+} 浓度较高时会导致 $\text{SO}_4^{\cdot -}$ 猝灭。

$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 可将苯酚氧化为 CO_2 ，但反应速率较慢。加入 Fe^{2+} 可加快反应，过程为：



① $\text{SO}_4^{\cdot -}$ 氧化苯酚的离子方程式是 _____。

② 将电解得到的含 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 溶液稀释后加入苯酚处理器，调节溶液总体积为 1 L， $\text{pH}=1$ ，测得在相同时间内，不同条件下苯酚的降解率如图。



用等物质的量的铁粉代替 FeSO_4 ，可明显提高苯酚的降解率，主要原因是 _____。

(3) 苯酚残留量的测定

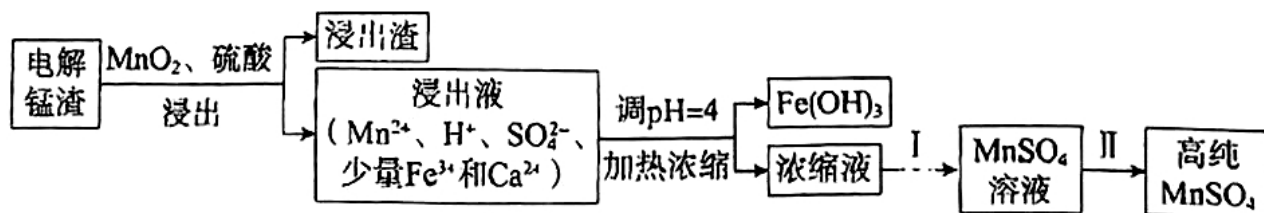
已知：电解中转移 1 mol 电子所消耗的电量为 F 库仑

取处理后的水样 100 mL，酸化后加入 KBr 溶液，通电。电解产生的 Br_2 全部与苯酚反应，当苯酚完全反应时，消耗的电量为 a 库仑，则样品中苯酚的含量为 _____ g/L。（苯酚的摩尔质量：94 g/mol）



18. (13分)

电解锰渣的主要成分是 MnS 。一种由电解锰渣制取高纯 MnSO_4 的流程如下。

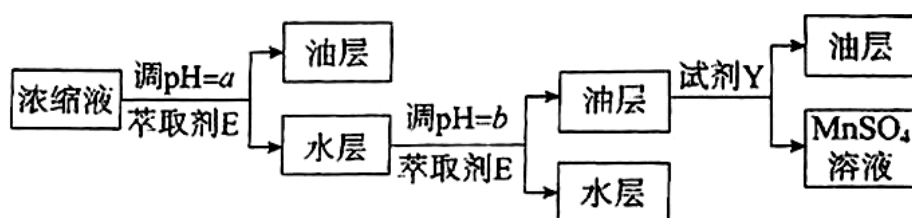


(1) MnS 与 H_2SO_4 发生复分解反应的离子方程式为_____。

(2) 浸出过程中，加入 MnO_2 可减少有毒气体的生成，同时产生更多 MnSO_4 。利用的 MnO_2 的化学性质是_____。

(3) 结合离子方程式解释从浸出液中除去 Fe^{3+} 的操作的原理：_____。

(4) 过程I除去 Ca^{2+} 并富集 Mn^{2+} 的流程如下。



已知：a. 萃取剂 E 是溶解了 P204 (记为 HA) 的磺化煤油 (一种有机溶剂)；

b. HA 为一元弱酸，难溶于水，结构为 $\text{RO}-\text{P}(\text{OH})_2$ ($\text{R} = -\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)；

c. 萃取时发生反应 $\text{M}^{2+} + 2\text{HA} \rightleftharpoons \text{MA}_2 + 2\text{H}^+$ (M^{2+} 表示 Ca^{2+} 或 Mn^{2+})。

①从结构角度分析 MA_2 可溶于磺化煤油的原因：_____。

②反应 $\text{M}^{2+} + 2\text{A}^- \rightleftharpoons \text{MA}_2$ 的平衡常数用 β 表示。已知 $\beta(\text{CaA}_2) > \beta(\text{MnA}_2)$ 。判断调 pH 时 a _____ b (填“<”或“>”)，结合平衡常数解释原因：_____。

③试剂 Y 是_____。

(5) 不同温度下， MnSO_4 的溶解度如表。

温度/ $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	60	80	90	100
溶解度/g	52.9	59.7	62.9	62.9	60.0	53.6	45.6	40.9	35.3

过程II的操作为_____，洗涤，干燥。



19. (12分)

实验小组同学为探究 Fe^{2+} 性质，进行如下实验。

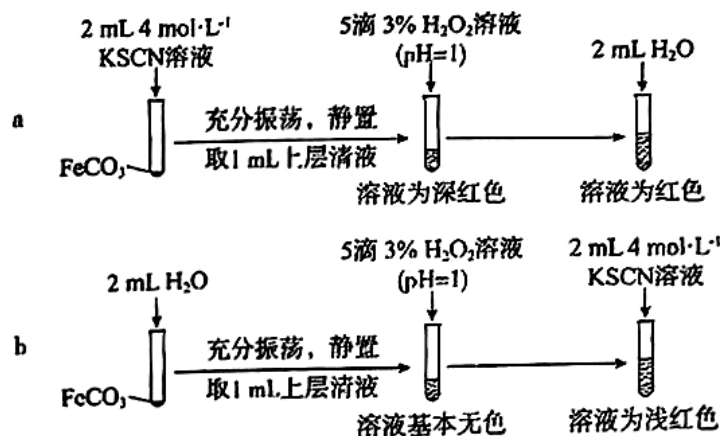
【实验I】向 $2\text{ mL } 0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ FeSO}_4$ 溶液中滴 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ KSCN}$ 溶液，无明显现象，再滴加几滴 $3\% \text{ H}_2\text{O}_2$ 溶液（用 H_2SO_4 酸化至 $\text{pH}=1$ ），溶液颜色变红。

(1) 甲同学通过上述实验分析 Fe^{2+} 具有_____（填“氧化”或“还原”）性。

乙同学查阅资料发现 Fe^{2+} 与 SCN^- 可发生反应，生成无色的配合物。为证实该性质，利用 FeCO_3 进行如下实验。

(2) FeCO_3 的制备：用过量 NH_4HCO_3 溶液与 FeSO_4 溶液反应得到 FeCO_3 ，离子方程式为_____。

【实验II】验证 Fe^{2+} 与 SCN^- 发生反应

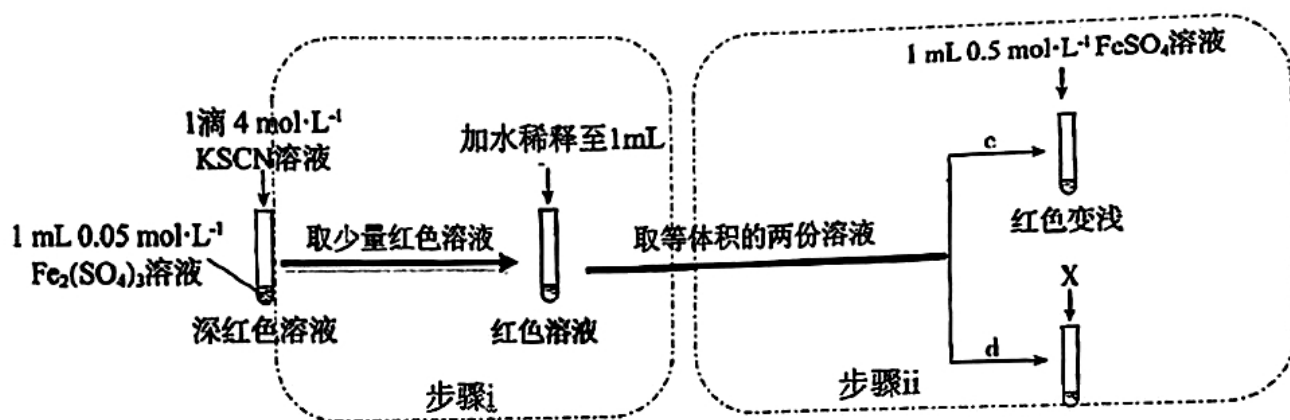


(3) 实验 b 目的_____。

(4) 从沉淀溶解平衡角度解释实验 a 和 b 最终溶液颜色不同的原因是_____。

丙同学设计实验进一步证明 Fe^{2+} 可与 SCN^- 反应。

【实验III】



(5) 上述实验中，d 为 c 的对照实验。

①X 为_____。

②实验能够证实 Fe^{2+} 可与 SCN^- 反应，则应观察到的现象是_____。

(6) 实验III中若无步骤 i，则无法通过现象得出结论。推测步骤 i 目的可能有：使后续实验颜色变化易于观察；降低 $c(\text{Fe}^{3+})$ ，_____。