

本试卷共8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：H 1 C 12 O 16 F 19 Ca 40 Cu 64 Zn 65

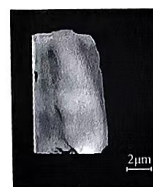
第一部分

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. 中国首次在月球上发现新矿物并命名为“嫦娥石”，其晶体组成为  $\text{Ca}_8\text{YFe}(\text{PO}_4)_7$ 。

${}_{39}\text{Y}$  是一种稀土元素，常以  $\text{Y}^{3+}$  形式存在。下列说法不正确的是

- A. Y 属于金属元素                      B. Ca 属于 s 区元素  
C. 嫦娥石中 Fe 的化合价为 +3      D. 可利用 X 射线衍射法获取其晶体结构



2. 我国科研团队在人工合成淀粉方面取得突破性进展，通过  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  制得  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，进而合成了淀粉  $[(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n]$ 。用  $N_A$  代表阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

- A. 0.2 mol  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  混合气体的分子数为  $0.4 N_A$   
B. 通过  $\text{CO}_2$  与  $\text{H}_2$  制得 32 g  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，转移电子数为  $4 N_A$   
C. 标准状况下，22.4 L  $\text{CH}_3\text{OH}$  中含有  $3 N_A$  的 C—H 键  
D. 16.2 g 淀粉  $[(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n]$  中含 C 原子数为  $0.6 N_A$

3. 下列化学用语或图示表达不正确的是

- A. 基态 C 原子的价层电子轨道表示式： $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow \\ \hline 2s \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 2p \\ \hline \end{array}$

- B. 反-2-丁烯的分子结构模型：

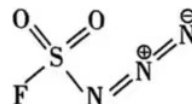
- C. 丙酮的结构简式： $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$

- D.  $\text{N}_2$  的电子式： $:\text{N}::\text{N}:$

4. 下列所给事实对应离子方程式书写不正确的是

- A. 饱和碳酸钠溶液中通入二氧化碳产生沉淀： $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Na}^+ \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$   
B. 硝酸银溶液中加入过量氨水： $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{H}_2\text{O}$   
C. 草酸溶液中滴入酸性高锰酸钾溶液： $5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ \rightleftharpoons 10\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$   
D. 硝酸亚铁溶液中加入稀硫酸： $3\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

5. 我国科研人员发现氟磺酰基叠氮 ( $\text{FSO}_2\text{N}_3$ ) 是一种安全、高效的“点击化学”试剂, 其结构式如右图, 其中 S 为 +6 价。下列说法正确的是

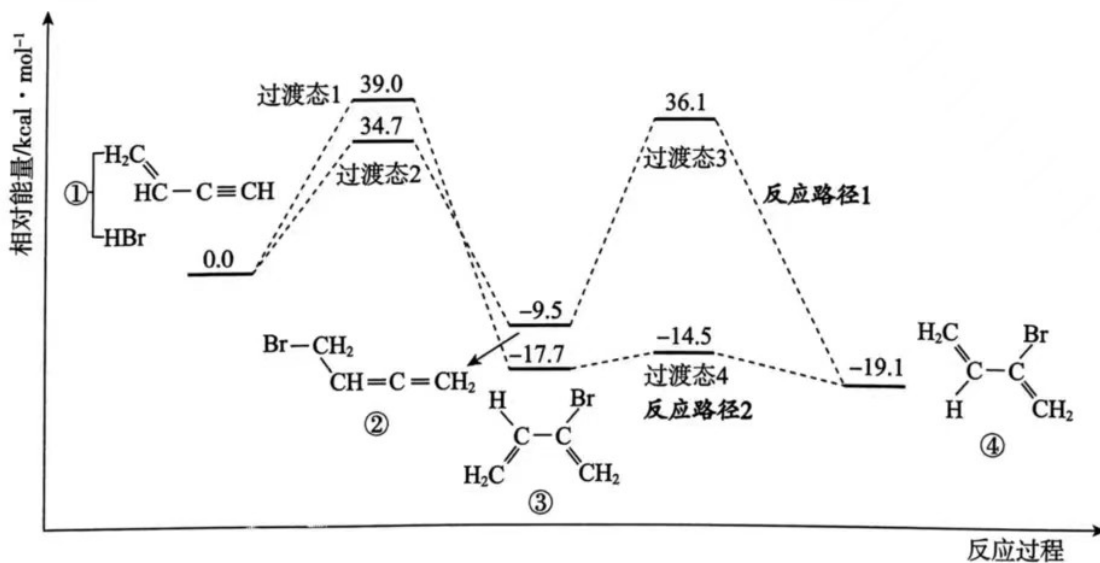


- A. 该分子中 S 原子的价层电子对数为 4
- B. 该分子中 N 原子均为  $sp^2$  杂化
- C. 电负性:  $\text{F} > \text{O} > \text{S} > \text{N}$
- D. 第一电离能:  $\text{F} > \text{O} > \text{N} > \text{S}$

6. 根据如图所示装置进行实验, 能得到相应结论的是

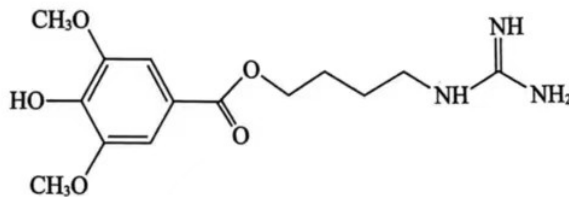
	试剂 a、b	现象	结论	装置
A	Cu、稀 $\text{HNO}_3$	产生的无色气体在导管口变红棕色	Cu 和稀 $\text{HNO}_3$ 反应生成 $\text{NO}_2$	
B	漂白粉、浓 HCl	导管口放置的湿润蓝色石蕊试纸先变红后褪色	漂白粉和浓 HCl 反应生成 $\text{Cl}_2$	
C	Na、75% 酒精溶液	收集产生的气体, 移近火焰, 发出爆鸣声	Na 和 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 反应生成 $\text{H}_2$	
D	电石、饱和食盐水	产生的气体使酸性高锰酸钾溶液褪色	$\text{CaC}_2$ 与 $\text{H}_2\text{O}$ 反应生成 $\text{C}_2\text{H}_2$	

7. 通过理论计算发现,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$  与  $\text{HBr}$  发生加成反应时, 通过不同的路径都可以生成有机物④, 其反应过程及相对能量变化如下图所示。下列说法不正确的是



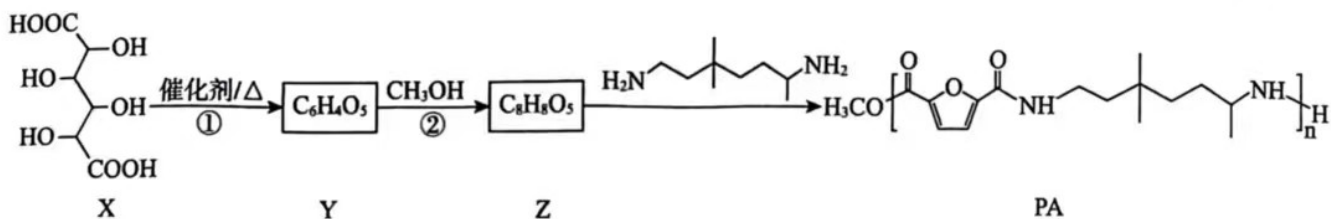
- A. 反应物经过过渡态 2 生成中间体发生的是 1, 4-加成
- B. 推测物质的稳定性顺序为: ④ > ③ > ②
- C. 反应路径 1 中最大能垒为  $39.0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 催化剂不会改变总反应的  $\Delta H$

3. 益母草碱是一种中药提取物, 具有清热解毒、活血祛瘀等功效, 结构简式如右图。下列有关该化合物的说法正确的是

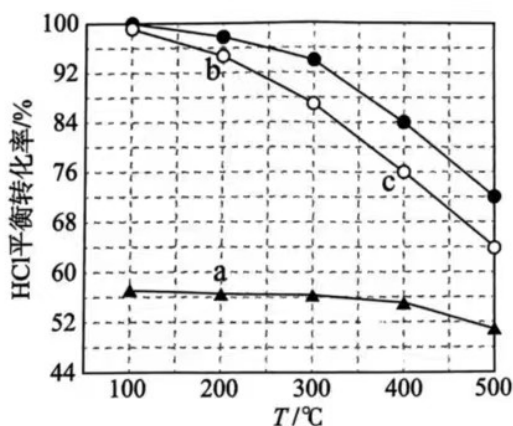


- A. 分子式为  $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{O}_5$
- B. 分子中含有手性碳原子
- C. 有两种含氧官能团
- D. 能与强酸、强碱反应

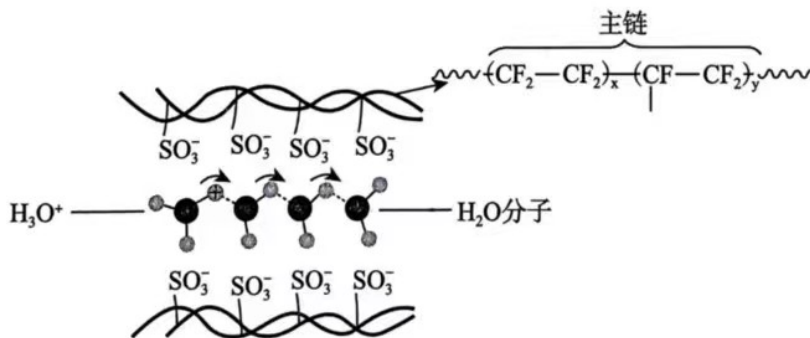
9. 聚酰胺 (PA) 具有良好的力学性能, 一种合成路线如下图所示。下列说法不正确的是



- A. Y 中含有五元环  
 B. ②是酯化反应  
 C. 该合成路线中甲醇可循环使用  
 D. PA 可发生水解反应重新生成 Z
10. 一定温度下, 在恒容密闭容器中发生反应:  
 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。进料浓度比  $[c(\text{HCl}) : c(\text{O}_2)]$  分别为 1:1、4:1、7:1 时, HCl 平衡转化率随温度变化的关系如右图。下列说法不正确的是

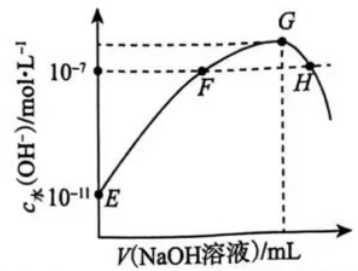


- A. 1 mol H—Cl 键断裂的同时有 1 mol H—O 键断裂, 则反应达到了平衡状态  
 B. 该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量  
 C. a、b、c 三点中 a 点对应的  $\text{O}_2$  平衡转化率最高  
 D. 若 HCl 的初始浓度为  $c_0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{HCl}) : c(\text{O}_2) = 1 : 1$  时,  $K(400^\circ\text{C}) = \frac{0.42^4}{0.84^4 \times 0.21c_0}$
11. 全氟磺酸质子交换膜广泛用于酸性氢氧燃料电池。其传导质子的原理示意图如下。电池放电时,  $-\text{SO}_3\text{H}$  脱出  $\text{H}^+$ , 生成的  $-\text{SO}_3^-$  会吸引邻近水分子中的 H, 在电场的驱动下,  $\text{H}^+$  以水分子为载体, 在膜中沿“氢键链”迅速转移, 达到选择透过的效果。

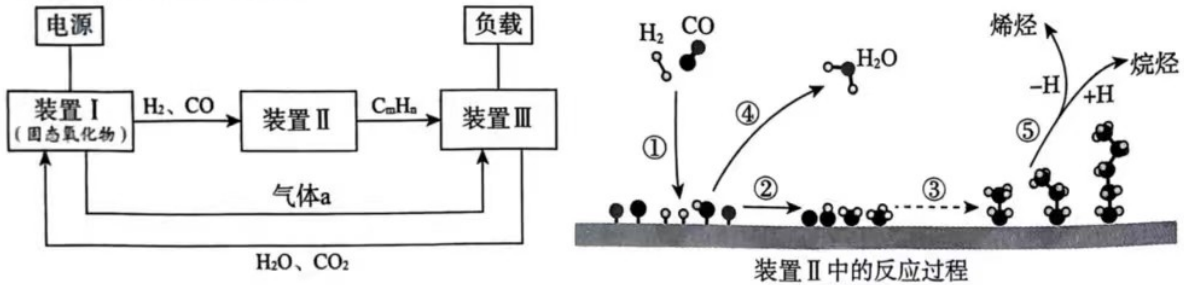


- 下列说法不正确的是
- A. 全氟磺酸质子膜属于有机高分子材料  
 B. 电池放电时,  $-\text{SO}_3\text{H}$  脱出的  $\text{H}^+$  参与正极反应  
 C. 与烃链相比, 采用氟代物作为主链, 可使  $-\text{SO}_3\text{H}$  的酸性减弱  
 D. 主链疏水, 内侧  $-\text{SO}_3^-$  亲水, 形成了质子传导的水通道

12. 常温下, 向新制氯水中滴加 NaOH 溶液, 溶液中水电离出的 OH<sup>-</sup> 浓度与 NaOH 溶液体积之间的关系如图所示。下列推断正确的是
- A. E、H 点溶液的 pH 分别为 3 和 7  
 B. F 点对应的溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{ClO}^-)$   
 C. G 点对应的溶液中:  $c(\text{Na}^+) > c(\text{ClO}^-) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$   
 D. E~H 点对应的溶液中,  $c(\text{Cl}^-) + c(\text{ClO}^-) + c(\text{HClO}) + c(\text{Cl}_2)$  为定值

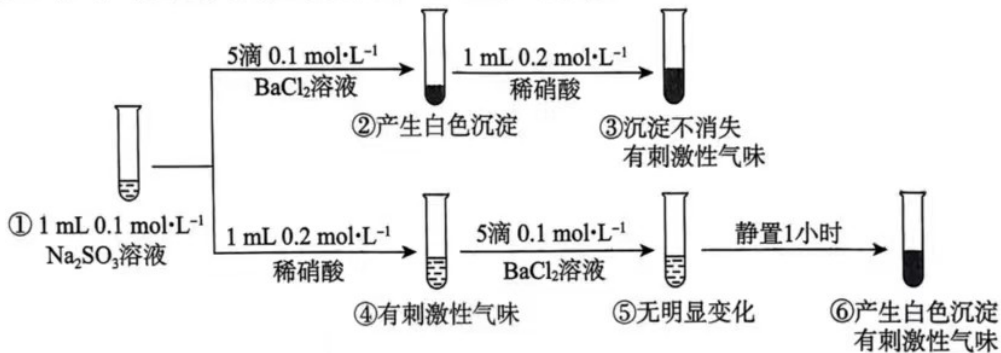


13. 利用可再生能源提供的能量可高温共电解 H<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub>, 并实现清洁燃料的制备。其工作流程和反应原理如图所示:



下列说法不正确的是

- A. 装置 I 中生成气体 a 的电极反应为  $2\text{O}^{2-} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow$   
 B. 装置 II 中过程①~③均有极性键的断裂和生成  
 C. 装置 III 中消耗 1 mol C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> 理论上转移 (4m+n) mol e<sup>-</sup>  
 D. 该过程中 CO<sub>2</sub> 的循环利用率理论上可达 100%
14. 为探究 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 的性质, 实验小组同学进行了如下实验:



下列说法一定正确的是

- A. ③和④中产生的气体成分完全相同  
 B. ②和⑥中沉淀的主要成分不同  
 C. ①→②和④→⑥均只发生了复分解反应  
 D. SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的还原性在酸性条件下增强

## 第二部分

本部分共 5 题, 共 58 分。

15. (10 分) 氟在已知元素中电负性最大、非金属性最强, 其单质在 1886 年才被首次分离出来。

(1) 基态 F 原子的核外电子排布式为\_\_\_\_\_。

(2) 氟氧化物 O<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、OF<sub>2</sub> 的结构已经确定。

- ① 依据数据推测 O—O 键的稳定性: O<sub>2</sub>F<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
 (填 “>” 或 “<”)。

	O <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
O—O 键长 /pm	121	148

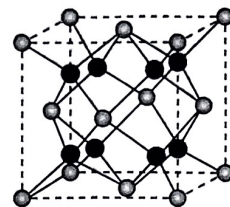
- ② OF<sub>2</sub> 中 F—O—F 键角小于 H<sub>2</sub>O 中 H—O—H 键角, 解释原因: \_\_\_\_\_。

(3) HF 是一种有特殊性质的氢化物。

① 已知：氢键 (X—H···Y) 中三原子在一条直线上时，作用力最强。测定结果表明，(HF)<sub>n</sub> 固体中 HF 分子排列为锯齿形，画出含 2 个 HF 的重复单元结构：\_\_\_\_\_。

② HF 溶剂中加入 BF<sub>3</sub> 可以解离出 H<sub>2</sub>F<sup>+</sup> 和具有正四面体形结构的阴离子，写出该过程的离子方程式：\_\_\_\_\_。

(4) 工业上用萤石（主要成分 CaF<sub>2</sub>）制备 HF。CaF<sub>2</sub> 晶体的一种立方晶胞如右图所示。



① CaF<sub>2</sub> 晶体中距离 Ca<sup>2+</sup> 最近的 F<sup>-</sup> 有 \_\_\_\_\_ 个。

② 晶体中 Ca<sup>2+</sup> 与 F<sup>-</sup> 的最近距离为  $d$  nm ( $1 \text{ cm} = 10^7 \text{ nm}$ )，阿伏加德罗常数值为  $N_A$ 。

该晶体的密度  $\rho =$  \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (列出计算式)。

16. (11 分) 阿伏加德罗常数 ( $N_A$ ) 是一座“桥梁”，连接了宏观世界和微观世界的数量关系。通过电解法可测得  $N_A$  的数值。

已知：

i. 1 个电子所带电量为  $1.60 \times 10^{-19}$  库仑。

ii. EDTA-2Na (乙二胺四乙酸二钠) 能形成可溶含铜配离子。

iii.  $K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ ,  $K_{sp}(\text{CuS}) = 6.3 \times 10^{-36}$ 。

【实验一】用铜片和铂丝为电极，电解硫酸酸化的 CuSO<sub>4</sub> 溶液。测得通过电路的电量为  $x$  库仑。电解完成后，取出铜片，洗净晾干，铜片质量增加了  $m$  g。

(1) 铜片应连接电源的 \_\_\_\_\_ (填“正极”或“负极”)。铂丝尖端产生气泡，其电极反应式为 \_\_\_\_\_。理论上，产生气体与析出铜的物质的量之比为 \_\_\_\_\_。

(2) 本实验测得  $N_A =$  \_\_\_\_\_  $\text{mol}^{-1}$  (列出计算式)。

【实验二】为减少含重金属电解液的使用，更换电解液，同时更换电极与电源的连接方式。电解完成后，取出铜片，洗净晾干，铜片质量减小。

实验	电解液	实验现象
①	0.25 mol · L <sup>-1</sup> NaOH 溶液	铜片表面为灰蓝色
②	0.25 mol · L <sup>-1</sup> EDTA-2Na 和 0.25 mol · L <sup>-1</sup> NaOH 混合液 (pH=8)	铜片表面仍为红色

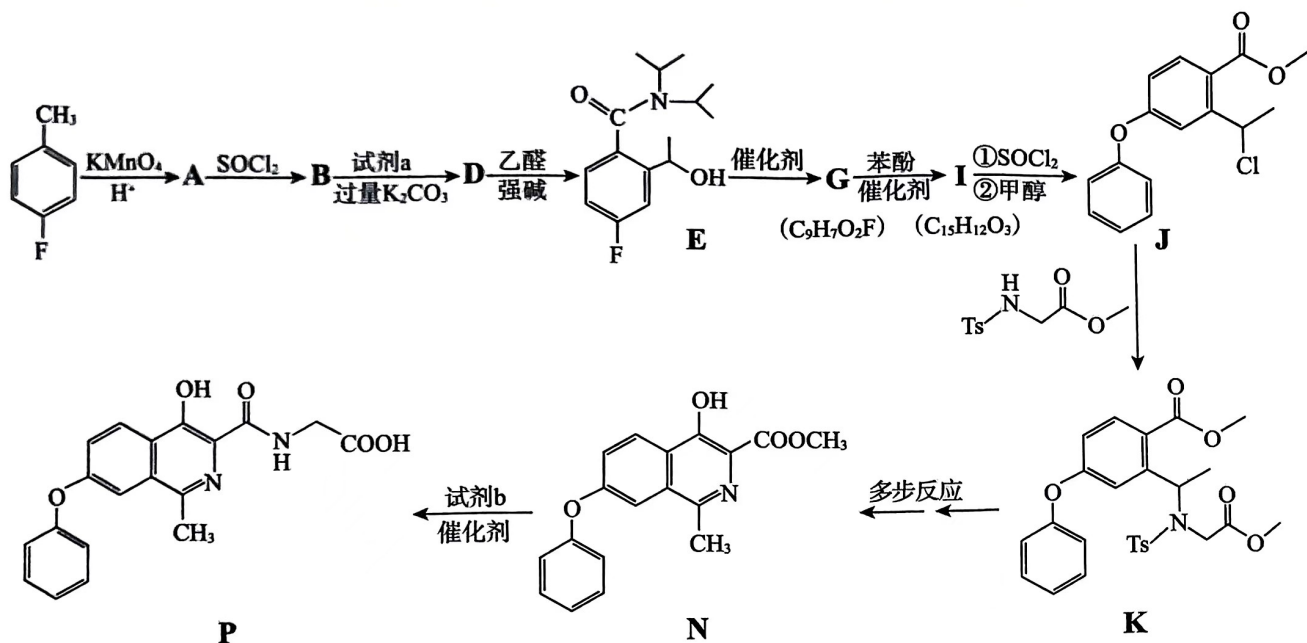
(3) 实验①和②中各配制电解液 500 mL，使用的主要仪器有天平、烧杯、玻璃棒、胶头滴管和 \_\_\_\_\_。

(4) 经检验，实验①中的灰蓝色成分主要是 Cu(OH)<sub>2</sub>。从平衡移动角度解释 EDTA-2Na 在测定  $N_A$  的数值中的作用：\_\_\_\_\_。

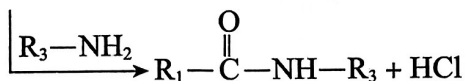
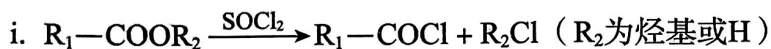
(5) 电解过程中，若观察到铜片上有小气泡产生，利用铜片质量减小计算  $N_A$  的数值 \_\_\_\_\_ (填“偏大”、“偏小”或“不变”)。

(6) 实验结束后处理电解液：将取出的电解液加入过量硫酸，过滤，得到白色固体 EDTA 和滤液 a；向滤液 a 中先加入 NaOH 调 pH ≈ 8，再加入 Na<sub>2</sub>S，解释不直接加入 Na<sub>2</sub>S 的原因及 Na<sub>2</sub>S 的作用：\_\_\_\_\_。

17. (11分) 罗沙司他可用于治疗由慢性肾病引发的贫血，其中一种合成路线如下。



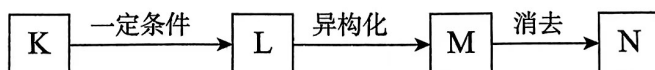
已知：



ii. -Ts表示某易离去的基团



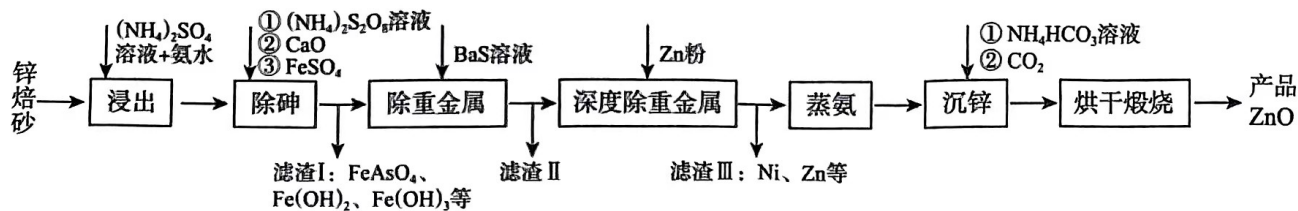
- (1) A 含有的官能团为\_\_\_\_\_。
- (2) B  $\rightarrow$  D 的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (3) D  $\rightarrow$  E 的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (4) G 的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (5) K 经多步可得到 N，写出 L 与 M 的结构简式。



L: \_\_\_\_\_ ; M: \_\_\_\_\_。

- (6) 试剂 b 分子式为  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ 。N  $\rightarrow$  P 的转化过程中，还会发生多个副反应。写出其中一个副反应产物的结构简式：\_\_\_\_\_ (核磁共振氢谱有 2 组峰，且峰面积之比为 2 : 1)。

18. (13分) 工业上利用锌焙砂(主要成分为  $ZnO$ , 含有少量  $CuO$ 、 $As_2O_3$ 、 $NiO$  等) 生产高纯  $ZnO$  的流程示意图如下。



(1) 用足量  $(NH_4)_2SO_4$  溶液和氨水“浸出”锌焙砂。

①“浸出”前, 锌焙砂预先粉碎的目的是\_\_\_\_\_。

②通过“浸出”步骤, 锌焙砂中的  $ZnO$  转化为  $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ , 该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(2) “浸出”时  $As_2O_3$  转化为  $AsO_3^{3-}$ 。“除砷”步骤①中用  $(NH_4)_2S_2O_8$  作氧化剂, 步骤①反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(3) “除重金属”时, 加入  $BaS$  溶液。滤渣 II 中含有的主要物质是\_\_\_\_\_和  $BaSO_4$ 。

(4) “蒸氨”时会出现白色固体  $ZnSO_4 \cdot Zn(OH)_2$ , 运用平衡移动原理解释原因:\_\_\_\_\_。

(5) “沉锌”步骤①中加入足量  $NH_4HCO_3$  溶液将白色固体转化为  $ZnCO_3$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(6) “煅烧”步骤中, 不同温度下,  $ZnCO_3$  分解的失重曲线和产品  $ZnO$  的比表面积变化情况如图 1、图 2 所示。

已知: i. 固体失重质量分数 =  $\frac{\text{样品起始质量} - \text{剩余固体质量}}{\text{样品起始质量}} \times 100\%$ 。

ii. 比表面积指单位质量固体所具有的总面积; 比表面积越大, 产品  $ZnO$  的活性越高。

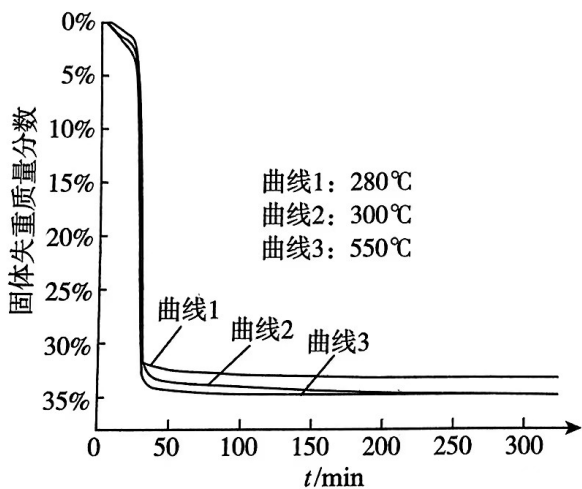


图 1

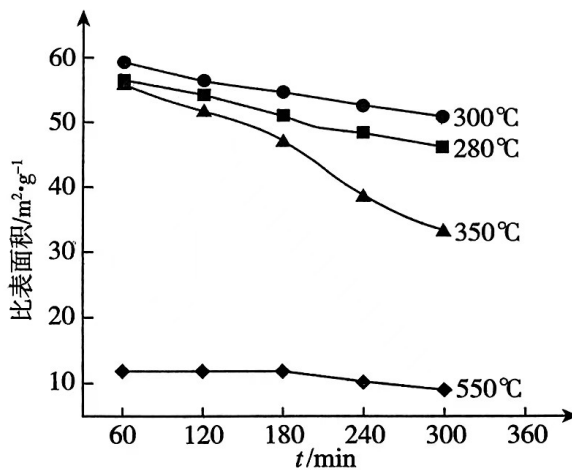


图 2

① 280°C 时煅烧  $ZnCO_3$ , 300 min 后固体失重质量分数为 33.3%, 则  $ZnCO_3$  的分解率为\_\_\_\_\_% (保留到小数点后一位)。

② 根据图 1 和图 2, 获得高产率 ( $ZnCO_3$  分解率 > 95%)、高活性 ( $ZnO$  比表面积 >  $40 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) 产品  $ZnO$  的最佳条件是\_\_\_\_\_ (填字母序号)。

a. 恒温 280°C, 60 ~ 120 min

b. 恒温 300°C, 240 ~ 300 min

c. 恒温 350°C, 240 ~ 300 min

d. 恒温 550°C, 60 ~ 120 min

(7) 该流程中可循环利用的物质有\_\_\_\_\_。

19. (13分) 某兴趣小组研究  $\text{FeSO}_4$  溶液与  $\text{NaOH}$  溶液反应过程中的物质变化。

(1) 小组实验

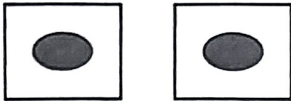
向 2 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  新制  $\text{FeSO}_4$  溶液中滴加少量  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液，生成白色沉淀，迅速变为灰绿色，颜色逐渐加深。充分振荡，静置一段时间后变为红褐色。写出由白色沉淀变为红褐色沉淀反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。



(2) 探究灰绿色沉淀的成因

猜想 1: 白色沉淀吸附  $\text{Fe}^{2+}$ ，呈现灰绿色。

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

实验	操作	试剂 (均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	实验现象
I		i. _____ ii. 2 滴 $\text{NaOH}$ 溶液	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。
II	向两片玻璃片中心分别滴加试剂 i 和 ii，面对面快速夹紧。	i. 2 滴 $\text{FeSO}_4$ 溶液 1 滴 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液 ii. 2 滴 $\text{NaOH}$ 溶液	玻璃片夹缝中立即有灰绿色浑浊。

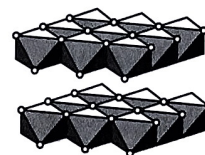
①将试剂 i 补充完整。

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



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

iii.  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。

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  $\text{SO}_4^{2-}$ ，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  $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量为  $6.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 。

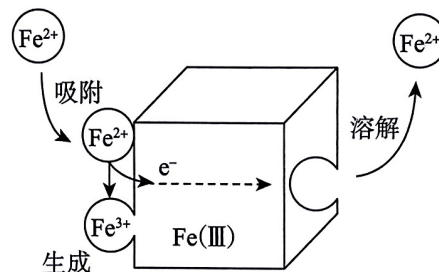
③取样品液 25.00 mL，用  $0.0050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液滴定至终点，消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液 25.60 mL。写出该滴定过程中反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

④取样品液 25.00 mL，加适量水及  $\text{KI}$  固体静置后，立即以  $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液滴定至浅黄色，再加入淀粉溶液滴定至蓝色恰好消失，消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液 12.80 mL。

结论：用  $\text{Fe(II)}_x\text{Fe(III)}_y(\text{OH})_z(\text{SO}_4)_m$  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  $\text{Fe}^{2+}$  可与沉淀中已有的  $\text{Fe(III)}$  快速发生电子转移，使沉淀呈现灰绿色。原理如右图所示。



①利用同位素示踪法证明电子转移过程的存在：将  $^{56}\text{Fe(OH)}_3$  固体与  $^{57}\text{FeSO}_4$  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：\_\_\_\_\_。