2026 北京昌平高三（上）期末

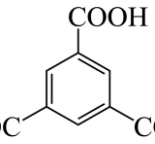
化　　学

本试卷满分共 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，将答题卡交回。

可能用到的相对原子质量：H-1 C-12 N-14 O-16 Fe-56

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. 2025 年诺贝尔化学奖授予了在金属有机框架(MOFs)领域做出贡献的三位科学家。金属有机框架(MOFs)是一类由金属离子或金属团簇与有机配体形成的三维多孔材料。一种 MOF 材料由 Zn^{2+}与 1，3，5-苯三甲酸()构成，可实现 H_2、CO_2 的存储与分离。下列说法不正确的是

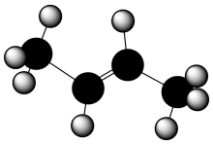
A. H_2、CO_2 均属于极性分子

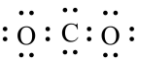
B. $_{30}Zn$ 元素位于元素周期表 ds 区

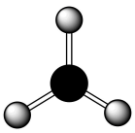
C. Zn^{2+}与 1，3，5-苯三甲酸以配位键结合

D. Zn^{2+}无法与苯形成 MOF 材料

2. 下列化学用语或图示表达不正确的是

A. 反-2-丁烯的球棍模型：

B. CO_2 的电子式：

C. SO_3 的 VSEPR 模型：

D. 基态 $_{24}Cr$ 原子的价电子排布式：$3d^54s^1$

3. 下列说法不正确的是

A. 鸡蛋清溶液加热时会发生盐析

B. 麦芽糖和葡萄糖均能发生银镜反应

C. 不饱和液态植物油可使溴的四氯化碳溶液褪色

D. 核酸分子中的碱基通过氢键实现互补配对

4. 我国科学家合成高性能 $CsPbI_2Br$ 太阳能电池材料，Pb 与 C 同主族。下列说法不正确的是

A. 碱性：CsOH＞NaOH

B. 第一电离能：Pb＞C

C. 稳定性：HI＜HBr

D. CsBr 为离子化合物

5. 下列反应中，体现 H_2O 还原性的是

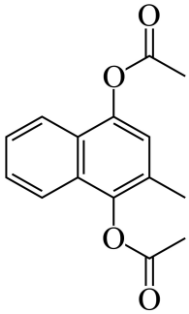
A. Na 与 H_2O 反应生成 NaOH 和 H_2

B. Na_2O_2 与 H_2O 反应生成 NaOH 和 O_2

C. F_2 与 H_2O 反应生成 HF 和 O_2

D. CaH_2 与 H_2O 反应生成 $Ca(OH)_2$ 和 H_2

6. 维生素 K_4 的结构简式如图所示，下列关于维生素 K_4 的说法不正确的是



A. 分子中不含手性碳原子　　B. 其中碳原子的杂化方式有 sp^2 和 sp^3

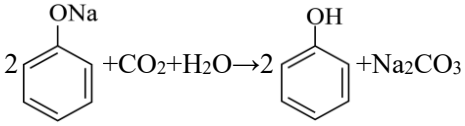
C. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色　　D. 1 mol 该物质最多可消耗 2 mol NaOH

7. 下列方程式与所给事实相符的是

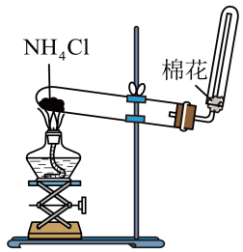
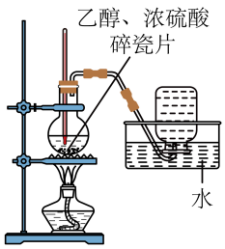
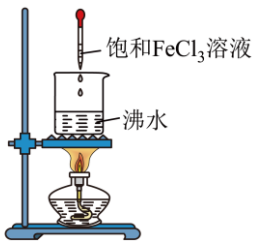
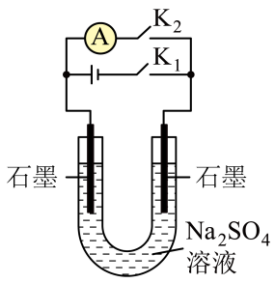
A. 铁丝和氯气在加热条件下反应：$Fe+Cl_2 \overset{\Delta}{=} FeCl_2$

B. 将 SO_2 通入 H_2S 溶液中，产生淡黄色沉淀：$SO_2+2H_2S=3S\downarrow+2H_2O$

C. 用稀硝酸溶解铜粉：$Cu+4H^++2NO_3^-=Cu^{2+}+2NO_2\uparrow+2H_2O$

D. 向苯酚钠溶液中通入 CO_2，出现白色浑浊：

8. 下列实验不能达到实验目的的是

	
A．实验室制氨气	B．实验室制乙烯
	
C．制备氢氧化铁胶体	D．制作简单的燃料电池

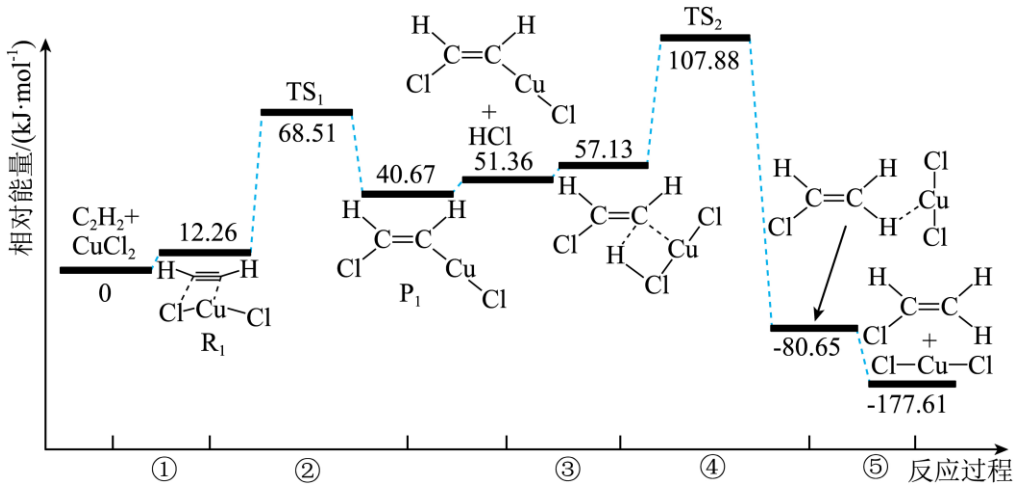
A. A　　B. B　　C. C　　D. D

9. 下列事实与解释不相符的是

	事实	解释
A	$NaNO_3$ 固体与浓硫酸反应可制备 HNO_3 气体	挥发性：HNO_3＞浓硫酸
B	KI 与 $KMnO_4$ 反应，酸性条件下生成 I_2，碱性条件下生成 IO_3^-	不同条件下 KI 的还原性：碱性＞酸性
C	CF_3COOH 的酸性强于 CCl_3COOH	电负性：F＞Cl
D	乙腈(CH_3CN)的沸点高于丙烷	极性：乙腈(CH_3CN)＞丙烷

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

10. $CuCl_2$ 催化乙炔氢氯化反应过程中能量变化示意图如下。



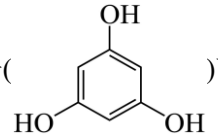
下列说法不正确的是

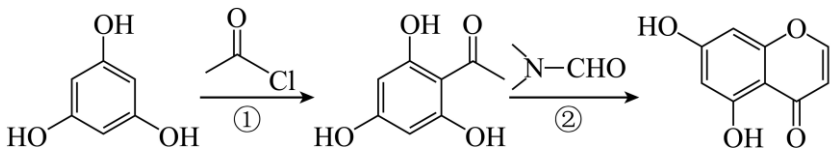
A. 过程②由 R_1 得到 P_1 时，有 π 键的断裂和 σ 键的生成

B. 乙炔氢氯化总反应速率由过程②决定

C. 升高反应温度，乙炔氢氯化的反应平衡常数增大

D. $CuCl_2$ 催化剂通过参与反应改变反应历程，提高反应速率

11. 间苯三酚()可作为治疗功能性胃肠道疾病的药物使用，还可以用于合成 5，7-二羟基色原酮，其中一种合成路线如下(部分条件及试剂已省略)。间苯三酚 2，4，6-三羟基苯乙酮 5，7-二羟基色原酮，下列说法正确的是

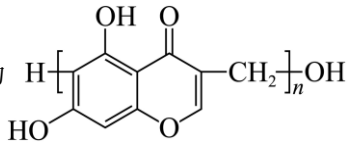


间苯三酚　　2, 4, 6−三羟基苯乙酮　　5, 7−二羟基色原酮

A. 间苯三酚熔点高于苯酚，与分子内氢键有关

B. 1 mol 2，4，6-三羟基苯乙酮与浓溴水反应，最多消耗 1 mol Br_2

C. 过程②涉及加成、取代、消去反应

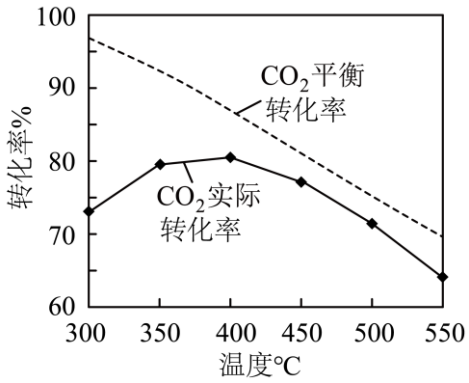
D. 5，7-二羟基色原酮与甲醛缩聚反应的产物为 

12. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应为

i. $CO_2(g)+4H_2(g)=CH_4(g)+2H_2O(g)\quad \Delta H_1=-164.7\ kJ\cdot mol^{-1}$

ii. $CO_2(g)+H_2(g)=CO(g)+H_2O(g)\quad \Delta H_2=+41.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

在1.01×10^5 Pa、投料比$n(CO_2):n(H_2)=1:4$的条件下，以固定流速通过含 Ni 基催化剂的反应器，温度对 CO_2 的平衡转化率和实际转化率的影响如图所示。



已知：CH_4选择性$=\dfrac{n(\text{转化为}CH_4\text{的}CO_2)}{n(\text{转化的}CO_2\text{总量})}$

下列说法不正确的是

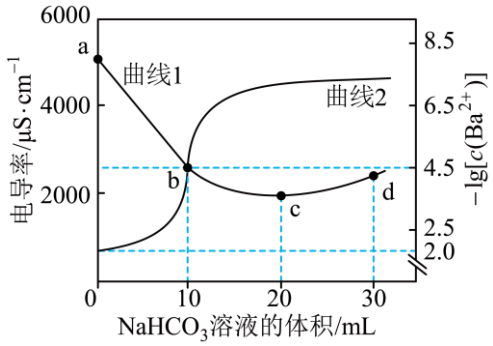
A. 反应i的$K=\dfrac{c(CH_4)c^2(H_2O)}{c(CO_2)c^4(H_2)}$

B. CH_4的平衡选择性随温度的升高而降低

C. 300℃～400℃，CO_2的实际转化率升高的原因是温度升高，反应速率加快

D. 400℃～550℃，CO_2的实际转化率降低的原因是温度升高，反应 i 逆向移动的程度大于反应ii正向移动的程度

13. 向 100 mL $Ba(OH)_2$溶液中滴加 0.1 mol/L $NaHCO_3$溶液，测得溶液电导率及$-\lg\left[c\left(Ba^{2+}\right)\right]$随滴入$NaHCO_3$溶液的体积变化关系如图所示。



下列说法不正确的是

A. 曲线 1 表示的是电导率的变化

B. a 点对应 $Ba(OH)_2$ 溶液的浓度为 0.01 mol/L

C. b→c 的过程中，溶液中 $\frac{c\left(CO_3^{2-}\right)\cdot c\left(H^+\right)}{c\left(H_2CO_3\right)}$ 逐渐增大

D. c 点溶液中 $c\left(Ba^{2+}\right)$ 约为 1.2×10^{-7} mol/L

14. 为探究 $Fe(NO_3)_3$ 溶液显黄色的原因进行如下实验。

序号	操作	实验现象
①	0.4 g $Fe(NO_3)_3$ 晶体+1 mL H_2O	溶液呈黄色
②	0.4 g $Fe(NO_3)_3$ 晶体+1 mL H_2O +1 滴浓硝酸	溶液呈淡紫色(近无色)
③	0.4 g $Fe(NO_3)_3$ 晶体+2 mL 浓硝酸	溶液呈浅黄色
④	取 1 mL③中溶液+NH_4F 固体	溶液浅黄色褪去，呈无色

已知：$\left[Fe\left(H_2O\right)_6\right]^{3+}$ 溶液呈淡紫色(近无色)；

反应i：$Fe^{3+}+NO_3^- \rightleftharpoons \left[Fe\left(NO_3\right)\right]^{2+}$，$\left[Fe\left(NO_3\right)\right]^{2+}$ 溶液呈黄色；

反应ii：$Fe^{3+}+6F^- \rightleftharpoons \left[FeF_6\right]^{3-}$，$\left[FeF_6\right]^{3-}$ 溶液呈无色。

下列说法不正确的是

A. ①中溶液呈黄色与 Fe^{3+} 水解有关

B. ②中 $c(H^+)$ 增大，使 Fe^{3+} 水解平衡逆向移动

C. ③中溶液呈浅黄色与形成 $[Fe(NO_3)]^{2+}$ 有关

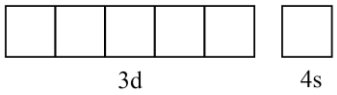
D. 由③④可知，反应ii的限度小于反应i的限度

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

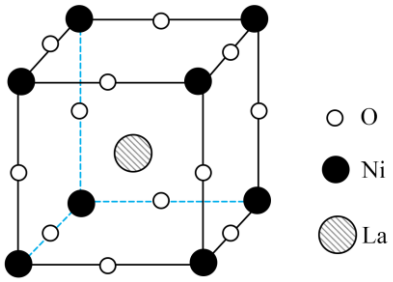
15. 甲烷干重整(DRM)是利用 CO_2 和 CH_4 两种温室气体生产更具应用价值的合成气[$\frac{n\left(H_2\right)}{n\left(CO\right)}=1$]研究性能优越的 DRM 催化剂及 DRM 反应机理有助于实现“碳中和”目标。

（1）在 DRM 反应中 Ni 基催化剂是应用最广泛的非贵金属催化剂，将 $_{28}Ni$ 的基态原子价层电子轨道表示式补充完整：_____：



（2）DRM 副反应会生成 H_2O，比较 H_2O 中 H-O-H 键角和 CH_4 中 H-C-H 键角的大小并解释原因_____。

（3）Ni 基催化剂负载于载体上，有助于保持催化剂良好的分散度。高温下 H_2 还原镍酸镧可得到氧化镧(La_2O_3)载体及均匀分散于载体上的 Ni 颗粒。镍酸镧的晶胞是立方体结构，边长为 a nm，结构示意图如下。



①距离 Ni^{3+} 最近且距离相等的 O^{2-} 有_____个。

②已知镍酸镧的摩尔质量为 M g/mol，阿伏加德罗常数为 N_A，该晶体的密度为_____g/cm^3 (1 nm=10^{-7} cm)

③镍酸镧制备 Ni 颗粒的化学方程式为_____。

（4）CO_2 和 CH_4 主要发生反应i，还可能发生反应ii～iv，相应热化学方程式如下：

i. $CH_4(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons 2CO(g)+2H_2(g)\quad \Delta H_1$

ii. $H_2(g)+CO_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)\quad \Delta H_2=+41\ kJ\cdot mol^{-1}$

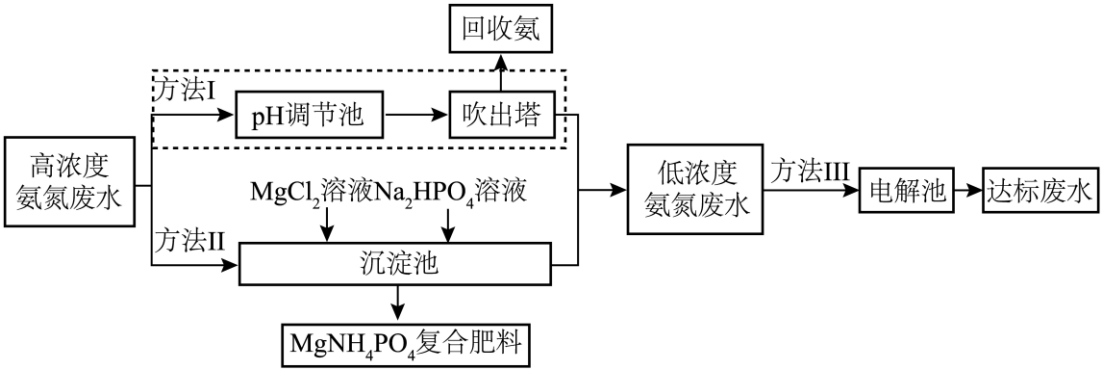
iii. $CH_4(g)\rightleftharpoons C(s)+2H_2(g)\quad \Delta H_3=+74.9\ kJ\cdot mol^{-1}$

iv. $2CO(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+C(s)\quad \Delta H_4=-172.4\ kJ\cdot mol^{-1}$

①反应i的 $\Delta H_1=$_____$kJ\cdot mol^{-1}$。

②用 $n_{平}$(X)表示平衡时 X 的物质的量，温度高于 900℃时 $\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}\approx 1$，解释 600℃时，$\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$ 大于 1 的可能原因_____。

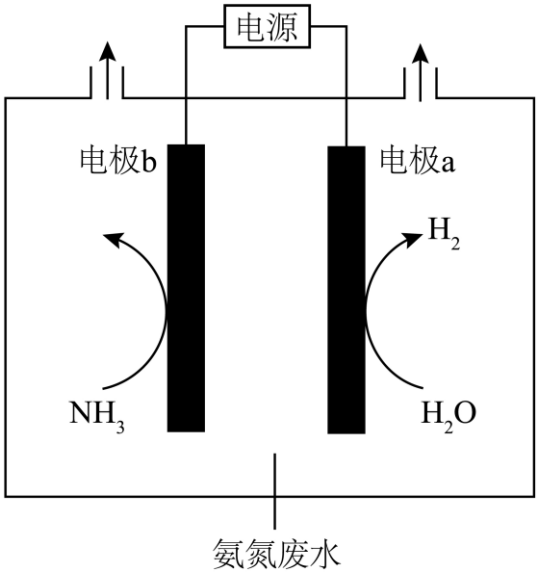
16. 氨氮作为一种水体污染物，主要以游离氨(NH_3)和铵根离子(NH_4^+)的形式存在。工业上可依据水质特点，联合多种方法处理氨氮废水，其中一种方案示意图如下。



（1）从平衡的角度分析提高方法I氨氮去除率的条件并说明理由：_____(任写一条)。

（2）方法II为磷酸铵镁沉淀法处理高浓度氨氮废水，向沉淀池中加入 NaOH 溶液调节 pH，使氨氮去除率最大，沉淀池中 NH_4^+ 转化为磷酸铵镁的离子方程式为_____。

（3）方法III为电解法处理低浓度碱性氨氮废水，将其转化为无污染气体，原理如下图所示。



①电极 a 是电解池的_____极。

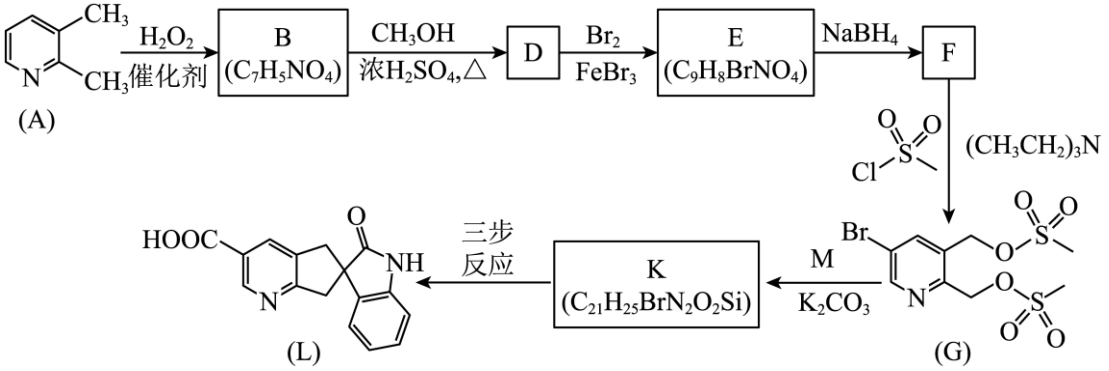
②电极 b 处电极反应式为_____。

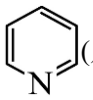
③研究发现，当氨氮废水中存在 Cl^-时，Cl^-会放电，但氨氮去除率不会下降，可能原因是_____。

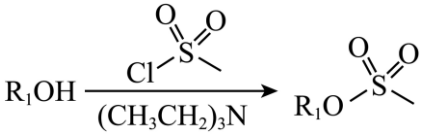
（4）甲醛法测定 NH_4^+ 含量的反应原理为 $4NH_4^+ + 6HCHO = (CH_2)_6N_4H^+ + 3H^+ + 6H_2O$。取含 NH_4^+ 的废水浓缩至原体积的 1/10 后，移取 20.00 mL，加入足量甲醛完全反应后，加入酚酞指示剂，用 c mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定，达滴定终点时消耗 V mL。废水中 NH_4^+ 的含量为_____mg/L。

已知：$(CH_2)_6N_4H^+$可与 OH^-反应生成$(CH_2)_6N_4$.

17. 发作性偏头痛预防性治疗药物中间产物 L 的合成路线如下。



已知：(及其衍生物)与苯(及其衍生物)的化学性质非常相似。



（1）L 中含氧官能团的名称是_____。

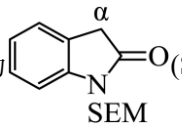
（2）B→D 的反应方程式为_____。

（3）下列说法中正确的是_____(填序号)。

a．E 的核磁共振氢谱有 3 组峰

b．F 分子式为 $C_7H_8BrNO_2$

c．F→G 的过程中，利用了$(CH_3CH_2)_3N$ 的碱性

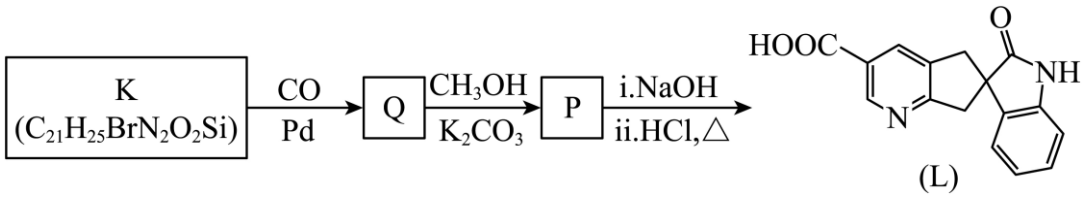
（4）M 的结构简式为

(SEM 表示 $-CH_2OCH_2CH_2Si(CH_3)_3$)。

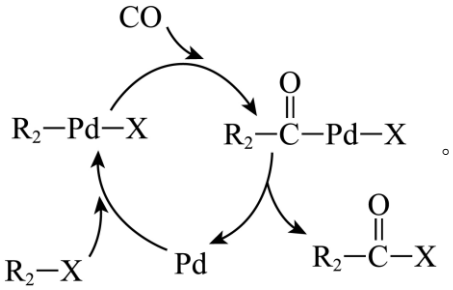
①M 的 α 碳原子上的 C-H 键极性强，易断裂，原因是_____。

②K 的结构简式为_____。

（5）K→L 分为三步反应：



已知：K→Q 的转化机理如图所示(X 表示卤素原子)：



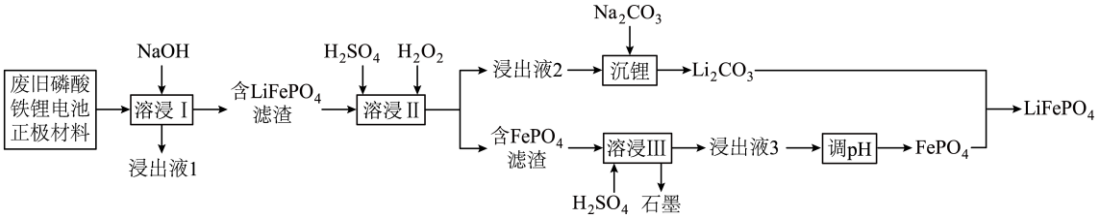
①物质 P 含 Si 元素，其结构简式为_____。

②从绿色化学的角度分析 K→Q 过程的优点是_____，K→L 过程可循环利用的物质有 Pd 和

_____。

（6）理论上，消耗的 A 与 H_2O_2 的物质的量之比为_____。

18. 从废旧磷酸铁锂电池正极材料(主要成分为 $LiFePO_4$、铝箔、石墨粉)中再生 $LiFePO_4$ 的一种流程示意图如下。



（1）为提高溶浸I的速率，可采取的措施是_____(任写两条)。

（2）浸出液 1 中 Al 元素的存在形式为$[Al(OH)_4]^-$，溶浸I过程发生反应的离子方程式为_____。

（3）溶浸II过程发生反应的离子方程式为_____。

（4）溶浸II过程中 H_2O_2 的实际加入量高于理论添加量可能的原因是_____。

（5）调 pH 制备磷酸铁沉淀，探究不同条件对沉淀组成的影响，调节浸出液 3 的 pH 时，向实验体系中加入大量 NaOH 溶液。图 1 为 pH 对沉淀中 $n(\mathrm{Fe}):n(\mathrm{P})$ 的影响，图 2 为 pH=1.7 时，反应时间对沉淀中 $n(\mathrm{Fe}):n(\mathrm{P})$ 的影响。

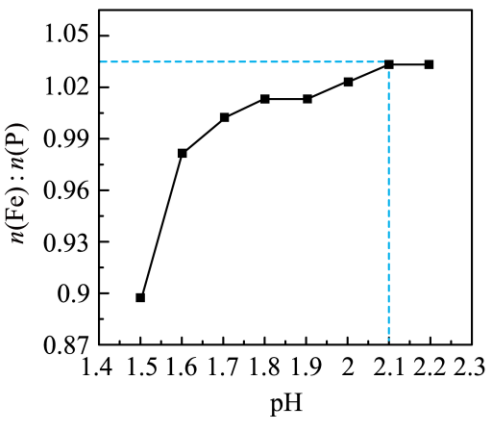


图1

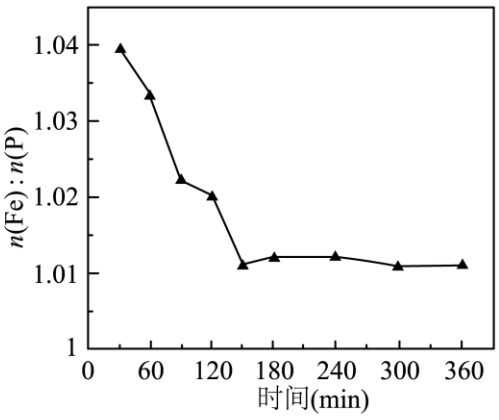


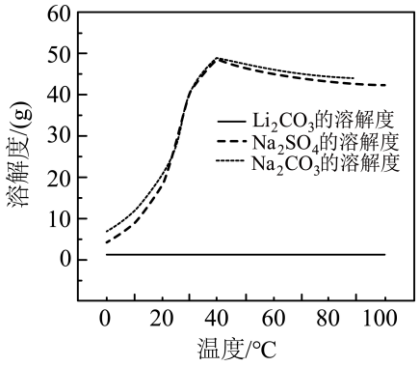
图2

①图 1 中 pH=2.1 时，沉淀的组成可能为_____。

②对比图 1，结合原理相关知识分析图 2，在 pH=1.7 时，反应初始阶段 $n(\mathrm{Fe}):n(\mathrm{P})\approx1.04$ 的可能原因是_____；随时间延长 $n(\mathrm{Fe}):n(\mathrm{P})$ 数值下降的可能原因是_____。

（6）关于废旧磷酸铁锂电池正极材料再生 $LiFePO_4$ 的流程，下列说法正确的是_____。

已知：Li_2CO_3、Na_2SO_4、Na_2CO_3 溶解度随温度变化的曲线如图。



a．浸出液 3 中可能存在 Fe^{3+}、H_3PO_4

b．为使溶浸III过程更充分，硫酸的浓度越高越好

c．为提高 Li_2CO_3 的纯度，应用冷水淋洗粗产品除去杂质

d．利用 Li_2CO_3 和 $FePO_4$ 再生 $LiFePO_4$ 时，还应加入还原剂

19. 实验小组探究 KSCN 溶液用于检验“印制铜电路板腐蚀废液中是否存在 Fe^{3+}”的适用性。

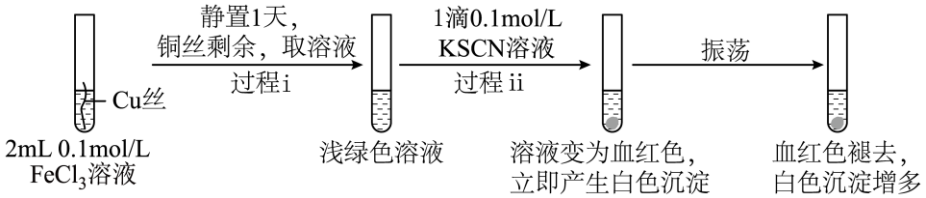
已知：

a．CuSCN 为难溶于水的白色沉淀，可与稀硝酸反应生成 Cu^{2+}和SO_4^{2-}。

b．$\left[Cu(SCN)_4\right]^{2-}$ 为淡黄色溶液，与 Cu^{2+}共存时，溶液显绿色。

c．$(SCN)_2$ 为拟卤素，性质与卤素相似，其离子与卤素离子性质相似。

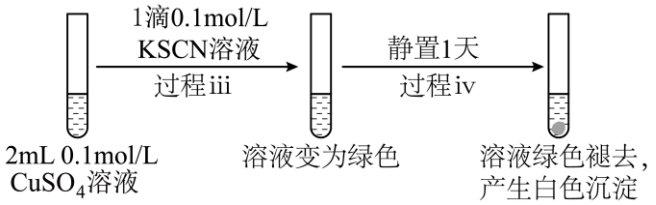
I．实验 1：用 KSCN 溶液检验 Cu 与 $FeCl_3$ 反应后的溶液。



（1）实验 1 过程i生成浅绿色溶液的离子方程式为_____。

（2）为探究实验 1 中白色沉淀的成分，小组同学取白色沉淀，用蒸馏水多次洗涤后，置于试管中，向其中加入过量稀硝酸，白色沉淀溶解，后加入_____(填试剂)溶液，产生白色沉淀，证明白色沉淀含有 CuSCN。

II．实验 2：验证 Cu^{2+}与 SCN 相互作用能生成 CuSCN 沉淀。



（3）经实验证实 Cu^{2+}与 SCN 溶液绿色褪去，产生白色沉淀确实能生成 CuSCN 沉淀，同时有$(SCN)_2$生成。实验 2 中“溶液先变为绿色，静置 1 天后，溶液绿色褪去，产生白色沉淀”，结合化学用语从速率和限度两角度分析，产生上述现象的可能原因_____。

III．实验 3：探究实验 1 血红色产生的原因。

序号	实验操作	现象
3-1	向 2 mL0.1 mol/L $FeCl_2$ 溶液加入 1 滴 0.1 mol/L KSCN 溶液	无明显变化
3-2	向 2 mL0.1 mol/L $FeCl_2$ 溶液先加入 1 滴 0.1 mol/L $CuSO_4$ 溶液，再加入 1 滴 0.1 mol/L KSCN 溶液	加入 $CuSO_4$ 溶液后无明显现象，加入 KSCN 溶液后溶液变红，并伴有白色沉淀

（4）①实验 3-1 的目的是_____。

②对比分析实验 3-1 和 3-2 现象，结合化学用语说明实验结论_____。

（5）综合分析上述实验，解释实验 1 中“振荡后，血红色褪去，白色沉淀增多”的原因_____。结论：KSCN 溶液不适合用于检验“印制铜电路板腐蚀废液中是否存在 Fe^{3+}”。

参考答案

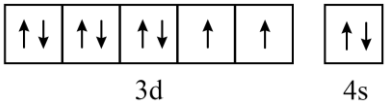
第一部分

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。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
答案	A	B	A	B	C	D	B	A	B	C	C	D	C	D

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

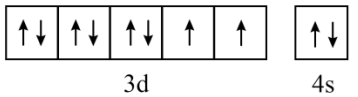
15. 【答案】（1）

（2）键角：H-O-H 小于 H-C-H，H_2O 和 CH_4 中心原子杂化方式为 sp^3 杂化，CH_4 中心原子无孤对电子，但 H_2O 中心原子含有两对孤对电子，孤对电子对成键电子对的斥力大于成键电子对之间的斥力，使键角更小

（3） ①. 6 ②. $\frac{M}{a^3N_A}\times10^{21}$ ③. $2LaNiO_3+3H_2\overset{高温}{=\!=\!=}La_2O_3+2Ni+3H_2O$

（4） ①. +247.3 ②. 反应ii、iii为吸热反应，反应iv为放热反应；温度降低使反应ii逆移，$n_{平}(H_2)$增大，$n_{平}(CO)$减小；使反应iv正移，$n_{平}(CO)$减小；使反应iii逆移，$n_{平}(H_2)$减小；反应ii逆移和反应iv正移对$\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$增大的影响程度大于反应iii逆移对$\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$减小的影响程度

【小问 1 详解】

基态 Ni 原子价层电子排布式为 $3d^84s^2$，3d 轨道只有 5 个轨道，填充电子时应遵循洪特规则，故轨道表达式为 

；

【小问 2 详解】

H_2O 分子中心原子价层电子对数为 2+$\frac{6-2\times1}{2}$=4，中心原子杂化方式为 sp^3，CH_4 分子中心原子价层电子对数为 4+$\frac{4-4\times1}{2}$=4，中心原子杂化方式为 sp^3，但 H_2O 中心原子含有两对孤对电子，而 CH_4 无孤对电子，孤电子对对成键电子对的斥力较大，故 H_2O 键角小；

【小问 3 详解】

① 立方晶胞中处于顶点的 Ni^{3+} 与处于棱心的 O^{2-} 距离最近，故距 Ni^{3+} 最近且距离相等的 O^{2-} 有 6 个，分别为上下、前后、左右；

②根据均摊法，该晶胞中 Ni^{3+} 的个数为 $8\times\frac{1}{8}=1$，O^{2-} 的个数为 $12\times\frac{1}{4}=3$，La^{3+} 的个数为 1，故每个晶胞中含有 1 个 $LaNiO_3$，则晶体的密度为 $\rho=\frac{m}{V}=\frac{\frac{M}{N_A}g}{\left(a\times10^{-7}\right)^3\text{cm}^3}=\frac{M}{a^3N_A}\times10^{21}\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$；

③ 根据题干一致信息，还原反应的配平式为：$2LaNiO_3+3H_2\overset{\text{高温}}{=\!=\!=}La_2O_3+2Ni+3H_2O$；

【小问 4 详解】

①根据盖斯定律，iii-iv可以得到反应i，则

$\Delta H_1=\Delta H_3-\Delta H_4=+74.9kJ\cdot mol^{-1}-(-172.4)kJ\cdot mol^{-1}=+247.3kJ\cdot mol^{-1}$；

②，$\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$ 大于 1，说明总体上，$n_{平}(H_2)$ 增大或 $n_{平}(CO)$ 减小，反应ii、iii为吸热反应，反应iv为放热反应；温度降低使反应ii逆移，$n_{平}(H_2)$ 增大，$n_{平}(CO)$ 减小；使反应iv正移，$n_{平}(CO)$ 减小；使反应iii逆移，$n_{平}(H_2)$ 减小；反应ii逆移和反应iv正移对 $\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$ 增大的影响程度大于反应iii逆移对 $\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$ 减小的影响程度，故 $\frac{n_{平}(H_2)}{n_{平}(CO)}$ 大于 1。

16. 【答案】（1）$NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$，可增大碱的浓度，使平衡逆向移动，提高氨氮去除率或升高温度，降低 NH_3 在水中的溶解度，减小氨气的浓度，使平衡逆向移动，提高氨氮去除率

（2）$Mg^{2+}+HPO_4^{2-}+NH_4^++OH^-=MgNH_4PO_4\downarrow+H_2O$

（3） ①. 阴 ②. $2NH_3-6e^-+6OH^-=N_2+6H_2O$ ③. Cl^- 在阳极放电生成 Cl_2，Cl_2 可以氧化氨氮生成无污染的 N_2

（4）$90cV$

【小问 1 详解】

$NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$ 氨氮废水中存在上述转化平衡，改变条件使平衡逆向移动，促进 NH_3 生成逸出，即可提高去除率，故可增大碱的浓度，使平衡逆向移动，提高氨氮去除率或升高温度，降低 NH_3 在水中的溶解度，减小氨气的浓度，使平衡逆向移动，提高氨氮去除率；

【小问 2 详解】

反应物为 Mg^{2+}、HPO_4^{2-}（来自 Na_2HPO_4）、NH_4^+、OH^-，产物为磷酸铵镁沉淀和水，配平后得到该离子方程式为 $Mg^{2+}+HPO_4^{2-}+NH_4^++OH^-=MgNH_4PO_4\downarrow+H_2O$

【小问 3 详解】

①电极 a 上 H_2O 得电子生成 H_2，发生还原反应，电解池中阴极发生还原反应，因此 a 为阴极；

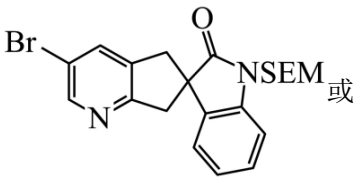
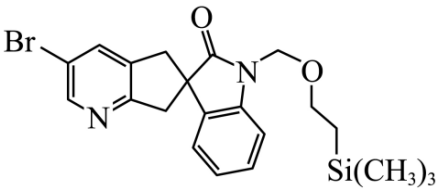
②b 为阳极，NH_3 失电子转化为无污染的 N_2，废水为碱性，用 OH^- 配平电荷和原子得到该电极反应为 $2NH_3-6e^-+6OH^-=N_2+6H_2O$；

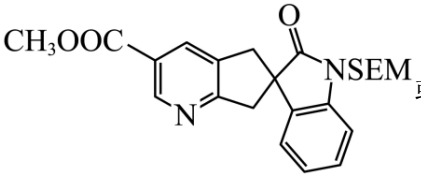
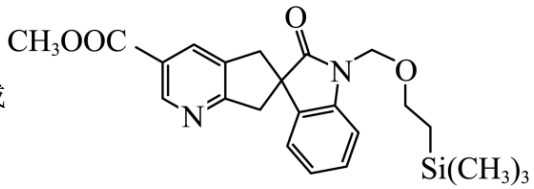
③Cl^- 放电生成 Cl_2，Cl_2 可以氧化氨氮生成无污染的 N_2，自身又被还原为 Cl^-，因此氨氮去除率不下降；

【小问 4 详解】

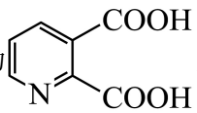
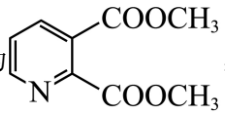
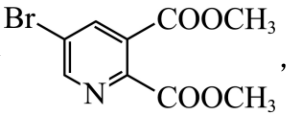
根据反应关系：4 mol NH_4^+ 生成共 4 mol 可与 NaOH 反应的物质，因此 $n(NH_4^+)=n(NaOH)=cV\times10^{-3}mol$，该物质的量来自 20.00 mL 浓缩后的废水，浓缩后体积为原废水的 $\frac{1}{10}$，因此对应原废水体积为 200mL=0.2L，NH_4^+ 的质量为：$m(NH_4^+)=cV\times10^{-3}mol\times18g/mol=18cV\times10^{-3}g=18cVmg$，因此原废水中 NH_4^+ 含量为：$\frac{18cVmg}{0.2L}=90cVmg/L$。

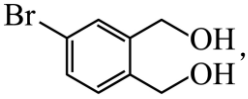
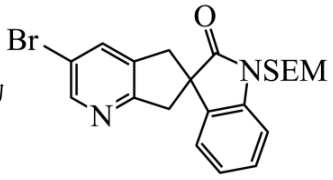
17. 【答案】（1）酰胺基、羧基　（2）　（3）bc

（4）　①. 酰胺基为吸电子基团或 O 原子电负性大，吸电子能力强　②. 或

（5）　①. 或　②. 原子利用率是 100%，没有副产物　③. CH_3OH

（6）1：6

【分析】B 的分子式为 $C_7H_5NO_4$，不饱和度为 $\frac{2\times7+2-5+1}{2}=6$，说明 A 分子中甲基被氧化为羧基，则 B 的结构简式为，B 与甲醇发生酯化反应生成 D 为，D 在 $Br_2/FeBr_3$ 作用下发生环上的取代反应，结合 G 中支链的位置可知，E 的结构简式为，E 在 $NaBH_4$

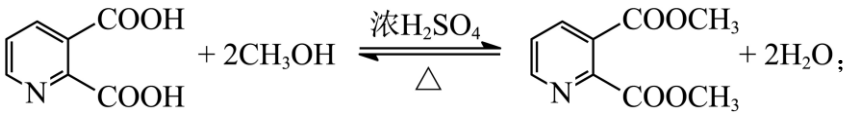
作用下发生还原反应，根据已知信息，F 的结构简式为 ，G 和 M 在K_2CO_3的作用下生成 K，根据题干已知 M 的结构简式，且 α 碳原子上的 C-H 键极性强，易断裂，故 M 与 G 发生取代反应，根据 K 的分子式中不含有 S，再结合 L 的结构简式，可知 K 的结构简式为 ，K 经历三步转化为 L，据此解答。

【小问 1 详解】

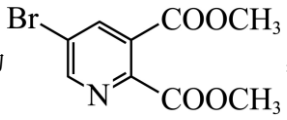
根据 L 的结构简式可知，其含氧官能团的名称是酰胺基、羧基；

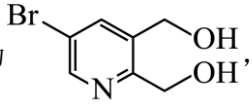
【小问 2 详解】

B→D 的反应是 B 中羧基与甲醇的酯化反应，化学方程式：



【小问 3 详解】

a．E 的结构简式为 ，核磁共振氢谱有 4 组峰，a 错误；

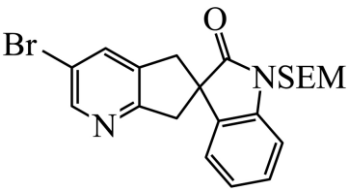
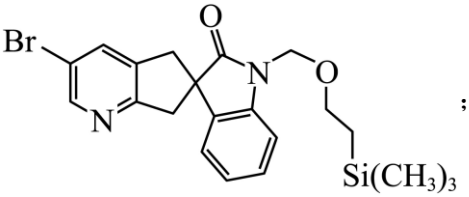
b．F 的结构简式为 ，分子式为$C_7H_8BrNO_2$，b 正确；

c．F→G 的过程中，发生的是取代反应，同时会生成 HCl，$(CH_3CH_2)_3N$中氮原子存在孤独电子，能与H^+形成配位键，促进反应正向进行，故该过程利用了$(CH_3CH_2)_3N$的碱性，c 正确；

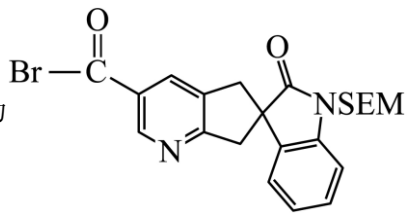
故选 bc；

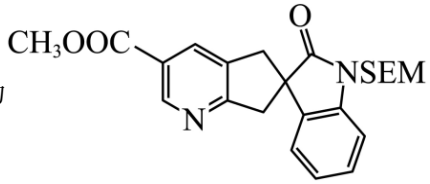
【小问 4 详解】

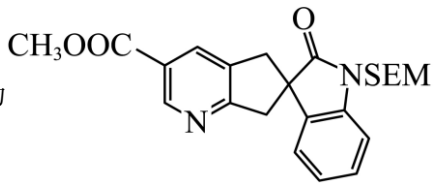
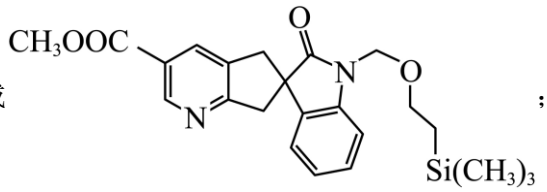
①M 的 α 碳原子上的 C-H 键极性强，易断裂，原因是酰胺基为吸电子基团或 O 原子电负性大，吸电子能力强；

②根据分析，K 的结构简式为 或 ；

【小问 5 详解】

根据 K→Q 的转化机理，Q 的结构简式为 ，Q 和甲醇发生取代反应生成 P

为 ，P 先在碱性环境下水解，后酸化生成 L；

①物质 P 结构简式为 或 ；

②从绿色化学的角度分析 K→Q 过程的优点是原子利用率是 100%，没有副产物；根据流程 Pd 是 K→Q 的催化剂可以循环使用，CH_3OH 与 Q 反应生成 P 后，P 中酯基水解又重新生成CH_3OH，故CH_3OH 也可以循环使用；

【小问 6 详解】

A→B 中甲基被氧化为羧基，甲基碳原子是-3 价，羧基碳原子是+3 价，故总共转移了 12 个电子，H_2O_2 还原产物是H_2O，该过程氧元素化合价由-1 价降低到-2 价，转移 2 个电子，故消耗的 A 与 H_2O_2 的物质的量之比为 1：6。

18. 【答案】（1）适当升高温度、搅拌、或粉碎固体、增大 NaOH 溶液浓度

（2）$2Al+2OH^-+6H_2O=2\left[Al(OH)_4\right]^-+3H_2\uparrow$

（3）$2LiFePO_4+2H^++H_2O_2=2FePO_4+2Li^++2H_2O$

（4）反应体系中的Fe^{3+}、Fe^{2+}等金属离子会催化H_2O_2分解

（5） ①. $FePO_4$、$Fe(OH)_3$ ②. 初始加入大量 NaOH 时，局部溶液碱性过强，生成 $Fe(OH)_3$ 反应速率快，夹杂在沉淀中 ③. pH=1.7 时，酸性较强，随反应时间延长，$Fe(OH)_3$ 逐渐溶解转化成 $FePO_4$ （6）ad

【分析】由流程可知，废旧 LFP 正极材料碱浸时发生$2Al+2NaOH+6H_2O=3H_2\uparrow+2Na[Al(OH)_4]$，过滤分离出含$Na[Al(OH)_4]$的溶液 1，含$LiFePO_4$的滤渣加硫酸、过氧化氢发生

$2LiFePO_4+H_2SO_4+H_2O_2=2FePO_4+Li_2SO_4+2H_2O$，过滤分离出含$FePO_4$的滤渣，加硫酸溶解，分离出石墨，调节 pH 重新生成$FePO_4$，浸出液 2 含Li_2SO_4，加入碳酸钠发生复分解反应得到Li_2CO_3；

$FePO_4$与Li_2CO_3共同作用下产生$LiFePO_4$；据此回答下列问题。

【小问 1 详解】

根据影响反应速率的因素，适当升高温度、搅拌、或粉碎固体、增大 NaOH 溶液浓度，上述措施均可增大接触面积或加快反应，提高溶浸速率；

【小问 2 详解】

铝和 NaOH 溶液反应，生成四羟基合铝酸根和氢气，离子方程式为

$2Al+2OH^-+6H_2O=2\left[Al(OH)_4\right]^-+3H_2\uparrow$；

【小问 3 详解】

溶浸II中，$LiFePO_4$ 中+2 价 Fe 被 H_2O_2 氧化为+3 价，生成 $FePO_4$ 沉淀，Li^+ 进入浸出液，按氧化还原规律配平为 $2LiFePO_4+2H^++H_2O_2=2FePO_4+2Li^++2H_2O$；

【小问 4 详解】

H_2O_2 不稳定，反应体系中的 Fe^{3+}、Fe^{2+} 等金属离子会催化 H_2O_2 分解，部分 H_2O_2 提前分解损耗，因此实际加入量高于理论量；

【小问 5 详解】

①纯 $FePO_4$ 中 n(Fe):n(P)=1:1，pH=2.1 时 n(Fe):n(P)>1，Fe 过量；pH 升高后 OH^- 浓度增大，会生成 $Fe(OH)_3$ 沉淀，因此沉淀为二者混合物；

②初始加入大量 NaOH 时，局部溶液碱性过强，生成 $Fe(OH)_3$ 夹杂在沉淀中，使 n(Fe):n(P)偏高；pH=1.7 时，酸性较强，随反应时间延长，$Fe(OH)_3$ 逐渐溶解转化成 $FePO_4$，P 的比例升高，因此 n(Fe):n(P)下降

【小问 6 详解】

a．$FePO_4$ 溶于硫酸，生成硫酸铁和磷酸，因此浸出液 3 中存在 Fe^{3+}、H_3PO_4，a 正确；

b．硫酸浓度过高会引入大量杂质、腐蚀设备，还会增大后续调 pH 的碱用量，提高成本，不是浓度越高越好，b 错误；

c．由溶解度曲线可知，Li_2CO_3 溶解度随温度升高而减小，杂质钠盐溶解度随温度升高而增大，因此应使用热水淋洗（减少 Li_2CO_3 溶解损失，同时除去可溶性杂质），c 错误；

d．$FePO_4$ 中 Fe 为+3 价，产物 $LiFePO_4$ 中 Fe 为+2 价，因此需要加入还原剂还原 Fe 元素，d 正确；

故选 ad。

19.【答案】（1）$2Fe^{3+}+Cu=2Fe^{2+}+Cu^{2+}$

（2）$BaCl_2$

（3）反应 i：$Cu^{2+}+4SCN^-=\left[Cu(SCN)_4\right]^{2-}$，反应 ii：$2Cu^{2+}+4SCN^-=2CuSCN\downarrow+(SCN)_2$，速率：反应 i＞反应 ii，溶液先变为绿色，限度：反应 ii＞反应 i，最终溶液绿色褪去，产生白色沉淀

（4） ①. 排除血红色产生的原因是 Fe^{2+} 被空气中 O_2 氧化成 Fe^{3+} 导致的干扰 ②. Cu^{2+} 与 SCN^- 反应生成拟卤素(SCN)₂：$2Cu^{2+}+4SCN^-=2CuSCN\downarrow+(SCN)_2$，(SCN)₂ 可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}：$(SCN)_2+2Fe^{2+}=2Fe^{3+}+2SCN^-$，$Fe^{3+}$ 与 SCN^- 反应使溶液显红色

（5）振荡，使更多 Cu^{2+}与 SCN^-接触结合生成 CuSCN，白色沉淀增多，c(SCN⁻)下降，平衡 $3SCN^-+Fe^{3+}\rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 逆移，血红色褪去

【分析】本实验探究 KSCN 溶液能否用于检验“印制铜电路板腐蚀废液中是否存在 Fe^{3+}”，根据实验现象可推断出 Cu^{2+} 与 SCN^- 反应生成拟卤素(SCN)₂，拟卤素能将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+}，导致与 KSCN 作用，溶液呈红色，故得出结论：KSCN 溶液不适合用于检验“印制铜电路板腐蚀废液中是否存在 Fe^{3+}”。

【小问 1 详解】

过程 i 为 Cu 与 $FeCl_3$ 的反应，Cu 还原 Fe^{3+} 生成 Cu^{2+} 和 Fe^{2+}，得到浅绿色溶液，离子方程式为 $2Fe^{3+}+Cu=2Fe^{2+}+Cu^{2+}$；

【小问 2 详解】

已知 CuSCN 与稀硝酸反应生成 SO_4^{2-}，检验 SO_4^{2-} 需要用 $BaCl_2$，若产生不溶于酸的白色沉淀即可证明原沉淀含 CuSCN；

【小问 3 详解】

Cu^{2+} 与 SCN^- 生成 $\left[Cu\left(SCN\right)_4\right]^{2-}$ 的反应速率快，因此溶液先变为绿色；Cu^{2+} 与 SCN^- 生成 CuSCN 的反应：$2Cu^{2+}+4SCN^-=2CuSCN\downarrow+\left(SCN\right)_2$，该反应速率慢，但 CuSCN 难溶于水，该反应限度更大，因此静置后绿色褪去，析出白色 CuSCN 沉淀；

【小问 4 详解】

①作对照实验，Fe^{2+} 不能与 KSCN 反应使溶液变红，该实验目的是排除血红色产生的原因是 Fe^{2+} 被空气中 O_2 氧化成 Fe^{3+} 导致的干扰；

②根据实验现象可以得出结论，Cu^{2+} 与 SCN^- 反应生成拟卤素$(SCN)_2$：$2Cu^{2+}+4SCN^-=2CuSCN\downarrow+\left(SCN\right)_2$，$(SCN)_2$ 可将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}：$\left(SCN\right)_2+2Fe^{2+}=2Fe^{3+}+2SCN^-$，$Fe^{3+}$ 与 SCN^- 反应使溶液显红色；

【小问 5 详解】

血红色存在可逆平衡：$3SCN^-+Fe^{3+}\rightleftharpoons Fe\left(SCN\right)_3$，体系中的 Cu^{2+} 与 SCN^- 反应生成 CuSCN 沉淀，SCN^- 被消耗，平衡逆向移动，因此血红色褪去，同时 CuSCN 沉淀的量增多。