2026 北京延庆高三一模

化　　学

2026.03

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案写在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

可能用到的相对原子质量：H 1　C 12　O 16　Na 23　Fe 56　Pb 207

第一部分

本部分共 14 小题，每题 3 分，共 42 分，在每题列出的 4 个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 我国科研团队通过高温高压技术成功合成新型超导材料 MgB_2，其临界温度远高于传统超导材料，在新能源、医疗设备等领域具有广阔应用前景。下列说法正确的是

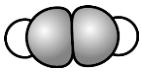
A. MgB_2 中镁元素的化合价为+2 价，硼元素为-3 价

B. 合成 MgB_2 的过程中，原子的种类和数目均发生改变

C. MgB_2 的超导性属于物质的化学性质

D. 镁原子的结构示意图中，最外层电子数为 2

2. 下列化学用语或图示表达正确的是

A. 乙炔的球棍模型：

B. SO_3^{2-} 的 VSEPR 模型：平面三角形

C. 基态 $_{24}Cr$ 原子的价层电子排布式：$3d^5 4s^1$

D. 次氯酸的结构式：$H-Cl-O$

3. 下列说法不正确的是

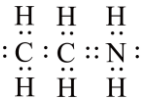
A. 淀粉、纤维素和蛋白质均属于天然有机高分子

B. 麦芽糖在稀硫酸催化下发生水解反应，产物能与新制氢氧化铜悬浊液反应生成砖红色沉淀

C. 油脂在碱性条件下的水解反应称为皂化反应，可用于生产肥皂

D. 向蛋白质溶液中加入饱和硫酸铵溶液，蛋白质发生变性，出现白色沉淀

4. 物质的微观结构决定其宏观性质。乙胺 $(CH_3CH_2NH_2)$ 是一种无色、有强烈氨味的液体，能与水、乙醇、乙醚等有机溶剂混溶。下列说法不正确的是

A. 乙胺的电子式：

B. 乙胺分子中，乙基中的碳原子和氨基中的氮原子均为sp^3杂化

C. 乙胺分子中的氨基可与水形成氢键

D. 乙胺可与盐酸发生反应，生成$CH_3CH_2NH_3Cl$

5. 下列叙述对应的反应中，能体现SO_3^{2-}还原性的是

A. 向亚硫酸钠溶液中加入稀盐酸，产生能使澄清石灰水变浑浊的气体

B. 向酸性高锰酸钾溶液中滴加亚硫酸钠溶液，溶液紫红色逐渐褪去

C. 向亚硫酸钠溶液中通入二氧化碳，无明显实验现象

D. 向氯化钡溶液中滴加亚硫酸钠溶液，生成白色沉淀

6. 下列化学方程式或离子方程式与所给事实不相符的是

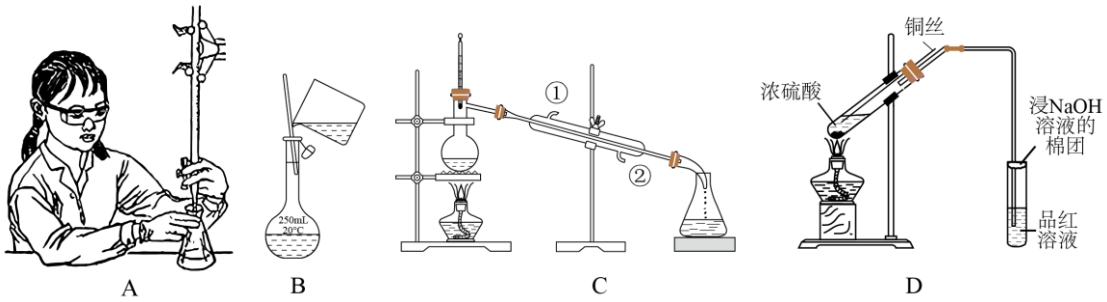
A. 实验室用大理石与稀盐酸制取二氧化碳：$CaCO_3+2H^+=Ca^{2+}+CO_2\uparrow+H_2O$

B. 铜与浓硫酸在加热条件下反应：$Cu+2H_2SO_4(浓)\overset{\Delta}{=}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$

C. 向溴化亚铁溶液中通入过量氯气：$2Fe^{2+}+Cl_2=2Fe^{3+}+2Cl^-$

D. 用$CuSO_4$溶液除去乙炔中的H_2S：$Cu^{2+}+H_2S=CuS\downarrow+2H^+$

7. 下列实验的相应操作中，不正确的是



A　　B　　C　　D

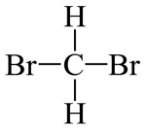
A. 中和滴定：用 NaOH 标准溶液滴定 HCl 溶液

B. 配制溶液：向容量瓶中转移溶液

C. 蒸馏：冷却水从冷凝管②口通入，①口流出

D. 制备并检验SO_2：为防止有害气体逸出，先放置浸有 NaOH 溶液的棉团，再加热

8. 二溴甲烷是无色透明液体，微溶于水，可溶于乙醇、乙醚等有机溶剂，在工业、医药等领域应用广泛，其结构如下图所示。下列关于二溴甲烷的说法不正确的是

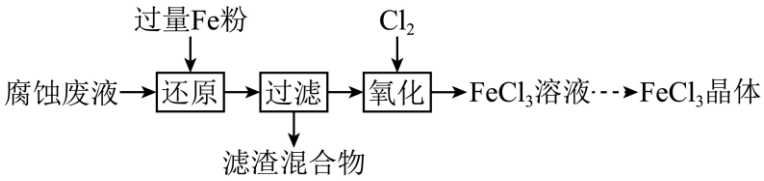


二溴甲烷

A. 分子中不含手性碳原子　　B. 是非极性分子

C. 电负性：$Br > C > H$　　D. 一定条件下能与 NaOH 溶液发生反应

9. 实验室利用印刷电路板腐蚀废液(主要成分为$FeCl_2$、$FeCl_3$、$CuCl_2$)制备$FeCl_3$晶体的流程如图所示。下列说法正确的是



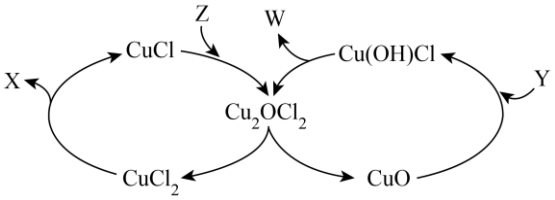
A. “还原”时，若腐蚀废液中$n\left(Fe^{3+}\right):n\left(Cu^{2+}\right)=2:1$，加入足量Fe粉后，溶液中$n\left(Fe^{2+}\right)$与原废液中$n\left(Fe^{2+}\right)$的比为$2:1$

B. “过滤”后，向滤液中滴加KSCN溶液无明显现象，再通入少量Cl_2后溶液变红，说明还原后的滤液中仍含极少量Fe^{3+}

C. 制备$FeCl_3$晶体时，可在HCl气流中蒸发$FeCl_3$溶液，且HCl的浓度需随温度升高适当增大，以抑制Fe^{3+}水解

D. “氧化”时，若通入Cl_2过量，会导致后续$FeCl_3$晶体中混入$Fe(ClO)_3$杂质，原因是Cl_2与水反应生成的HClO将$FeCl_3$氧化

10. 可采用 Deacon 催化氧化法将工业副产物HCl制成Cl_2，实现氯资源的再利用。反应的热化学方程式：$4HCl(g)+O_2(g)\overset{CuO}{\rightleftharpoons}2Cl_2(g)+2H_2O(g)\quad \Delta H=-114.4kJ\cdot mol^{-1}$。下图所示为该法的一种催化机理：



下列说法不正确的是

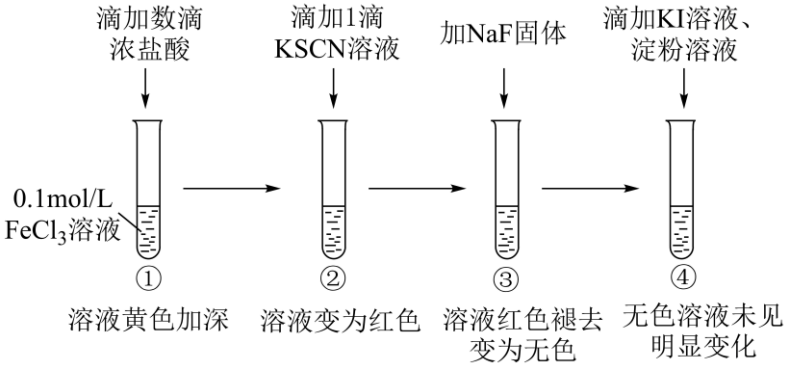
A. 转化过程中，Cu元素的化合价变化有：$+2\rightarrow+1$、$+1\rightarrow+2$

B. 图中“$Cu(OH)Cl \rightarrow CuO$”的转化中，原子利用率为100%

C. 生成$1molCl_2$时，催化循环中消耗的HCl与O_2的物质的量之比为$4:1$

D. 若将反应物改为“$HCl(g)+O_2(g)+H_2O(g)$”，平衡时HCl的转化率会降低

11. 为研究三价铁配合物性质进行如下实验(忽略溶液体积变化)



已知：$[FeCl_4]^-$为黄色、$[Fe(SCN)]^{2+}$为红色、$[FeF_6]^{3-}$为无色。

下列说法不正确的是

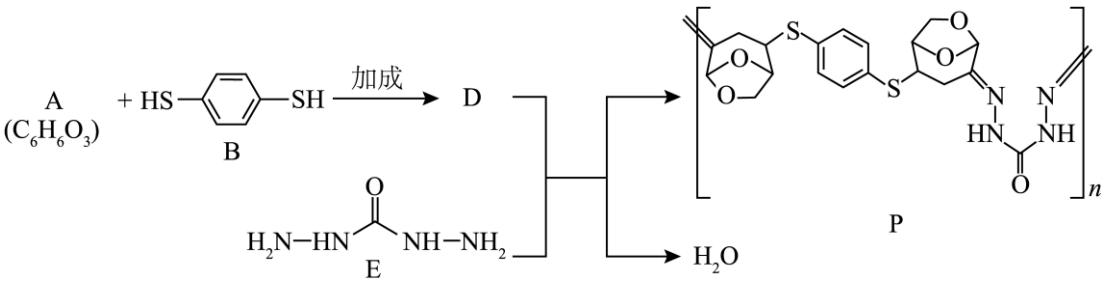
A. ①中增大$c(Cl^-)$使$Fe^{3+}+4Cl^- \rightleftharpoons [FeCl_4]^-$的平衡常数增大

B. 若向②的红色溶液中继续滴加 1 滴浓 KSCN 溶液，溶液红色会加深

C. ②→③说明F^-对Fe^{3+}的配位能力强于SCN^-对Fe^{3+}的配位能力

D. ④中无色溶液未见明显变化，是因为$[FeF_6]^{3-}$不能氧化I^-

12. 一种生物基可降解高分子 P 合成路线如下。



下列说法正确的是

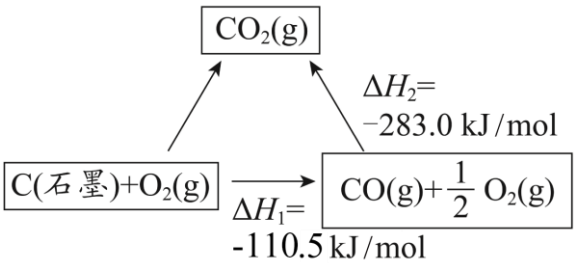
A. 化合物 A 的同分异构体中，能与$FeCl_3$溶液显色的芳香族化合物至少有 3 种

B. D 分子中不含手性碳原子

C. D 与 E 生成 P 的过程中，有肽键的形成

D. 高分子 P 在碱性条件下降解，会生成甲酸盐

13. 依据图示关系，下列说法不正确的是



A. 石墨燃烧是放热反应

B. $\mathrm{C(石墨)+CO_2(g)=2CO(g)}\quad \Delta H=\Delta H_1-\Delta H_2$

C. 1molC (石墨)和2molCO 分别在足量$\mathrm{O_2}$中燃烧，全部转化为$\mathrm{CO_2}$，前者放热多

D. 化学反应的ΔH，只与反应体系的始态和终态有关，与反应途径无关

14. 利用平衡移动原理，分析一定温度下$\mathrm{Mg^{2+}}$在不同pH 的$\mathrm{Na_2CO_3}$体系中的可能产物。

已知：①图 1 中曲线表示$\mathrm{Na_2CO_3}$体系中各含碳粒子的物质的量分数与pH 的关系。

②图 2 中曲线I的离子浓度关系符合$c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)\cdot c^2\left(\mathrm{OH^-}\right)=K_{\mathrm{sp}}\left[\mathrm{Mg(OH)_2}\right]$；曲线II的离子浓度关系符合$c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)\cdot c\left(\mathrm{CO_3^{2-}}\right)=K_{\mathrm{sp}}\left(\mathrm{MgCO_3}\right)$

[注：起始$c\left(\mathrm{Na_2CO_3}\right)=0.1\mathrm{mol\cdot L^{-1}}$，不同pH 下$c\left(\mathrm{CO_3^{2-}}\right)$由图 1 得到]。

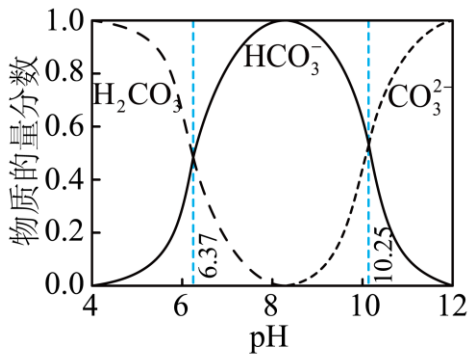


图1

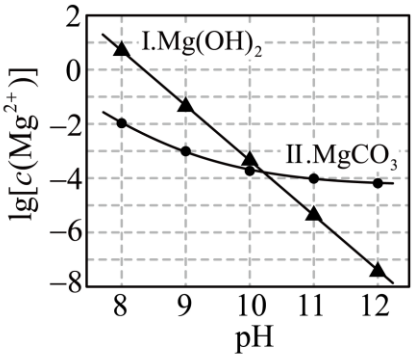


图2

下列说法不正确的是

A. 由图 1，$\mathrm{pH=6.37}$时，$c\left(\mathrm{HCO_3^-}\right)=c\left(\mathrm{H_2CO_3}\right)$

B. 由图 2，初始状态$\mathrm{pH=10}$、$\lg\left[c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)\right]=-5$，体系中优先析出$\mathrm{MgCO_3}$沉淀

C. 由图 2，初始状态$\mathrm{pH=12}$、$\lg\left[c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)\right]=-6$，平衡时$c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)$由$\mathrm{Mg(OH)_2}$的溶度积决定

D. 由图 1 和图 2，初始状态$\mathrm{pH=8}$、$\lg\left[c\left(\mathrm{Mg^{2+}}\right)\right]=0$，反应后溶液中$c\left(\mathrm{HCO_3^-}\right)$会显著降低

第二部分

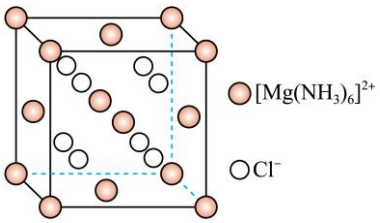
本部分共 5 题，共 58 分。

15. 通过 $MgCl_2$ 和 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 的相互转化可实现 NH_3 的高效存储和利用。

（1）将 Mg 的基态原子核外电子排布式补充完整：[Ne]_____；其最外层 3s 轨道的电子云形状为_____。

（2）$\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 中 H－N－H 键角比游离 NH_3 分子 H－N－H 的键角大，从结构角度解释原因：_____。

（3）$\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 的晶胞是立方体结构，边长为 anm，结构示意图如下所示。



①$\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 中，Mg^{2+} 的配位数为_____；该配合物中存在的化学键类型有_____(填序号)。

a.离子键　　b.配位键　　c.极性共价键　　d.非极性共价键

②该晶胞中 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]^{2+}$ 位于顶点和面心，Cl^- 构成棱长 $\frac{a}{2}nm$ 的小立方体位于晶胞的中央，则 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]^{2+}$ 周围最近等距的 Cl^- 有_____个。

（4）镁氨配合物 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 和 $\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2$ 在冶金、储氨领域应用广泛，其热解反应涉及分步脱氨过程，是研究反应调控的典型体系。已知热化学方程式：

I. $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2(s)=\left[Mg\left(NH_3\right)_5\right]Cl_2(s)+NH_3(g)\quad \Delta H_1=+a\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

II. $\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2(s)=MgCl_2(s)+NH_3(g)\quad \Delta H_2=+b\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

III. $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2(s)=MgCl_2(s)+6NH_3(g)\quad \Delta H_3=+c\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

请回答下列问题：

①写出 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 转化成 $\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2$ 的热化学方程式_____。

②工业上通过调控温度实现 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 分步脱氨制备高纯 $\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2$，不宜直接高温加热的原因是_____；欲获得较纯的 $\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2$，应控制温度略_____(填“高于”或“低于”)反应II的脱氨温度。

16. 铅酸电池是用途广泛并不断发展的化学电源。

（1）十九世纪，铅酸电池工作原理初步形成并延续至今。铅酸电池工作原理：

$PbO_2+Pb+2H_2SO_4 \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4+2H_2O$ 。

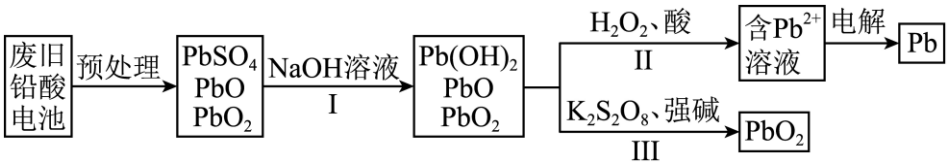
①放电时，当外电路通过 $2mol$ 电子时，理论上电解质溶液中 H^+ 的物质的量_____(填“增加”或“减少”)_____mol。

②充电时，若将铅酸电池与外接电源连接，正极应与外接电源的_____极相连，充电时阳极发生的电极反应为_____。

③ SO_4^{2-} 参与电极反应并有利于保持电压稳定， SO_4^{2-} 的 VSEPR 模型名称为_____。

④铅酸电池储存过程中，存在化学能的缓慢消耗： PbO_2 电极在 H_2SO_4 作用下产生的 O_2 可将 Pb 电极氧化。若储存过程中消耗标准状况下 $2.24LO_2$ ，则理论上被氧化的 Pb 的质量为_____ g 。

（2）废旧铅酸电池回收过程中主要物质的转化示意图如下。



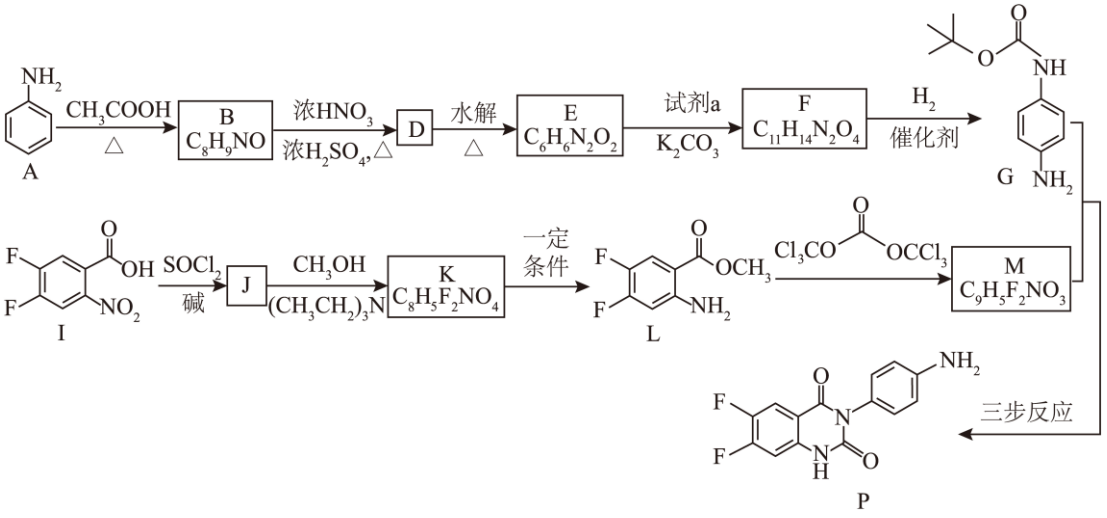
①步骤 I 中， $PbSO_4$ 转化为 $Pb(OH)_2$ 的离子方程式为_____。

②步骤 II 中， H_2O_2 的作用是将 PbO_2 还原为 Pb^{2+} ，写出该反应的离子方程式：_____。

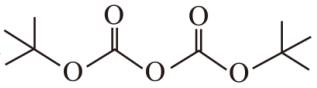
（3）铅酸电池的电压(E)与电解质中浓度密切相关，根据能斯特方程：

$E=E^{\circ}-\frac{RT}{nF}\ln\frac{1}{c^4(H^+)\cdot c^2(SO_4^{2-})}$ 分析“放电过程中电池电压逐渐下降”的原因：_____。

17. 一种受体拮抗剂中间体 P 合成路线如下。



已知：① $RCOOH \xrightarrow[\text{碱}]{SOCl_2} RCOCl$

②试剂 a 是

（1）L 分子中含有的官能团是氟原子和_____。

（2）B→D 的反应类型是_____。

（3）下列说法不正确的是_____(填序号)。

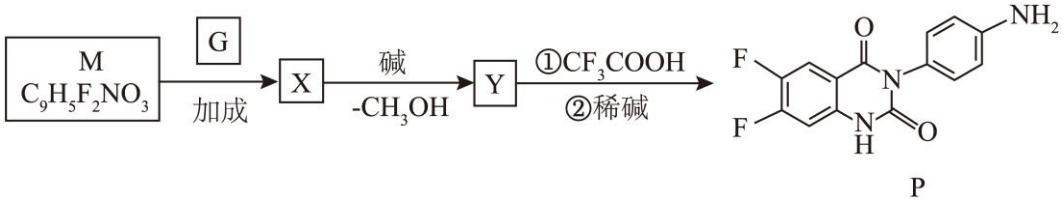
a.试剂 a 的结构简式为$\left(CH_3\right)_3OCOOCOO\left(CH_3\right)_3$

b.J→K 的反应中，$\left(CH_3CH_2\right)_3N$ 的作用是消耗生成的 HCl，促进反应正向进行

c.F→G 的反应中，还原了硝基；K→L 的反应中，还原了羰基

（4）以 G 和 M 为原料合成 P 分为三步反应。

已知：



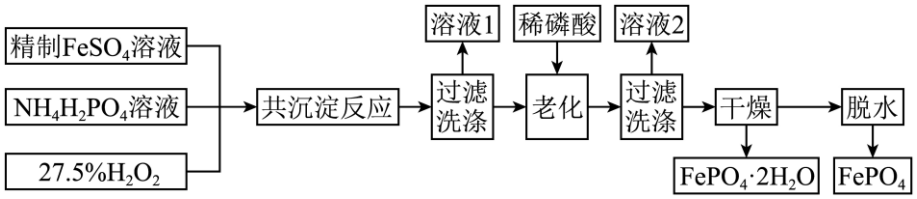
P

①M 含 1 个 sp 杂化的碳原子，M 的结构简式为_____。

②第一步“加成”反应中，G 与 M 的物质的量之比为$1:1$，X 的结构简式为_____；

（5）P 的合成路线中，步骤 E→F 反应的意义是：_____。

18. $LiFePO_4$ 是新能源汽车电池的正极材料，其前驱体磷酸铁$\left(FePO_4\right)$的纯度与结构对 $LiFePO_4$ 的电化学性能至关重要。以下是一种制备磷酸铁的流程：



（1）共沉淀反应：共沉淀反应发生的主要离子反应有：

i._____。

ii. $Fe^{3+}+PO_4^{3-}=FePO_4\downarrow$

iii. $Fe^{3+}+3H_2O=Fe\left(OH\right)_3\downarrow+3H^+$

（2）溶液 1 中含有的主要物质为_____。

（3）老化过程：$Fe\left(OH\right)_3\left(s\right)+PO_4^{3-}\left(aq\right)\rightleftharpoons FePO_4\left(s\right)+3OH^-$

①结合平衡移动原理解释老化过程加入稀磷酸的作用_____。

②铁磷比是衡量磷酸铁品质的关键指标，是决定$LiFePO_4$电池电化学性能的重要因素，最佳铁磷比区间为0.965~0.985。老化温度与铁磷比数据如下：

组别	温度/℃	铁含量/%	磷含量/%	铁磷比
1	80	37.15	20.61	1.016
2	85	35.75	20.77	0.970
3	90	35.76	20.79	0.969
4	95	36.24	21.01	0.972
5	100	36.42	20.94	0.980

实际生产中温度选取$85\sim95℃$为宜，试解释其原因_____。

（4）测定磷酸铁中的铁含量：

a.称取mg的$FePO_4$样品于锥形瓶中，加入$10mL$盐酸溶液，加热至完全溶解并沸腾；

b.趁热滴加$2\sim4mL$二氯化锡溶液至淡黄色，加入$50mL$去离子水后冷却；加入$3\sim5$滴Na_2WO_4溶液，混匀，再滴加$TiCl_3$溶液令其略变蓝色；

c.加入$20mL$硫磷混酸，3~5滴二苯胺磺酸钠，用$0.008mol/L$重铬酸钾标准溶液滴定，到达滴定终点时，记下体积读数VmL。

已知：①重铬酸钾稍过量时，二苯胺磺酸钠溶液显紫红色；Na_2WO_4溶液是一种指示剂，可氧化Ti^{3+}，被还原后呈蓝色，且氧化性：$Fe^{3+}>$钨酸钠

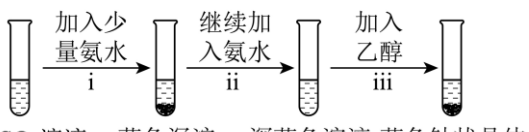
②反应原理：$2Fe^{3+}+Sn^{2+}+6Cl^-\rightarrow SnCl^{2-}+2Fe^{2+}$　$Fe^{3+}+Ti^{3+}\rightarrow Fe^{2+}+Ti^{4+}$

$6Fe^{2+}+Cr_2O_7^{2-}+14H^+\rightarrow 6Fe^{3+}+2Cr^{3+}+7H_2O$

步骤b操作的实验目的是_____，本产品中铁含量(质量分数)为_____。

19. 小组同学用实验1所示方法制备含铜配合物，并探究其组成。

【实验1】



（1）i中生成$Cu(OH)_2$沉淀时，$NH_3\cdot H_2O$的作用是_____；后续加入过量氨水，沉淀溶解生成

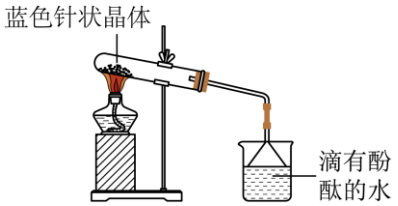
$\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]^{2+}$，此时 $NH_3\cdot H_2O$ 的作用是_____。(从“酸碱性”“配位性”角度分析)

【实验 2】

小组同学推测蓝色针状晶体可能含 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]SO_4$ 或 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]\left(OH\right)_2$。取 mg 洗净的晶体，用蒸馏水溶解后，加入足量盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶，过滤、洗涤、干燥，得到 $ngBaSO_4$ 沉淀。

（2）若晶体仅含 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]SO_4$，则 m 与 n 的定量关系为_____(用含 $M\left[\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]SO_4\right]$、$M\left(BaSO_4\right)$ 的式子表示)；若 n 值偏小，说明晶体可能含 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]\left(OH\right)_2$，理由是_____。

【实验 3】

实验装置	现象
	烧杯中的溶液变红，试管底部产生大量红色固体

（3）观察分析实验 3：

①实验中烧杯溶液变红，说明加热时逸出的物质是_____，该物质使滴有酚酞的水变红的离子方程式为_____。

②甲同学推测，若蓝色针状晶体中含 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]\left(OH\right)_2$，充分加热后预期在试管底部观察到黑色固体。用化学方程式表示这样推测的理由_____。

③结合实验现象，从配合物稳定性与反应条件角度分析“未产生黑色固体”的可能原因：_____。

（4）乙同学通过实验发现，按实验 1 的方案制备铜配合物时，若仅将 i 中的氨水换成适量 NaOH 溶液，只有少量蓝色沉淀溶解。从平衡移动角度说明实验 1 中蓝色沉淀能全部溶解的原因是_____。

（5）通过分析，蓝色针状晶体的主要成分为_____。

参考答案

第一部分

本部分共 14 小题，每题 3 分，共 42 分，在每题列出的 4 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	D	C	D	A	B	C	A	B	C	B	A	A	C	B

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. 【答案】（1） ①. $3s^2$ ②. 球形

（2）NH_3 与 Mg^{2+} 形成配位键时，孤电子对参与成键，孤电子对与成键电子对的斥力减弱，成键电子对之间的斥力相对增大，故键角变大

（3） ①. 6 ②. abc ③. 8

（4） ①. $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2\left(s\right)=\left[Mg\left(NH_3\right)\right]Cl_2\left(s\right)+5NH_3\left(g\right)\quad \Delta H=+\left(c-b\right)kJ\cdot mol^{-1}$ ②. $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 直接高温加热会导致进一步分解为 $MgCl_2$，无法得到目标产物 ③. 低于

【小问 1 详解】

Mg 是第三周期第IIA 族元素，基态电子排布式为 $[Ne]3s^2$，其最外层 3s 层轨道的电子云形状为球形；

【小问 2 详解】

NH_3 分子中，N 原子存在孤对电子，在 $\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 中，NH_3 中的孤对电子与 Mg^{2+} 的空轨道结合，形成配位键，使得其与 N-H 的成键电子对之间的斥力减弱，N-H 成键电子对之间的斥力增加，键角变大；

【小问 3 详解】

①$\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]Cl_2$ 中，配离子为 $[Mg(NH_3)_6]^{2+}$，每个 Mg^{2+} 与 6 个 NH_3 通过配位键结合，配位数为 6；该配合物中 $[Mg(NH_3)_6]^{2+}$ 与 Cl^- 之间存在离子键，Mg^{2+} 与 NH_3 之间存在配位键，N-H 之间存在极性共价键，配合物中不存在非极性共价键，故答案选 abc；

②从图像可以看出，$\left[Mg\left(NH_3\right)_6\right]^{2+}$ 周围最近且等距的 Cl^- 有 8 个，距离为 $\frac{\sqrt{3}}{4}a\text{nm}$；

【小问 4 详解】

反应III-反应II可得$\left[\mathrm{Mg}\left(\mathrm{NH_3}\right)_6\right]\mathrm{Cl_2}\left(\mathrm{s}\right)=\left[\mathrm{Mg}\left(\mathrm{NH_3}\right)\right]\mathrm{Cl_2}\left(\mathrm{s}\right)+5\mathrm{NH_3}\left(\mathrm{g}\right)$，根据盖斯定律，该反应$\Delta H=\Delta H_3-\Delta H_2=+(c-b)\mathrm{kJ\cdot mol^{-1}}$；

②从反应III可以看出，直接高温加热$\left[\mathrm{Mg}\left(\mathrm{NH_3}\right)_6\right]\mathrm{Cl_2}$会使其分解为$\mathrm{MgCl_2}$和$\mathrm{NH_3}$；要得到较纯的$\left[\mathrm{Mg}\left(\mathrm{NH_3}\right)\right]\mathrm{Cl_2}$，需要控制温度略低于反应II，避免其完全分解为$\mathrm{MgCl_2}$和$\mathrm{NH_3}$。

16. 【答案】（1） ①. 减少，4 ②. 正，$\mathrm{PbSO_4-2e^-+2H_2O=PbO_2+SO_4^{2-}+4H^+}$ ③. 正四面体 ④. 41.4

（2） ①. $\mathrm{PbSO_4+2OH^-=Pb\left(OH\right)_2+SO_4^{2-}}$ ②. $\mathrm{PbO_2+H_2O_2+2H^+=Pb^{2+}+O_2\uparrow+2H_2O}$

（3）放电过程中，$\mathrm{H_2SO_4}$不断被消耗，$c\left(\mathrm{H^+}\right)$、$c\left(\mathrm{SO_4^{2-}}\right)$降低，根据能斯特方程，$\frac{1}{c^4\left(\mathrm{H^+}\right)\cdot c^2\left(\mathrm{SO_4^{2-}}\right)}$的值增大，E减小，故电池电压逐渐下降

【小问 1 详解】

①根据电池的总反应式可知，放电时，硫酸作为反应物，随着放电的进行，溶液酸性不断减弱，$\mathrm{H^+}$的物质的量减少。方程式中 Pb 的化合价发生变化，分别从+4 价和 0 价变为+2 价，转移$2\mathrm{mol}$电子，$\mathrm{H^+}$消耗了$4mol$。

②铅酸电池放电时，正极发生还原反应，到了充电的时候，放电时的正极作阳极，应发生氧化反应，与外接电源的正极相连。根据电池的工作原理可知，充电时阳极由$PbSO_4$生成PbO_2，两者为固体不能拆，电极反应式为$PbSO_4-2\mathrm{e^-}+2\mathrm{H_2O}=PbO_2+SO_4^{2-}+4\mathrm{H^+}$。

③SO_4^{2-}的中心 S 原子的 σ 键数目为 4，孤对电子数目为$\frac{1}{2}\times\left[6-(-2)-4\times2\right]=0$，价层电子对数＝σ 键数＋孤对电子数$=4+0=4$，为$sp^3$杂化，$VSEPR$模型为正四面体。

④消耗标准状况下$2.24\mathrm{L}$的$\mathrm{O_2}$时，$n\left(\mathrm{O_2}\right)=\frac{2.24\mathrm{L}}{22.4\mathrm{L\cdot mol^{-1}}}=0.1mol$，和 Pb 反应时，一分子氧气得到 4 个电子，而一个 Pb 失去 2 个电子，根据得失电子守恒可知$\mathrm{O_2}$和 Pb 反应的关系式为$1mol\mathrm{O_2}\sim2molPb$，所以$n\left(Pb\right)=2\times n\left(\mathrm{O_2}\right)=2\times0.1mol=0.2mol$，$m\left(Pb\right)=n\left(Pb\right)\cdot M=0.2mol\times207\mathrm{g\cdot mol^{-1}}=41.4\mathrm{g}$。

【小问 2 详解】

①$\mathrm{PbSO_4}$转化为$\mathrm{Pb\left(OH\right)_2}$化合价不变，发生复分解反应，两者均为沉淀物不能拆，离子方程式为$PbSO_4+2OH^-=Pb\left(OH\right)_2+SO_4^{2-}$。

② PbO_2 转化为 Pb^{2+}，H_2O_2 作还原剂，生成 O_2，加了酸溶液显酸性，离子方程式为

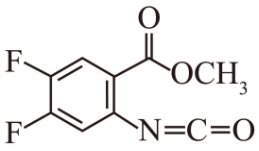
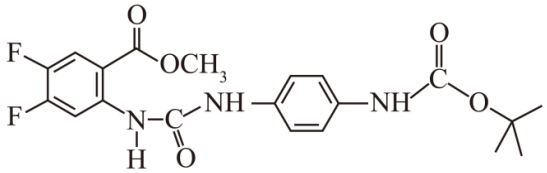
$2H^+ + H_2O_2 + PbO_2 = O_2\uparrow + Pb^{2+} + 2H_2O$。

【小问 3 详解】

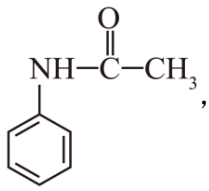
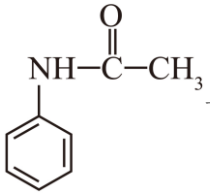
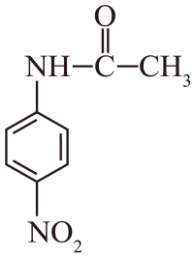
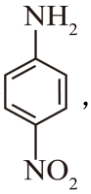
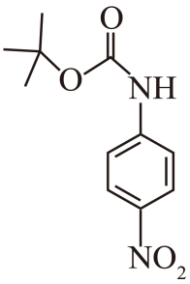
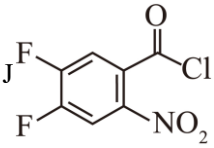
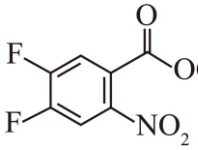
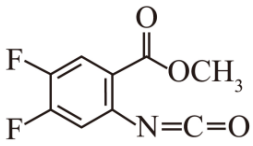
根据铅酸电池的工作原理可知，在放电的过程中，硫酸不断被消耗，H^+ 和 SO_4^{2-} 的浓度不断下降，

$\frac{1}{c^4(H^+)\cdot c^2(SO_4^{2-})}$ 的值不断增大，代入能斯特方程可知 E 不断减少。电池电压逐渐下降。

17. 【答案】（1）氨基、酯基　　（2）取代反应　　（3）ac

（4）　①. 　②. 

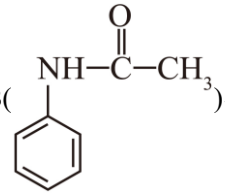
（5）E 中氨基与试剂 a 形成酰胺键，避免后续 G 与 M 反应中氨基全部反应，最终通过“稀碱”脱除保护基　保护氨基，防止全部与 M 反应

【分析】A 为苯胺，与乙酸反应得到 B：，与浓硫酸和浓硝酸加热发生硝化反应得到 D：，D 水解得到 E 为，E 与试剂 a 反应得到 F ，F 与 H_2 发生还原反应得到 G，I 与 $SOCl_2$ 碱性条件下反应得到 J ，J 与 CH_3OH 反应得到 K，根据 K 的分子式可以确定 K 为：，K 还原得到 L，L 进一步反应得到 M，根据 M 的分子式可以确定 M 的结构简式为：，G 与 M 经过三步反应得到 P。

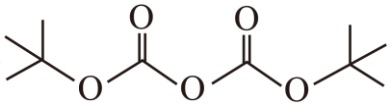
【小问 1 详解】

L 分子中含有的官能团是氟原子和氨基、酯基；

【小问 2 详解】

B()与浓硫酸和浓硝酸加热发生硝化反应得到 D，反应类型是取代反应；

【小问 3 详解】

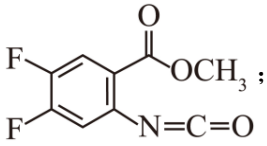
a、试剂 a 是，结构简式写为$\left(CH_3\right)_3COCOOCOOC\left(CH_3\right)_3$，a 错误；

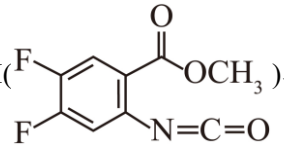
b、J→K 生成有 HCl，加入碱性物质$(CH_3CH_2)_3N$，与生成 HCl 反应，促进反应正向进行，b 正确；

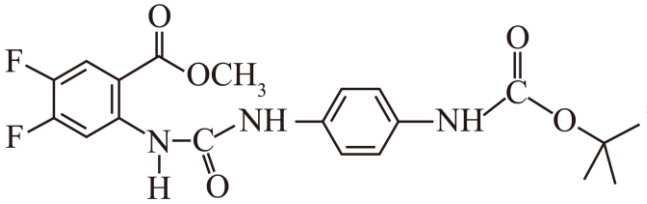
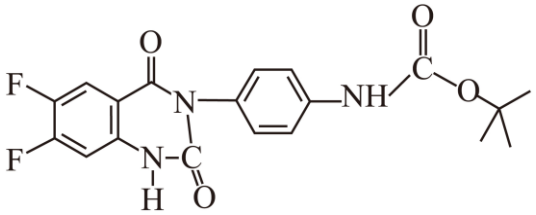
c、根据分析 F→G 与 K→L 的反应均为硝基还原为氨基的反应，c 错误；

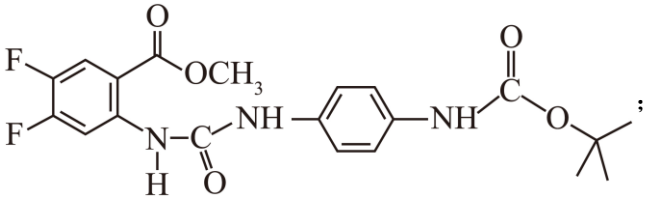
答案选 ac；

【小问 4 详解】

①根据 M 的分子式和 M 含有 1 个 sp 杂化的碳原子，得出 M 的结构简式为：；

②M()与 G 在 N=C 双键上先发生加成反应得到 X，X 的结构简式为：

，X 在碱性条件下脱除 CH_3OH 得到 Y，Y 的结构简式为：，最后发生已知的反应得到 P，X 的结构简式为：

；

【小问 5 详解】

根据分析：E→F 引入保护基，Y→P 脱除保护基，步骤 E→F 反应的意义是：E 中氨基与试剂 a 形成酰胺

键，避免后续G与M反应中氨基全部反应，最终通过“稀碱”脱除保护基 保护氨基，防止全部与M反应。

18. 【答案】（1）$2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+=2Fe^{3+}+2H_2O$

（2）硫酸铵或$(NH_4)_2SO_4$

（3） ①. 老化过程存在平衡$Fe(OH)_3(s)+PO_4^{3-}(aq)\rightleftharpoons FePO_4(s)+3OH^-$，加入磷酸，$H^+$与$OH^-$发生中和反应同时生成$PO_4^{3-}$，均使平衡正向移动，促使$Fe(OH)_3$溶解，生成$FePO_4$ ②. 温度低于85℃时铁磷比偏高(超过0.985)，温度高于95℃时铁磷比无明显优化，但高温会增加能耗、溶剂挥发或可能导致产物分解等，故选择$85\sim95℃$

（4） ①. 将Fe^{3+}恰好全部转化为Fe^{2+} ②. $\frac{6\times0.008V\times56}{1000m}\times100\%$或$\frac{2.688V\times10^{-3}}{m}\times100\%$

【分析】首先共沉淀阶段，过氧化氢将原料中的Fe^{2+}氧化为Fe^{3+}，Fe^{3+}一部分直接与磷酸根生成$FePO_4$沉淀，部分水解得到氢氧化铁沉淀，过滤洗涤后，溶液1主要成分为副产物硫酸铵，沉淀进入老化环节。老化环节加入稀磷酸可消耗平衡生成的OH^-，推动氢氧化铁转化为磷酸铁的平衡正向移动；选择85-95℃老化，是因为该温度区间产物铁磷比刚好落在0.965-0.985的最佳区间，同时兼顾了转化效率与生产能耗，最终经分离干燥脱水得到合格产物。

【小问1详解】

原料中Fe^{2+}需要被H_2O_2氧化为Fe^{3+}，酸性条件下离子方程式为：

$2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+=2Fe^{3+}+2H_2O$；

【小问2详解】

Fe^{3+}已经转化为$FePO_4$、$Fe(OH)_3$沉淀，体系中剩余的离子为NH_4^+（来自$NH_4H_2PO_4$）和SO_4^{2-}（来自$FeSO_4$），因此主要物质为：$(NH_4)_2SO_4$；

【小问3详解】

① 加入稀磷酸的作用： 稀磷酸电离出H^+，H^+会与平衡体系中的OH^-结合生成水，降低$c(OH^-)$，另一方面增加了反应物PO_4^{3-}的浓度，均使平衡$Fe(OH)_3(s)+PO_4^{3-}(aq)\rightleftharpoons FePO_4(s)+3OH^-$正向移动，促进$Fe(OH)_3$转化为$FePO_4$，提高产物纯度；

② 选择$85\sim95^\circ C$的原因： 最佳铁磷比区间为$0.965\sim0.985$；温度低于$85^\circ C$时，铁磷比（$80^\circ C$为

1.016）超出最佳区间，不符合要求；$85\sim95^{\circ}C$ 范围内，铁磷比刚好落在最佳区间内；温度高于 $95^{\circ}C$ 时，铁磷比无明显优化，会额外增加能耗、溶剂挥发或可能导致产物分解等，提高生产成本，因此选择 $85\sim95^{\circ}C$；

【小问 4 详解】

步骤 b 的实验目的：将样品中全部 Fe^{3+} 完全还原为 Fe^{2+}，保证后续滴定测定铁含量的准确性；

铁的质量分数计算： 根据反应关系 $6Fe\sim6Fe^{2+}\sim Cr_2O_7^{2-}$，得

$n(Fe)=6n\left(Cr_2O_7^{2-}\right)=6\times0.008\text{mol/L}\times V\times10^{-3}\text{L}=4.8V\times10^{-5}\text{mol}$，

$m(Fe)=4.8V\times10^{-5}\text{mol}\times56\text{g/mol}=2.688V\times10^{-3}\text{g}$，因此铁的质量分数为 $\dfrac{2.688V\times10^{-3}}{m}\times100\%$。

19. 【答案】（1） ①. 提供 OH^-，表现碱性 ②. 提供 NH_3 作为配体，表现配位性

（2） ①. $\dfrac{\text{m}}{\text{M}\left\{\left[\text{Cu}\left(\text{NH}_3\right)_4\right]\text{SO}_4\right\}}=\dfrac{\text{n}}{\text{M}\left(\text{BaSO}_4\right)}$ ②. 晶体中含 $\left[\text{Cu}\left(\text{NH}_3\right)_4\right]\left(\text{OH}\right)_2$ 时，SO_4^{2-} 的物质的量减少，生成的 $BaSO_4$ 沉淀质量小

（3） ①. NH_3 ②. $NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$ ③. $\left[\text{Cu}\left(\text{NH}_3\right)_4\right]\left(\text{OH}\right)_2\triangleq\text{CuO}+4\text{NH}_3\uparrow+\text{H}_2\text{O}$ ④. 分解生成的 CuO 与未逸出的 NH_3 发生反应，生成了非黑色物质(铜单质或氧化亚铜)

（4） $\text{Cu}\left(\text{OH}\right)_2\left(\text{s}\right)\rightleftharpoons\text{Cu}^{2+}\left(\text{aq}\right)+2\text{OH}^-\left(\text{aq}\right)$，加入 $NH_3\cdot H_2O$ 后，Cu^{2+} 可以与 NH_3 形成 $\left[\text{Cu}\left(\text{NH}_3\right)_4\right]^{2+}$，且 i 中反应 $\text{Cu}^{2+}+2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}=\text{Cu}\left(\text{OH}\right)_2\downarrow+2\text{NH}_4^+$ 产生的 NH_4^+ 能与溶解平衡中的 OH^- 的结合生成 $NH_3\cdot H_2O$，均使沉淀溶解平衡正向移动

（5）$\left[\text{Cu}\left(\text{NH}_3\right)_4\right]\text{SO}_4$

【分析】该实验通过向硫酸铜溶液中先加入少量氨水生成氢氧化铜蓝色沉淀，此时氨水表现碱性；继续加入过量氨水，沉淀溶解生成深蓝色的四氨合铜(II)配离子溶液，此时氨水表现配位性；最后加入乙醇，降低配合物的溶解度，从而析出蓝色针状的含铜配合物晶体。

【小问 1 详解】

生成 $Cu(OH)_2$ 沉淀时：$NH_3\cdot H_2O$ 提供 OH^-，使溶液呈碱性，与 Cu^{2+} 结合生成难溶物 $Cu(OH)_2$，体现了碱性。

$Cu(OH)_2$ 沉淀溶解生成 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]^{2+}$ 时：过量氨水中的 NH_3 分子提供孤电子对，与 Cu^{2+} 形成稳定的配位键，生成可溶性的配离子 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，体现了配位性。

【小问 2 详解】

若晶体仅含 $[Cu(NH_3)_4]SO_4$，根据硫原子守恒：$n\left\{[Cu(NH_3)_4]SO_4\right\}=n\left(BaSO_4\right)$，

即：$\dfrac{m}{M\left\{\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]SO_4\right\}}=\dfrac{n}{M\left(BaSO_4\right)}$；

$[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ 中不含 SO_4^{2-}，若晶体中混有该物质，则单位质量的晶体中 SO_4^{2-} 的含量降低；加入 $BaCl_2$ 后，生成的 $BaSO_4$ 沉淀质量自然偏小。

【小问 3 详解】

①烧杯中滴有酚酞的水变红，说明加热时逸出的物质是 NH_3（氨气溶于水显碱性）；NH_3 溶于水生成 $NH_3\cdot H_2O$，$NH_3\cdot H_2O$ 电离出 OH^- 使溶液呈碱性，离子方程式为 $NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_3\cdot H_2O\rightleftharpoons NH_4^++OH^-$；

②若蓝色针状晶体中含 $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$，充分加热后，$[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ 分解生成 CuO，化学方程式为 $[Cu(NH_3)_4](OH)_2\triangleq CuO+4NH_3\uparrow+H_2O$。

③结合实验现象，从配合物稳定性与反应条件角度分析未产生黑色固体的可能原因：分解生成的 CuO 与未逸出的 NH_3 发生反应，生成了非黑色物质（铜单质或氧化亚铜）。

【小问 4 详解】

$Cu(OH)_2$ 存在溶解平衡：$Cu(OH)_2(s)\rightleftharpoons Cu^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$，加入过量氨水后：$Cu^{2+}$ 与 NH_3 形成稳定的 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$，降低了 Cu^{2+} 浓度；步骤 i 中反应 $Cu^{2+}+2NH_3\cdot H_2O=Cu\left(OH\right)_2\downarrow+2NH_4^+$ 生成的 NH_4^+，会与平衡中的 OH^- 结合生成 $NH_3\cdot H_2O$，降低 OH^- 浓度；两个因素共同使沉淀溶解平衡正向移动，最终 $Cu(OH)_2$ 全部溶解。

【小问 5 详解】

结合实验 2（存在 SO_4^{2-}）和实验 3（无黑色 CuO 生成），可确定主要成分为 $\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]SO_4$。