2026 北京东城高三（上）期末

化　　学

本试卷共 10 页，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 Mg-24 K-39 Mn-55 Fe-56

第一部分

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

1. 下列有关 $^{1}H_2$ 和 $^{2}H_2$ 的说法不正确的是

A. 1 mol $^{2}H_2$ 的中子数约为 $4\times6.02\times10^{23}$

B. 可用质谱法区分 $^{1}H_2$ 和 $^{2}H_2$

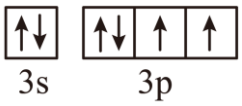
C. 两者分子中的 σ 键电子云形状基本相同

D. 两者的化学性质相似

2. 下列化学用语或图示表达不正确的是

A. H_2O_2 的电子式为 

B. 基态 $_{24}Cr$ 原子的价层电子排布式为 $3d^4 4s^2$

C. 基态 S 原子的价层电子轨道表示式为 

D. 顺-2-丁烯的分子结构模型为 

3. 下列说法不正确的是

A. Li、Na、K 的第一电离能依次增大

B. CH_3COOH 中的甲基是推电子基团，使其酸性比 HCOOH 的弱

C. 可用蒸馏法分离二氯甲烷(沸点 40℃)和四氯化碳(沸点 77℃)的液态混合物

D. 向沸水中滴入饱和 $FeCl_3$ 溶液，可得到 $Fe(OH)_3$ 胶体

4. 下列方程式表达正确且水作氧化剂的是

A. 高温下水蒸气与铁粉的反应：$2Fe+6H_2O(g)\overset{高温}{=\!=\!=}2Fe(OH)_3+3H_2$

B. 金属钠与水的反应：$2Na+2H_2O=2OH^-+2Na^++H_2\uparrow$

C. 向过氧化钠固体中加水：$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2\uparrow$

D. 氯气溶于水：$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons H^++Cl^-+HClO$

5. 丙烯腈($CH_2=CHCN$)是合成高分子材料的重要单体，下列说法不正确的是

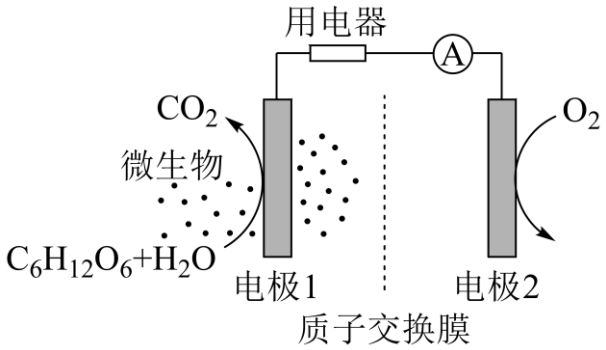
A. 丙烯腈中碳原子的杂化类型有 sp、sp^2 和 sp^3

B. 丙烯腈分子中存在 σ 键和 π 键

C. 丙烯腈分子中所有原子均在同一平面

D. 丙烯腈与 1，3-丁二烯可聚合生成 $\left[CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right]_n$

6. 一种微生物电池的工作原理示意图如下。



下列说法不正确的是

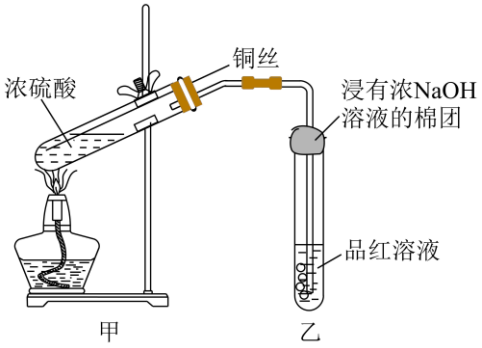
A. 电极 2 为正极

B. 电池工作时，H^+通过质子交换膜进入正极区

C. 电极 1 的电极反应式为 $C_6H_{12}O_6+6H_2O+24e^-=6CO_2\uparrow+24H^+$

D. 理论上，每消耗 1mol$C_6H_{12}O_6$，消耗 134.4 L O_2 (标准状况)

7. 用下图装置探究铜与过量浓硫酸的反应。加热，甲中会出现白雾。



下列说法不正确的是

A. NaOH 可吸收尾气，防止污染空气

B. 乙中溶液褪色，加热后溶液恢复红色，证明浓硫酸有氧化性

C. 将乙中溶液换成石蕊溶液，可证明甲中生成了 SO_2

D. 甲中溶液始终未变蓝，与浓硫酸的吸水性有关

8. 水溶液中，碳酸氢盐与钙盐反应无法析出 $Ca(HCO_3)_2$，只能生成 $CaCO_3$ 沉淀。我国科学家以无水乙醇为溶剂，用 NH_4HCO_3 与 $CaCl_2$ 反应，首次制得了 $Ca(HCO_3)_2$ 晶体。该晶体中存在的相互作用有离子键、共价键、氢键等。下列说法不正确的是

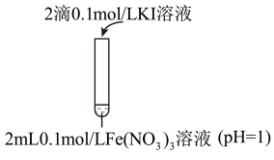
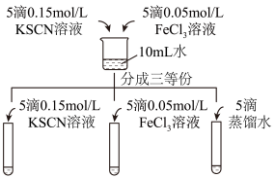
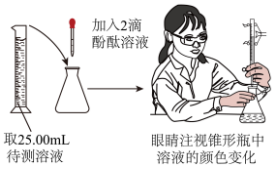
A. $Ca(HCO_3)_2$ 晶体结构可以用 X 射线衍射实验测定

B. 晶体中的氢键可表示为 O—H···O

C. 乙醇的极性小于水的极性，利于 $Ca(HCO_3)_2$ 的析出

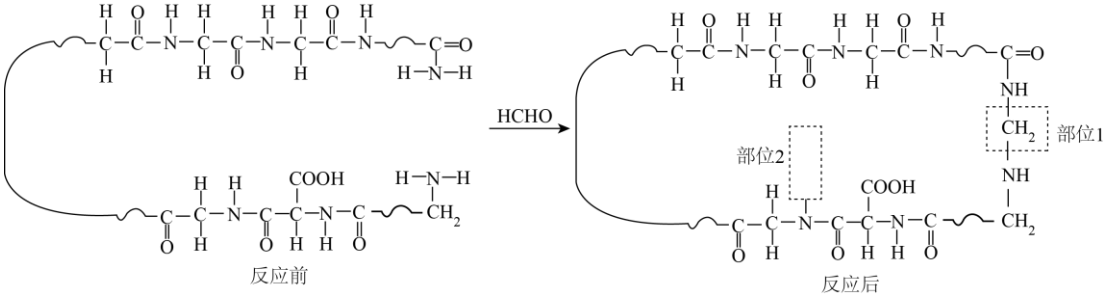
D. 水溶液中 Ca^{2+} 与 CO_3^{2-} 结合，HCO_3^- 的水解平衡：$HCO_3^-+H_2O \rightleftharpoons H_3O^++CO_3^{2-}$ 正向移动

9. 下列实验设计或操作能达到目的的是

A．验证 Fe^{3+} 的氧化性	B．验证氧化性：$Cl_2>Br_2>I_2$
	
C．验证浓度对化学平衡的影响	D．用 0.1000mol/L 盐酸滴定未知浓度 NaOH 溶液
	

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

10. 甲醛(HCHO)会使蛋白质变性，部分原理示意图如下。



下列说法不正确的是

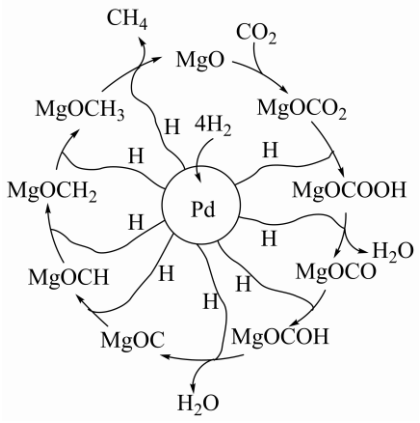
A. HCHO 分子呈平面三角形

B. 形成部位 1 时，蛋白质参与反应的官能团有一种

C. 形成部位 2 时，HCHO 发生了加成反应，则虚线框内的结构为-CH_2OH

D. 推测 HCHO 还可以发生反应：$nHCHO+n\ H_2N-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} H\left[HN-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH-CH_2\right]_nOH+(n-1)H_2O$

11. CO_2 在 Pd-MgO/SiO_2 催化剂上发生反应生成 CH_4，原理示意图如下。



下列说法不正确的是

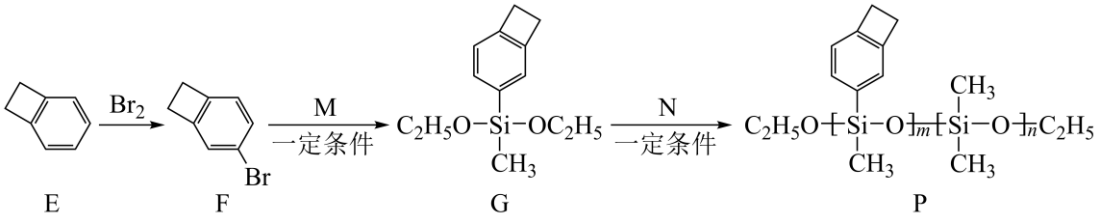
A. MgO 是一种碱性氧化物

B. Pd 能促进 H_2 中的 H-H 键断裂

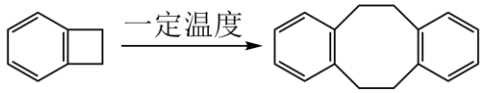
C. CO_2 生成 CH_4 的总反应为 $CO_2+4H_2 \overset{\text{催化剂}}{=\!=\!=} CH_4+2H_2O$

D. 每步反应中碳元素的化合价均发生改变

12. 某新型聚硅氧烷(P)的合成路线如下。



已知：i. M：$C_2H_5O-\overset{\overset{OC_2H_5}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{Si}}-OC_2H_5$ N：$C_2H_5O-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{Si}}-OC_2H_5$

ii. 

下列说法不正确的是

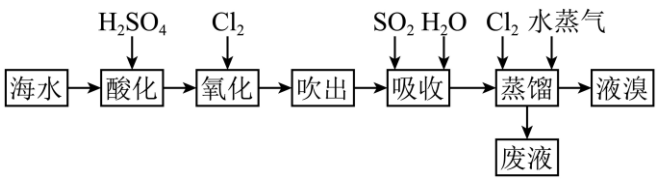
A. M 的核磁共振氢谱有 3 组峰

B. G→P 的反应中生成的小分子是 C_2H_5OH

C. 将 P 加热到一定温度会发生交联，变为网状结构

D. 在上述合成路线中，若将 M、N 互换顺序，则不可能得到 P

13. 海水中含有 Na^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Cl^-、SO_4^{2-}、HCO_3^-、Br^- 等离子，呈弱碱性。一种提溴工艺示意图如下：



下列说法不正确的是

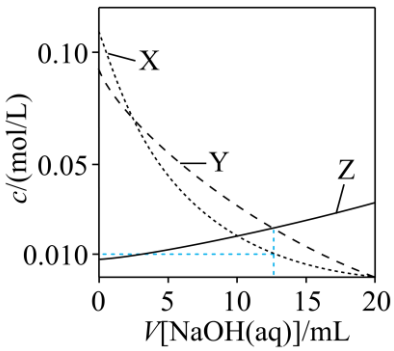
A. 海水呈弱碱性与HCO_3^-有关，“酸化”可将其除去

B. “吸收”主要发生反应：$Br_2+2H_2O+SO_2=4H^++2Br^-+SO_4^{2-}$

C. “废液”可加入到“酸化”步骤中循环利用

D. 每获得 a mol Br_2，整个工艺中理论上需要 a mol Cl_2

14. 某二元酸(用 H_2A 表示)第一步完全电离，第二步部分电离。电离方程式：$H_2A=H^++HA^-$、$HA^- \rightleftharpoons H^++A^{2-}$。向 10.00mL0.10mol/L$H_2A$ 溶液中滴加 0.10 mol/LNaOH 溶液。溶液中$c\left(A^{2-}\right)$、$c\left(HA^-\right)$、$c\left(H^+\right)$随滴加 NaOH 溶液体积的变化如图所示。



下列说法不正确的是

A. 曲线 X 表示 $c(H^+)$的变化

B. V[NaOH(aq)]=10.00mL 时，溶液中存在：$c\left(Na^+\right)>c\left(HA^-\right)+c\left(A^{2-}\right)$

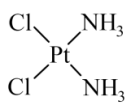
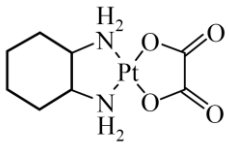
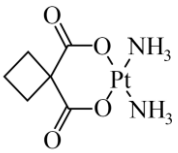
C. 曲线 X 和 Z 的交点处对应的溶液中存在：$c\left(Na^+\right)=c\left(HA^-\right)+c\left(A^{2-}\right)+c\left(OH^-\right)$

D. H_2A 的第二步电离常数为 1.0×10^{-2}

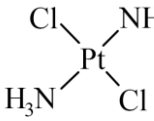
第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

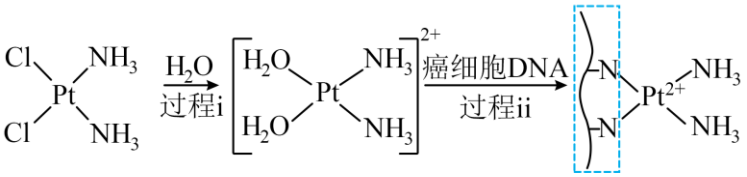
15. 某些铂的配合物可用作抗癌药。

序号	a	b	c
名称	顺铂	奥沙利铂	卡铂
结构简式			

（1）上述铂的配合物中含有手性碳原子的是_____(填序号)。

（2）顺铂比反铂()在水中的溶解度更大。从分子极性的角度解释原因：_____。

（3）顺铂进入癌细胞，破坏其 DNA．一种可能的机制示意图如下。



①过程 i 的离子方程式是_____。

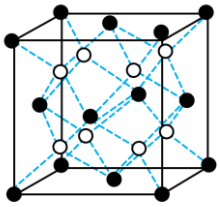
②从配位原子和 Pt^{2+}结合能力的角度解释发生过程 ii 可能的原因：_____。

（4）合成顺铂的一种工艺流程如下。

$$Pt\longrightarrow\cdots\longrightarrow K_2[PtCl_6]\xrightarrow[50\sim60^{\circ}C]{N_2H_4\cdot 2HCl}K_2[PtCl_4]\longrightarrow\cdots\longrightarrow 顺铂$$

①上述流程中，$N_2H_4\cdot 2HCl$ 的作用是_____。

②$K_2[PtCl_6]$的晶胞形状为立方体，边长为 a nm，结构如图所示。

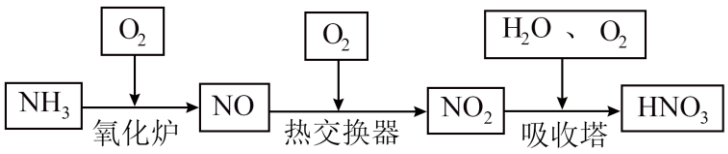


i．图中_____(填“黑球”或“白球”)表示$[PtCl_6]^{2-}$。

ii．已知：$K_2[PtCl_6]$的摩尔质量为 Mg/mol，阿伏加德罗常数的值为 N_A，该晶体的密度为_____g/cm^3

(1nm=10^{-7}cm)

16. 以氨为原料制备硝酸的原理示意图如下。



已知：氧化炉中相关反应的反应热和平衡常数如下表。

反应(500℃，0.1MPa)	ΔH / (kJ / mol)	K
$2NH_3(g)+\frac{5}{2}O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)+3H_2O(g)$ (主反应)	-454	$10^{13.0}$
$2NH_3(g)+\frac{3}{2}O_2(g)\rightleftharpoons N_2(g)+3H_2O(g)$ (副反应)	-634	$10^{17.4}$

（1）理论分析不用 $N_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ 制备 NO 的原因。

①从 N_2 分子结构角度解释：_____。

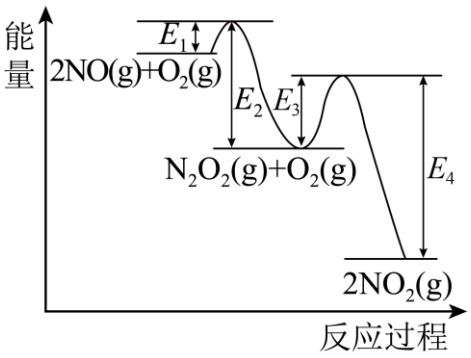
②计算该反应的 ΔH 和 K，从反应原理角度解释：_____。

（2）热交换器中的反应分两步。

反应 i：$2NO(g) \rightleftharpoons N_2O_2(g)$

反应 ii：$N_2O_2(g)+O_2(g)=2NO_2(g)$

对应的反应过程示意图如下。



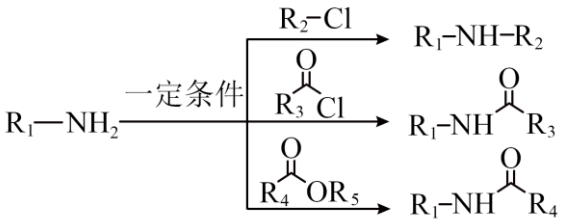
用 E_1、E_2、E_3、E_4 作答：

①由于_____>_____，反应 ii 速率较慢。

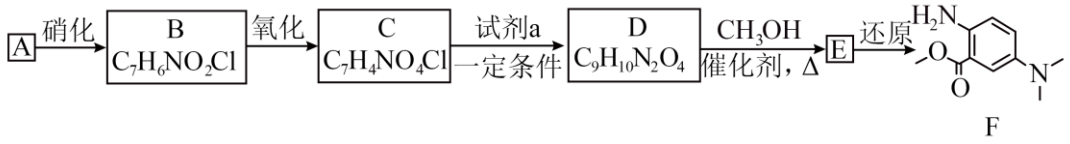
② $2NO(g)+O_2(g)=2NO_2(g)$ $\Delta H=$_____kJ/mol。

（3）吸收塔中的总反应为 $4NO_2(g)+O_2(g)+2H_2O(l) \rightleftharpoons 4HNO_3(l)$ $\Delta H<0$ 从平衡的角度推断有利于将 NO_2 转化为 HNO_3 的措施是_____、_____、_____。

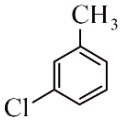
17. 甲基卡泰司特(L)可用于治疗溃疡性结肠炎，可经由中间体 F 合成。

已知：

I．中间体 F 的合成路线



F

（1）A 为 

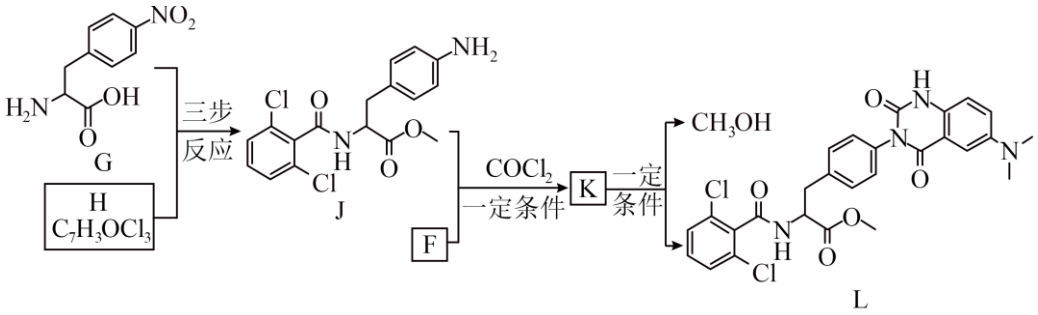
，其官能团的名称是_____。

（2）A→B 的化学方程式是_____。

（3）1 mol B 完全转化为 C 时，转移电子_____mol。

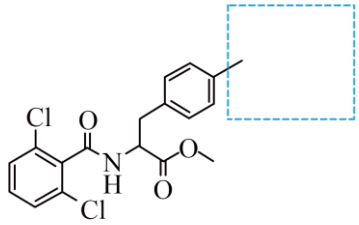
（4）试剂 a 的结构简式是_____。

II．L 的合成路线

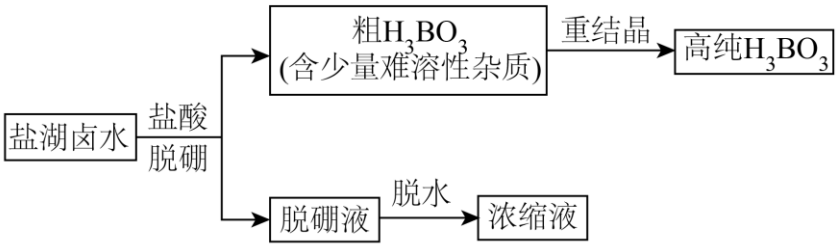


（5）由 G 和 H 合成 J 的反应与 I 中部分反应类似，反应类型依次为_____、_____、_____。

（6）在虚线框内补全 K 的结构简式_____。



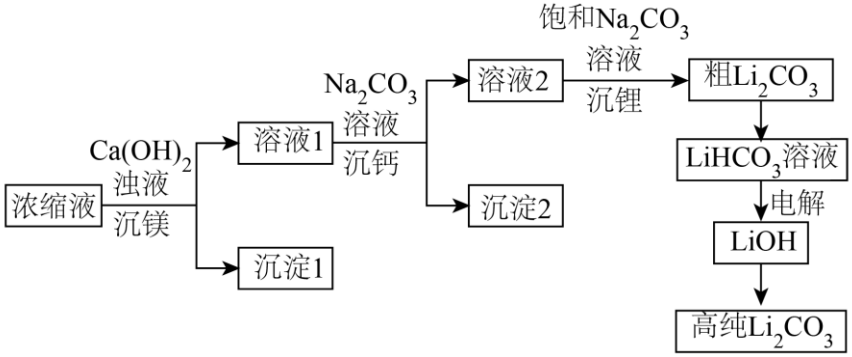
18. 某盐湖卤水中含 Na^+、Mg^{2+}、Li^+、Cl^-、$[B(OH)_4]^-$等。一种综合利用流程示意图如下。



（1）脱硼时$[B(OH)_4]^-$转化为 H_3BO_3 的离子方程式是_____。

（2）H_3BO_3 在水中的溶解度随温度升高而显著增大。补全重结晶的步骤：加热溶解、_____(补全操作)、过滤、洗涤、干燥。

（3）由浓缩液制备高纯 Li_2CO_3 流程示意图如下。



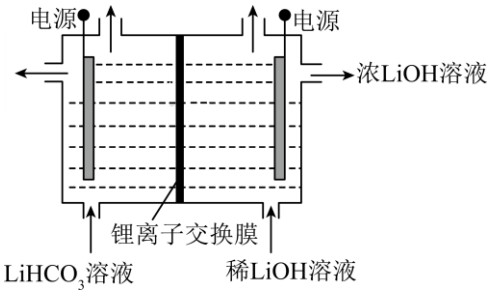
已知：

化学式	$Ca(OH)_2$	$Mg(OH)_2$	$CaCO_3$	Li_2CO_3
K_{sp}(25℃)	5.5×10^{-6}	1.8×10^{-11}	2.5×10^{-9}	3.2×10^{-2}

①沉镁反应的离子方程式是_____。

②沉钙时，当 $c(Ca^{2+})<1\times10^{-5}$mol/L，可认为其沉淀完全。溶液 2 中，若 $c(Li^+)$=2 mol/L，则 $c\left(CO_3^{2-}\right)$ 的范围是_____～_____mol/L。

（4）电解 $LiHCO_3$ 溶液原理示意图如下。



结合电极反应式解释，电解过程中 LiOH 溶液浓度增大的原因：_____。

（5）电解后，向浓 LiOH 溶液中加入过量 NH_4HCO_3 溶液并加热，过滤后直接烘干即可制得高纯 Li_2CO_3.为确保 Li_2CO_3 纯度，NH_4HCO_3 必须过量，原因是_____。

19. 探究 $CuSO_4$ 溶液与 Na_2SO_3 溶液的反应。

已知：Cu^+在酸性环境中会发生反应：$2Cu^+=Cu+Cu^{2+}$。

I．理论预测

序号	预测依据	可能的反应
a	多数亚硫酸盐难溶	生成沉淀
b	$CuSO_4$ 溶液显酸性，Na_2SO_3 溶液显碱性	酸碱反应
c	Cu^{2+}有氧化性，SO_3^{2-} 有还原性	氧化还原反应
d	Cu^{2+}、Cu^+有空轨道，SO_3^{2-} 有孤电子对	生成配合物

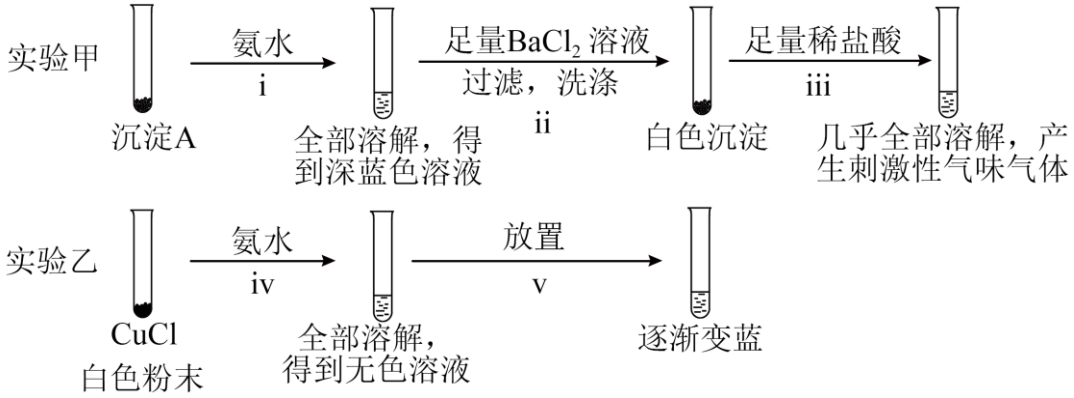
（1）用离子方程式表示 Na_2SO_3 溶液显碱性的原因：_____。

II．实验探究

【实验 1】将浓度均为 0.2mol/L 的 $CuSO_4$ 溶液与 Na_2SO_3 溶液等体积混合，溶液变为绿色，析出棕黄色沉淀。待溶液颜色不变且不再产生沉淀时，快速过滤出棕黄色沉淀，洗涤，记为沉淀 A.

（2）查阅资料：绿色溶液中含 $\left[Cu\left(SO_3\right)_2\right]^{3-}$，说明 $CuSO_4$ 溶液与 Na_2SO_3 溶液发生了_____(填序号)的反应。

【实验 2】资料显示：沉淀 A 中不含 SO_4^{2-}，含有 Cu^{2+}、Cu^+、SO_3^{2-}。验证沉淀 A 的成分。



（3）iii 的现象证明沉淀 A 中有 SO_3^{2-} 但没有 SO_4^{2-} (已另补充实验排除 O_2 干扰)。该步反应的离子方程式是_____。

（4）证明沉淀 A 中有 Cu^{2+}，依据的实验现象：_____。

（5）实验甲无法确定 Cu^+是否存在。另取沉淀 A，加入足量稀硫酸，_____(填实验现象)，证实沉淀 A 中有 Cu^+。

（6）通过两步滴定实验验证沉淀 A 中是否仅含 Cu^{2+}、Cu^+和 SO_3^{2-} 这三种离子。

第一步：取一定质量的沉淀 A 放入锥形瓶中，加蒸馏水形成浊液。用 x mol/L$KMnO_4$ 溶液滴定。滴定过程中分多次滴加稀硫酸(当出现棕黑色沉淀 MnO_2 时，立即滴加稀硫酸至其恰好消失；重复以上操作；临近终点前补加少量稀硫酸)。终点时，共消耗 ymL $KMnO_4$ 溶液。锥形瓶内为澄清溶液，主要含 Cu^{2+}、Mn^{2+}、K^+、H^+ 和 SO_4^{2-}。

第二步：滴定上述溶液中的 Cu^{2+}，测得其物质的量为 $p\times10^{-3}$mol。

①设沉淀 A 样品中三种离子的物质的量分别为 $n\left(Cu^{2+}\right)$、$n\left(Cu^{+}\right)$ 和 $n\left(SO_3^{2-}\right)$，则

$$\begin{cases}2n\left(SO_3^{2-}\right)+n\left(Cu^{+}\right)=_____\ \text{mol(用含x、y的代数式表示)}\\ n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^{+}\right)=p\times10^{-3}\text{mol}\end{cases}$$

上面横线处应填写_____。

②若无其他离子，存在电荷守恒关系：$2n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^{+}\right)=2n\left(SO_3^{2-}\right)$。测定结果为 $2p>5xy$，推断沉淀 A 中可能还含有_____。

③实验反思：第一步滴定过程中分多次滴加硫酸的目的是_____(至少答两点)。

III．实验结论：$CuSO_4$ 溶液与 Na_2SO_3 溶液发生了多种类型反应。

参考答案

第一部分

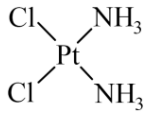
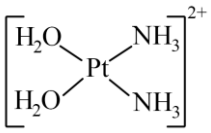
本部分共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题列出的 4 个选项中，选出最符合题目要求的一项。

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

第二部分

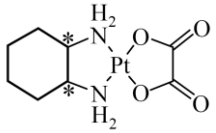
本部分共 5 题，共 58 分。

15.【答案】（1）b　（2）顺铂为极性分子、反铂为非极性分子，根据相似相溶原理知，顺铂比反铂更易溶于极性溶剂水

（3）　①.  $+2H_2O=$  $+2Cl^-$　②. DNA 中的 N 和 H_2O 中的 O 均有孤电子对，二者相比，N 与 Pt^{2+}的配位能力更强

（4）　①. 还原剂　②. 黑球　③. $\dfrac{4M}{N_A(a\times10^{-7})^3}$

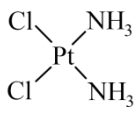
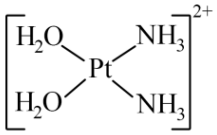
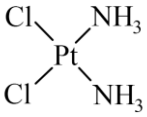
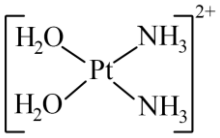
【小问 1 详解】

连接 4 个不同原子或原子团的碳原子为手性碳原子，上述铂的配合物中含有手性碳原子的是 b，如图所示：，故答案为：b；

【小问 2 详解】

极性分子的溶质易溶于极性分子的溶剂，非极性分子的溶质易溶于非极性分子的溶剂，顺铂为极性分子、反铂为非极性分子，根据相似相溶原理知，顺铂比反铂更易溶于极性溶剂水，故答案为：顺铂为极性分子、反铂为非极性分子，根据相似相溶原理知，顺铂比反铂更易溶于极性溶剂水；

【小问 3 详解】

①过程 i 中  和 H_2O 反应生成 、Cl^-，离子方程式为： $+2H_2O=$  $+2Cl^-$；

②DNA 中的 N 和 H_2O 中的 O 均有孤电子对，二者相比，N 与 Pt^{2+}的配位能力更强，所以过程 ii 可能发生，故答案为：DNA 中的 N 和 H_2O 中的 O 均有孤电子对，二者相比，N 与 Pt^{2+}的配位能力更强；

【小问 4 详解】

①上述流程中，N_2H_4•2HCl 在反应中作还原剂，将 $K_2[PtCl_6]$还原为 $K_2[PtCl_4]$，故答案为：还原剂；

②i.图中白球个数为 8、黑球个数为 $8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4$，白球与黑球个数之比为 8：4=2：1，根据化学式知，黑球表示$[PtCl_6]^{2-}$，故答案为：黑球；

ii.该晶胞中相当于含有 4 个 $K_2[PtCl_6]$，晶胞的体积为$(a\times10^{-7}cm)^3$，该晶体的密度=$\frac{4M}{N_A V}=\frac{4M}{N_A(a\times10^{-7})^3}$ g/cm³，故答案为：$\frac{4M}{N_A(a\times10^{-7})^3}$。

16.【答案】（1） ①. N≡N 键能大，不易断裂 ②. $\Delta H=+180\ kJ/mol$，反应吸热，与主反应放热相比耗能大，$K=10^{-4.4}$，反应限度小

（2） ①. E_3 ②. E_1 ③. E_1-E_2+E_3-E_4

（3） ①. 加压 ②. 提高氧气浓度 ③. 降温

【分析】以氨为原料制备硝酸的原理：氨气与氧气在氧化炉反应生成一氧化氮和水，一氧化氮与氧气反应生成二氧化氮，二氧化氮、氧气和水反应生成硝酸。

【小问 1 详解】

①N_2 分子内为 N≡N 键，键能较大，化学键不易断裂，因此难以用于制备 NO，故答案为 N≡N 键能大，不易断裂；

②由主反应-副反应得 $N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)\Delta H=(-454kJ/mol)-(-634kJ/mol)=+180\ kJ/mol$，化学平衡常数为 $K=\frac{10^{13.0}}{10^{17.4}}=10^{-4.4}$，由此可知该反应正向吸热，主反应为放热反应，两个反应相比，$N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$ 耗能大，平衡常数小，反应限度小，故答案为：$\Delta H=+180\ kJ/mol$，反应吸热，与主反应放热相比耗能大，$K=10^{-4.4}$，反应限度小。

【小问 2 详解】

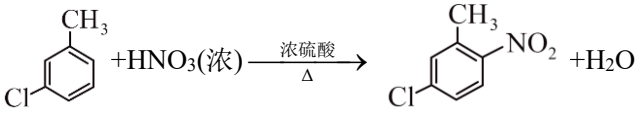
①由图可知，该反应正向合成过程中正反应活化能分别为 E_1、E_3，而 $E_3>E_1$，使得反应 ii 速率较慢，故答案为 $E_3>E_1$；

②反应焓变=正反应活化能-逆反应活化能，因此反应 i、ii 的焓变分别为 $(E_1\text{-}E_2)kJ/mol$、$(E_3\text{-}E_4)kJ/mol$，$2NO(g)+O_2(g)=2NO_2(g)$ 可由反应 i+反应 ii 得到，因此该反应的焓变为 $\Delta H=(E_1\text{-}E_2+E_3\text{-}E_4)kJ/mol$，故答案为 E_1-E_2+E_3-E_4。

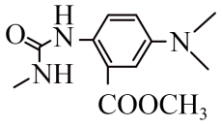
【小问 3 详解】

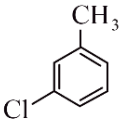
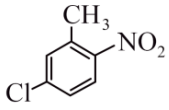
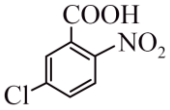
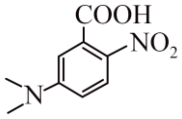
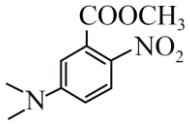
$4NO_2(g)+O_2(g)+2H_2O(l)\rightleftharpoons 4HNO_3(l)\quad \Delta H<0$，正向为放热且气体体积减小的反应，因此若要提

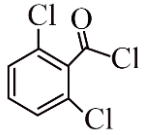
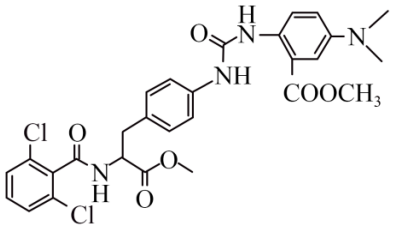
高NO_2转化率，可通过加压、提高氧气浓度、降温等措施实现，故答案为：加压、提高氧气浓度、降温。

17.【答案】（1）碳氯键　（2）　（3）6　（4）CH_3NHCH_3

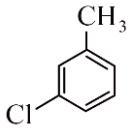
（5）　①. 取代反应　②. 酯化反应或取代反应　③. 还原反应

（6）

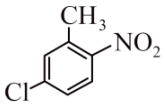
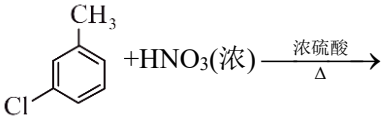
【分析】I．A 为，A 发生硝化反应生成 B，B 发生氧化反应生成 C，C 中氯原子被取代生成 D，D 和甲醇发生酯化反应生成 E，E 中硝基发生还原反应生成 F 中氨基，结合分子式及 F 的结构简式知，B 为、C 为、D 为，a 为 CH_3NHCH_3，E 为；

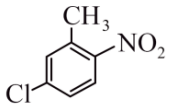
II．根据 G、J 的结构简式及 H 的分子式、“由 G 和 H 合成 J 的反应与I中部分反应类似”知，G、H 发生 C→D→E→F 类型的反应的 J，则 H 为，根据 L 的结构简式知，J、F 中氨基和 $COCl_2$ 发生取代反应生成 K 为，K 再发生取代反应生成甲醇和 L，据此分析解题。

【小问 1 详解】

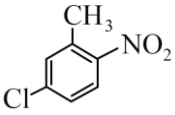
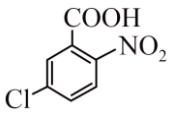
A 为，其官能团的名称是碳氯键，故答案为：碳氯键；

【小问 2 详解】

由分析可知，B 的结构简式为：，则 A→B 的化学方程式是

$+H_2O$；

【小问 3 详解】

由分析可知，B 为、C 为，B 的-CH_3 中碳元素的化合价为-3 价，C 的-COOH 中碳元素的化合价为+3 价，则每个 B 分子转化为 C 分子时转移 6 个电子，则 1mol B 完全转化为 C 时，转移电子 6mol，故答案为：6；

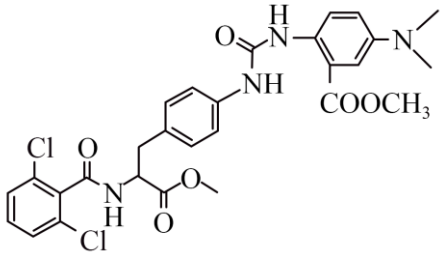
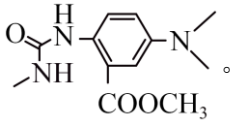
【小问 4 详解】

由分析可知，试剂 a 的结构简式是 CH_3NHCH_3；

【小问 5 详解】

由分析可知，由 G 和 H 合成 J 的反应与I中部分反应类似，反应类型依次为取代反应、酯化反应或取代反应、还原反应；

【小问 6 详解】

由分析可知，K 的结构简式为：，则 K 中在虚线框内的结构简式为。

18.【答案】（1）$[B(OH)_4]^-+H^+=H_3BO_3\downarrow+H_2O$

（2）趁热过滤，冷却结晶

（3）①. $Ca(OH)_2(s)+Mg^{2+}(aq)\rightleftharpoons Mg(OH)_2(s)+Ca^{2+}(aq)$ ②. 2.5×10^{-4} ③. 8×10^{-3}

（4）阴极反应式为 $2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$，电解过程中 Li^+从阳极通过 Li^+离子交换膜进入阴极溶液，因此 LiOH 浓度增大

（5）确保 LiOH 完全转化为 Li_2CO_3，无剩余；加热条件下，NH_4HCO_3 会分解氨气、二氧化碳和水，烘干时易除去，不会引入新杂质

【分析】本题为工艺流程题，向某含 Na^+、Mg^{2+}、Li^+、Cl^-、$[B(OH)_4]^-$等的盐湖卤水中加入盐酸进行脱硼处理，过滤得到粗硼酸晶体和脱硼液，对粗硼酸进行重结晶处理可获得高纯 H_3BO_3，将脱硼液进行脱水浓缩得到浓缩液，向浓缩液中加入石灰乳进行沉镁，过滤得到溶液 1 和沉淀 1$Mg(OH)_2$、$Ca(OH)_2$，向溶液 1 中加入 Na_2CO_3 进行沉钙出来，过滤得到溶液 2 和沉淀 2$CaCO_3$，向溶液 2 中加入饱和 Na_2CO_3 溶液进行沉锂，过滤得到粗 Li_2CO_3 沉淀，将 Li_2CO_3 沉淀转化为 $LiHCO_3$ 溶液，电解 $LiHCO_3$ 溶液得到 LiOH，LiOH 溶液和 CO_2 反应获得高纯 Li_2CO_3，据此分析解题。

【小问 1 详解】

脱硼时$[B(OH)_4]^-$和盐酸发生反应，生成 H_3BO_3 和 H_2O，$[B(OH)_4]^-+H^+=H_3BO_3\downarrow+H_2O$；

【小问 2 详解】

因为杂质是难溶性物质，而 H_3BO_3 在水中的溶解度随温度升高而显著增大，故趁热过滤，除去不溶性杂质

后，冷却结晶，使 H_3BO_3 析出，故答案为：趁热过滤，冷却结晶；

【小问 3 详解】

①$Ca(OH)_2$ 浊液和 Mg^{2+} 反应生成 $Mg(OH)_2$，离子方程式：$Ca(OH)_2(s)+Mg^{2+}(aq)\rightleftharpoons Mg(OH)_2(s)+Ca^{2+}(aq)$；

②当钙离子恰好沉淀完全时，$c(Ca^{2+})=1\times10^{-5}mol/L$，由 $K_{sp}(CaCO_3)=c(Ca^{2+})c(CO_3^{2-})$ 得 $c(CO_3^{2-})=\frac{K_{sp}(CaCO_3)}{c(Ca^{2+})}=\frac{2.5?10^{-9}}{1.0?10^{-5}}mol/L=2.5\times10^{-4}mol/L$，根据题意，$Li_2CO_3$ 不能沉淀，由 $K_{sp}(Li_2CO_3)=c^2(Li^+)c(CO_3^{2-})$ 得 $c(CO_3^{2-})=\frac{K_{sp}(Li_2CO_3)}{c^2(Li^+)}=\frac{3.2?10^{-2}}{2^2}mol/L=8\times10^{-3}mol/L$，所以 $c(CO_3^{2-})$ 的范围：$2.5\times10^{-4}mol/L\sim8\times10^{-3}mol/L$，故答案为：$2.5\times10^{-4}$；$8\times10^{-3}$；

【小问 4 详解】

电解 $LiHCO_3$ 溶液是水的电解，阴极反应式为 $2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$，电解过程中 Li^+ 从阳极通过 Li^+ 离子交换膜进入阴极溶液，与阴极生成的 OH^- 形成 LiOH，因此 LiOH 浓度增大；

【小问 5 详解】

加入过量的 NH_4HCO_3，为了确保 LiOH 完全转化为 Li_2CO_3，无剩余；加热条件下，NH_4HCO_3 会分解氨气、二氧化碳和水，烘干时易除去，不会引入新杂质，故答案为：确保 LiOH 完全转化为 Li_2CO_3，无剩余；加热条件下，NH_4HCO_3 会分解氨气、二氧化碳和水，烘干时易除去，不会引入新杂质。

19.【答案】（1）$SO_3^{2-}+H_2O\rightleftharpoons HSO_3^-+OH^-$

（2）cd　（3）$BaSO_3+2H^+=Ba^{2+}+SO_2\uparrow+H_2O$

（4）实验甲中加入氨水后溶液为深蓝色，实验乙中先得到无色溶液

（5）逐渐出现红色沉淀

（6）　①. $5xy\times10^{-3}$　②. OH^- 或 O^{2-}　③. 避免发生反应 $2Cu^+=Cu+Cu^{2+}$，使 Mn 全部还原为+2 价，避免二氧化硫挥发

【分析】实验甲：

步骤i：沉淀 A 加氨水全部溶解得深蓝色溶液，说明有 Cu^{2+}（形成 $\left[Cu(NH_3)_4\right]^{2+}$）；

步骤ii：加足量 $BaCl_2$ 得白色沉淀；

步骤iii：加足量稀盐酸，沉淀几乎全部溶解，产生刺激性气味气体（SO_2），证明是 $BaSO_3$。

实验乙：

步骤iv：CuCl 加氨水全部溶解得无色溶液，是 Cu^+ 与 NH_3 形成配合物 $\left[Cu(NH_3)_2\right]^+$；

步骤v：放置后逐渐变蓝，是 $\left[Cu(NH_3)_2\right]^+$ 被空气中的 O_2 氧化为 $\left[Cu(NH_3)_4\right]^{2+}$。

【小问 1 详解】

Na_2SO_3 是强碱弱酸盐，SO_3^{2-} 发生分步水解，其中第一步水解是溶液显碱性的主要原因：

$SO_3^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HSO_3^-+OH^-$。

【小问 2 详解】

绿色溶液中含有$\left[Cu\left(SO_3\right)_2\right]^{3-}$，是配合物，并且 Cu 的化合价由$CuSO_4$中+2 价变为+1 价，所以应选表格中的 c、d。

【小问 3 详解】

根据实验现象，加入稀盐酸后白色沉淀几乎全部溶解，并产生刺激性气味气体SO_2，故白色沉淀为$BaSO_3$，离子方程式为$BaSO_3+2H^+=Ba^{2+}+SO_2\uparrow+H_2O$。

【小问 4 详解】

实验甲中加入氨水后溶液为深蓝色，说明生成$\left[Cu\left(NH_3\right)_4\right]^{2+}$，证明有$Cu^{2+}$，而实验乙中 CuCl 加入氨水后先得到无色溶液，放置后变蓝色。

【小问 5 详解】

根据已知信息：Cu^+在酸性环境中会发生反应$2Cu^+=Cu+Cu^{2+}$，另取沉淀 A，加入足量稀硫酸，若逐渐出现红色沉淀，则证实沉淀 A 中有Cu^+。

【小问 6 详解】

$KMnO_4$在酸性条件下被还原为Mn^{2+}，$MnO_4^-\rightarrow Mn^{2+}$，Mn 从+7 价到+2 价，每个$MnO_4^-$得到 5 个电子，被氧化的粒子为$SO_3^{2-}\rightarrow SO_4^{2-}$，S 从+4 价到+6 价，每个$SO_3^{2-}$失去 2 个电子；$Cu^+\rightarrow Cu^{2+}$，Cu 从+1 价到+2 价，每个$Cu^+$失去 1 个电子，根据电子守恒：得电子总数=失电子总数，

$5\times n\left(MnO_4^-\right)=2n\left(SO_3^{2-}\right)+n\left(Cu^+\right)$，已知$n\left(MnO_4^-\right)$=xy×10^{-3} mol，代入得

$2n\left(SO_3^{2-}\right)+n\left(Cu^+\right)=5xy\times10^{-3}mol$；

已知电荷守恒：$2n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^+\right)=2n\left(SO_3^{2-}\right)$，且实验测得 2p>5xy，结合①的两个等式：

$2n\left(SO_3^{2-}\right)+n\left(Cu^+\right)=5xy\times10^{-3}$，$n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^+\right)=p\times10^{-3}$，将 2p>5xy 变形为 2p$\times10^{-3}$>5xy$\times10^{-3}$，代入得：$2\left[n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^+\right)\right]>2n\left(SO_3^{2-}\right)+n\left(Cu^+\right)$，化简得：

$2n\left(Cu^{2+}\right)+n\left(Cu^+\right)>2n\left(SO_3^{2-}\right)$，说明正电荷总量大于负电荷总量，因此沉淀 A 中还含有负电荷的阴离子，可能为OH^-或O^{2-}；

根据已知信息：Cu^+在酸性环境中会发生反应：$2Cu^+=Cu+Cu^{2+}$，第一步滴定过程中分多次滴加硫酸的目的是避免发生反应$2Cu^+=Cu+Cu^{2+}$，根据信息“当出现棕黑色沉淀MnO_2时，立即滴加稀硫酸至其恰好消失”，此操作可以使 Mn 全部还原为+2 价，避免生成MnO_2沉淀，还可以避免二氧化硫挥发。