2022 北京门头沟高三一模

化　　学

考生须知	1.本试卷共 10 页，共 100 分，考试时长 90 分钟。 2.请将条形码粘贴在答题卡相应位置处。 3.试卷所有答案必须填涂或书写在答题卡上，在试卷上作答无效。请使用 2B 铅笔填涂，用黑色字迹签字笔或钢笔作答。

可能用到的相对原子质量：H-1　C-12　N-14　O-16　Na-23　S-32

第一部分选择题(共 42 分)

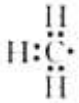
本部分共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 第 24 届冬季奥林匹克运动会在北京市和张家口市成功举办。下列不属于化学变化的是

A	B	C	D
			
冬奥场馆使用 CO_2 跨临界直接制冰(“水立方”场馆中的水冰转换)	北京冬奥会菜单上有 678 道菜，其中工作人员对食材进行的煎、炒、烹、炸过程	冬奥会开幕式中火炬“飞扬”中氢燃料的燃烧	冬奥会上采用紫外杀菌技术使蛋白质变性

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

2. 下列化学用语或表示不正确的是

A. 甲基的电子式：

B. 乙烯的分子结构模型：

C. 中子数为 18 的氯原子：$^{35}_{17}Cl$

D. 基态 Cr 的电子排布式：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^44s^2$

3. 下列表述不正确的是

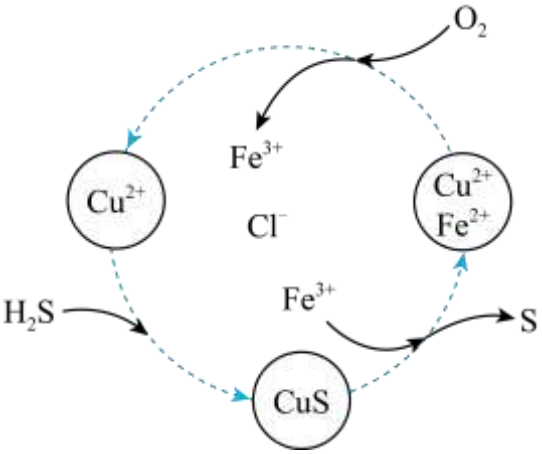
A. 原子轨道能量：1s<2s<3s<4s

B. M 电子层存在 3 个能级、9 个原子轨道

C. 4s 电子能量较高，总是在比 3s 电子离核更远的地方运动

D. 同一周期，碱金属元素的第一电离能最小，最容易失电子

4. 将 H_2S 和空气的混合气体通入 $FeCl_3$、$FeCl_2$、$CuCl_2$ 的混合溶液中反应回收 S，其物质转化如图所示。下列叙述不正确的是



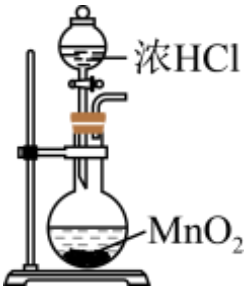
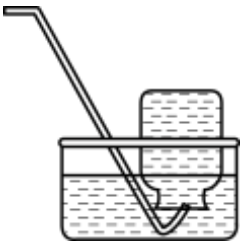
A. H_2S 和空气通过上述循环的目的是降低活化能，提高总反应速率

B. 在转化过程中能循环利用的物质是 $FeCl_3$ 和 $CuCl_2$

C. 该过程的总反应式为：$2H_2S+O_2 \xlongequal{\text{催化剂}} 2H_2O+2S\downarrow$

D. 若有 1molH_2S 发生图示转化的同时消耗 O_2 为 0.4mol，则混合液中 Fe^{3+}浓度增大

5. 下列装置能达到相应实验目的的是

去除 CO_2 中少量 HCl	制取氯气	分离酒精和水	收集 NO_2
			
A	B	C	D

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

6. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

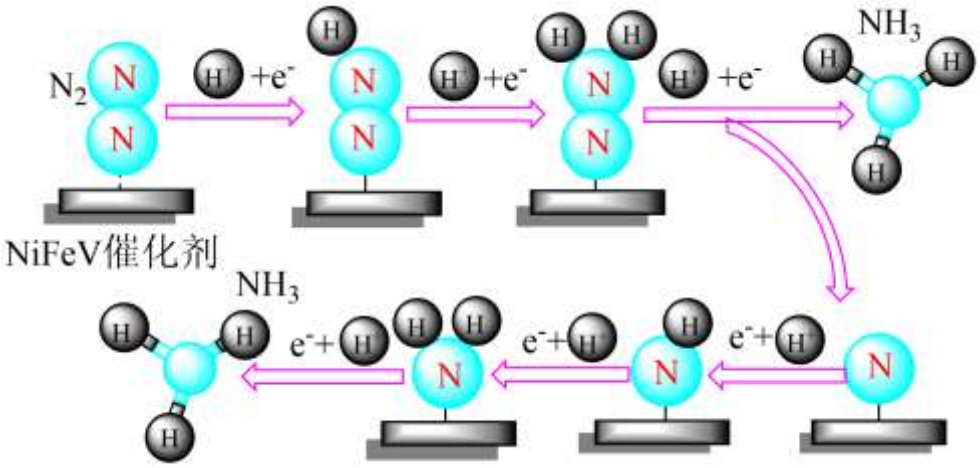
A. 1L0.2mol·$L^{-1}$$NH_4Cl$ 溶液中，NH_4^+ 的数目为 $0.2N_A$

B. 标准状况下，11.2LCCl_4 含共用电子对数为 $2N_A$

C. 24g 正丁烷和 5g 异丁烷的混合物中含共价键数目为 $6.5N_A$

D. 等质量的 O_2 和 O_3 中，所含电子数之比为 2∶3

7. 近期，我国研究人员报道了温和条件下实现固氮的一类三元 NiFeV 催化剂，如图为其电催化固氮的机理示意图。以下关于该电催化机理过程的描述不正确的是



A. 反应　酸性条件下进行

B. 反应过程涉及 N_2 的氧化反应

C. 1 个 N_2 分子反应生成 2 个 NH_3 分子

D. 反应分多步进行，中间产物为几种不同的氮氢化物

8. 下列用于解释实验事实的离子方程式不正确的是

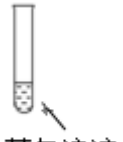
A. 酚酞滴入碳酸钠溶液中，溶液变红色：$CO_3^{2-}+2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+2OH^-$

B. 向 $NaHCO_3$ 溶液中加入少量澄清石灰水，有白色沉淀生成：$2HCO_3^-+Ca^{2+}+2OH^-=CaCO_3\downarrow+CO_3^{2-}+2H_2O$

C. $FeSO_4$ 溶液滴入溴水中，溴水颜色变浅：$2Fe^{2+}+Br_2=2Fe^{3+}+2Br^-$

D. 苯酚钠溶液中通入少量 CO_2 气体，溶液变浑浊：$C_6H_5O^-+CO_2+H_2O=C_6H_5OH+HCO_3^-$

9. 已知$[Co(H_2O)_6]^{2+}$呈粉红色、$[CoCl_4]^{2-}$呈蓝色、$[ZnCl_4]^{2-}$为无色。现将 $CoCl_2$ 溶于水，加入浓盐酸后，溶液由粉红色变为蓝色，存在以下平衡：$[Co(H_2O)_6]^{2+}+4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}+6H_2O$ $\triangle H$，将该溶液分为三份做实验，溶液的颜色变化如表：

装置	序号	操作	现象
	①	将试管置于冰水浴中	溶液均呈粉红色
	②	加水稀释	
	③	加少量 $ZnCl_2$ 固体	

以下结论和解释正确的是

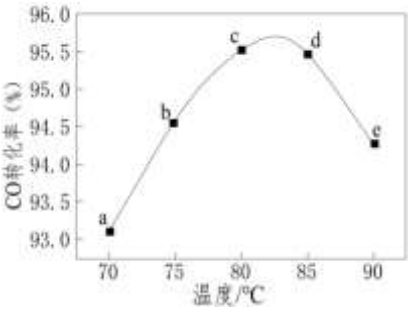
A. 等物质的量的$[Co(H_2O)_6]^{2+}$和$[CoCl_4]^{2-}$中 σ 键数之比为 3：2

B. 由实验①可知：$\triangle H<0$，由实验②可推知加水稀释，浓度熵 $Q<K$，平衡逆向移动

C. 由实验③可知：Zn^{2+}络合 Cl^-能力比 Co^{2+}络合 Cl^-能力弱

D. 实验①②③可知：配合物的形成与温度、配体的浓度及配体的种类等有关

10. 工业上可通过甲醇羰基化法制取甲酸甲酯：$CH_3OH(g)+CO(g) \rightleftharpoons HCOOCH_3(g)$，在容积固定的密闭容器中，投入等物质的量 CH_3OH 和 CO，测得相同时间内 CO 的转化率随温度变化如图所示，下列说法正确的是



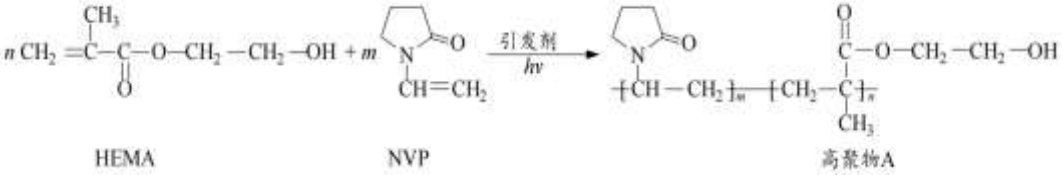
A. 反应速率 $v_b>v_d$

B. 由图可知生产时反应温度控制在 80～85℃为宜

C. 向该容器中充入 N_2，CH_3OH 的转化率增大

D. d→e，CO 的转化率随温度的升高而减小，是因为该反应是吸热反应，升高温度反应正向移动

11. 高聚物 A 在生物医学上有广泛应用。以 N—乙烯基吡咯烷酮(NVP)和甲基丙烯酸 β—羟乙酯(HEMA)为原料合成路线如图：



下列说法正确的是

A. HEMA 具有顺反异构

B. 1mol 高聚物 A 可以与 2molNaOH 反应

C. NVP 分子式　C_6H_9NO

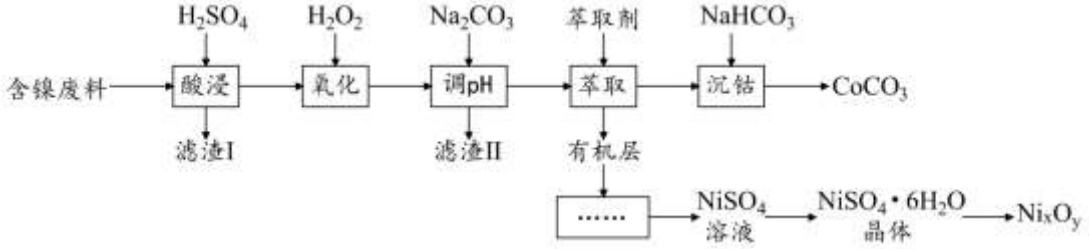
D. HEMA 和 NVP 通过缩聚反应生成高聚物 A

12. 下表中的实验操作能达到实验目的或能得出相应结论的是

选项	实验操作	实验目的或结论
A	向 2mL0.1mol·$L^{-1}$$MgCl_2$ 溶液中加入 5mL0.1mol·L^{-1}NaOH 溶液，出现白色沉淀后，继续滴入几滴 $FeCl_3$ 浓溶液，静置，出现红褐色沉淀	相同温度下，$Fe(OH)_3$ 比 $Mg(OH)_2$ 更难溶
B	向某溶液中滴加少量 KSCN 溶液，无现象，再滴加几滴新制氯水，溶液变红	该溶液中含有 Fe^{2+}
C	向 $BaCl_2$ 溶液中通入 SO_2 和 X 气体，产生白色沉淀	气体 X 一定具有强氧化性
D	室温下，用 pH 试纸测得：0.1mol·$L^{-1}$$Na_2SO_3$ 溶液 pH 约为 10，0.1mol·$L^{-1}$$NaHSO_3$ 溶液 pH 约为 5	HSO_3^- 结合 H^+的能力比 SO_3^{2-} 的强

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

13. 在实验室中以含镍废料(主要成分为 NiO，含少量 FeO、Fe_2O_3、CoO、BaO 和 SiO_2)为原料制备 Ni_xO_y 和 $CoCO_3$ 的工艺流程如图。



下列说法不正确的是

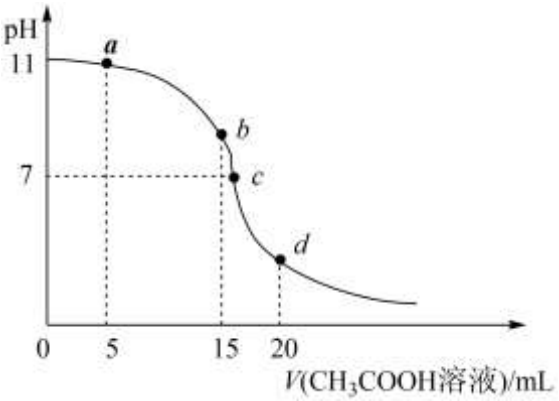
A “滤渣 I”中含硅和钡元素

B. “氧化”“调 pH”时均需要加过量的试剂

C. “沉钴”过程发生的反应为 $Co^{2+}+2HCO_3^-=CoCO_3\downarrow+CO_2\uparrow+H_2O$

D. “沉钴”时，若 $c(Co^{2+})=0.02mol\cdot L^{-1}$，为了防止沉钴时生成 $Co(OH)_2$，常温下应控制溶液 pH<7.5(已知 $K_{sp}[Co(OH)_2]=2\times10^{-15}$)

14. 25℃时，向 15mL0.1mol·L^{-1} 的 NaOH 溶液中逐滴滴入 0.1mol·L^{-1} 的 CH_3COOH 溶液，加入 CH_3COOH 溶液的体积与混合溶液 pH 的关系如图所示(混合过程中忽略溶液体积变化)。下列分析不正确的是



A. c 点对应溶液中，$\dfrac{c(Na^+)\cdot c(H^+)}{c(OH^-)\cdot c(CH_3COO^-)}=1$

B. b 点与 c 点所示溶液中水的电离程度：b>c

C. a 点溶液中：$c(Na^+)>c(OH^-)>c(CH_3COO^-)>c(H^+)$

D. b 点对应的溶液中 $c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)=0.1mol\cdot L^{-1}$

第二部分非选择题(共 58 分)

15. CO_2 的资源化可以推动经济高质量发展和生态环境质量的持续改善。由 CO_2 合成甲醇是 CO_2 资源化利用的重要方法。

I.合成甲醇

（1）由 CO_2 催化加氢合成甲醇醇。

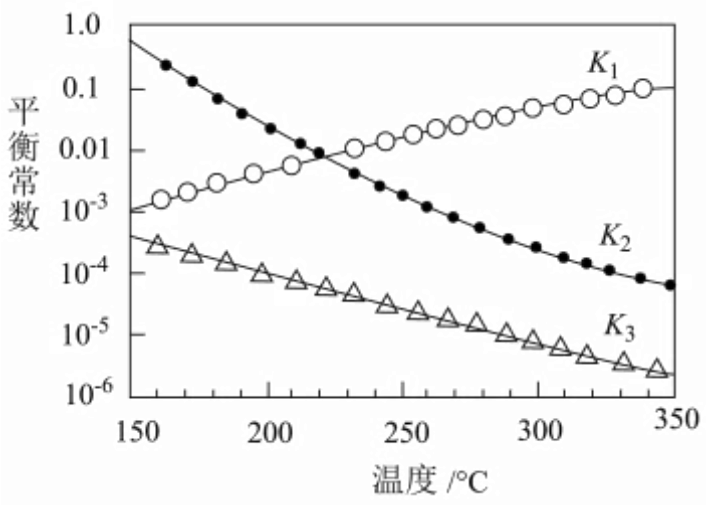
①一定条件下，由 CO_2 和 H_2 制备甲醇　过程中有下列反应：

反应 1：$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$ $\triangle H_1$

反应 2：$CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$ $\triangle H_2$

反应 3：$CO_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$ $\triangle H_3$

其对应的平衡常数分别为 K_1、K_2、K_3，它们随温度变化的曲线如图所示。



①则△H_2____△H_3(填“>”“<”或“=”)。

②对于上述 CO_2 加氢合成 CH_3OH 的反应体系，下列说法不正确的是____(填字母)。

a．增大初始投料比 $\frac{n(CO_2)}{n(H_2)}$，有利于提高 CO_2 的转化率

b．当气体的平均摩尔质量保持不变时，说明反应体系已达平衡

c．体系达平衡后，若压缩容器体积，则反应 1 平衡不移动，反应 3 平衡正向移动

d．选用合适的催化剂可以提高反应 3 中 CO_2 的平衡转化率

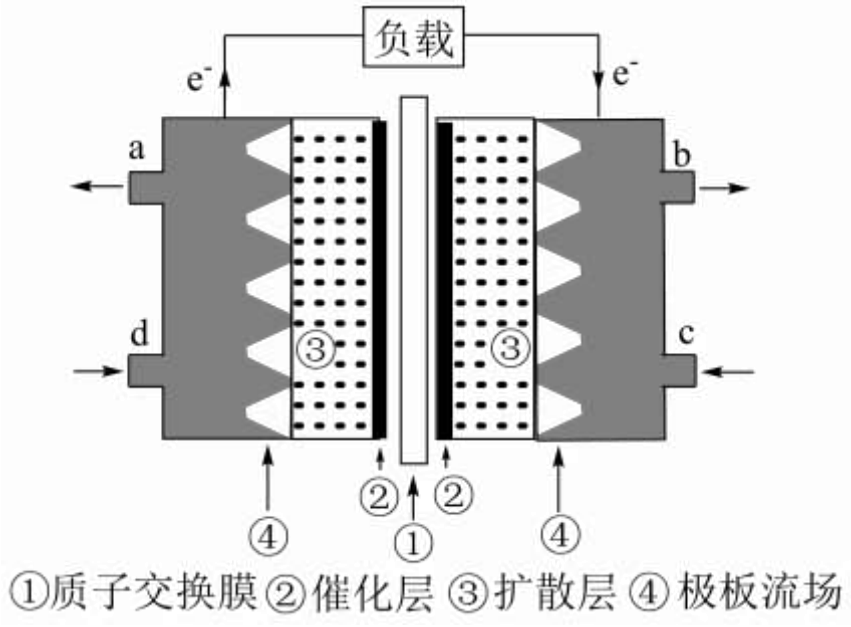
（2）电化学原理将 CO_2 转化为甲醇。

在光电催化条件下可以高效地将 CO_2 和 H_2O 转化为甲醇，从电极反应的角度分析：

①甲醇在____(填“阴”或“阳”)极生成；

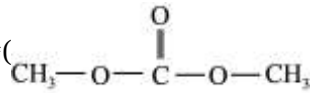
②氧化反应为____。

II.甲醇是重要的化工原料，也可用作甲醇燃料电池。以稀硫酸为电解质溶液，甲醇燃料电池的工作原理如图所示。

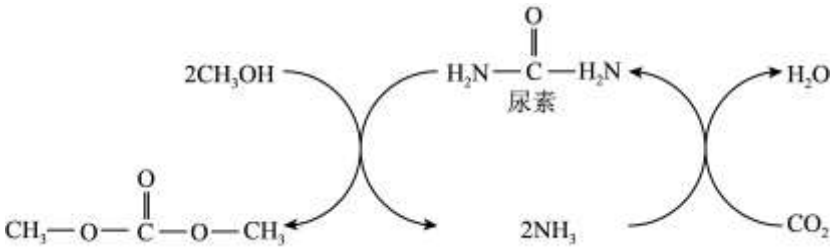


（3）该电池工作时，c 口通入的物质是_____。

（4）该电池负极的电极反应式是_____。

16. 碳酸二甲酯()是一种环保性能优异，用途广泛的化工原料，其合成方法有多种。

I.在催化剂作用下由 CO_2 制备碳酸二甲酯的过程如图：



（1）尿素中 N 的第一电离能比 O 的高，原因是：

①O 失去的是已经配对的电子，配对电子相互排斥，因而电离能较低；

②_____。

（2）下列关于氨气的叙述不正确的是_____(填字母)。

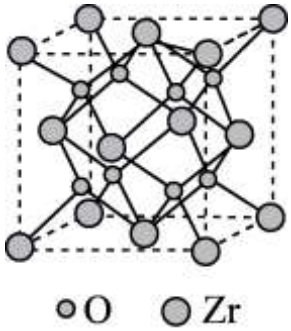
a．NH_3 的键角小于 CH_4 的键角，是因为 NH_3 的中心原子上孤电子对有较大斥力

b．NH_3 极易溶解在水中，只因氨分子与水分子间形成了氢键

c．NH_3 的沸点比 PH_3 的高，是因为 N—H 的键能比 P—H 的大

II.在 CeO_2—ZrO_2 固溶体的催化体系中也能将 CO_2 转化为碳酸二甲酯。

（3）氧化锆(化学式为 ZrO_2)晶胞结构如图所示，Zr^{4+}在晶胞中的配位数是____，若该晶胞的密度为 $\rho g\cdot cm^{-3}$，用 N_A 表示阿伏伽德罗常数的值，则该晶胞的体积是____cm^3(列出计算式)。(氧化锆的摩尔质量 $M=123g\cdot mol^{-1}$)



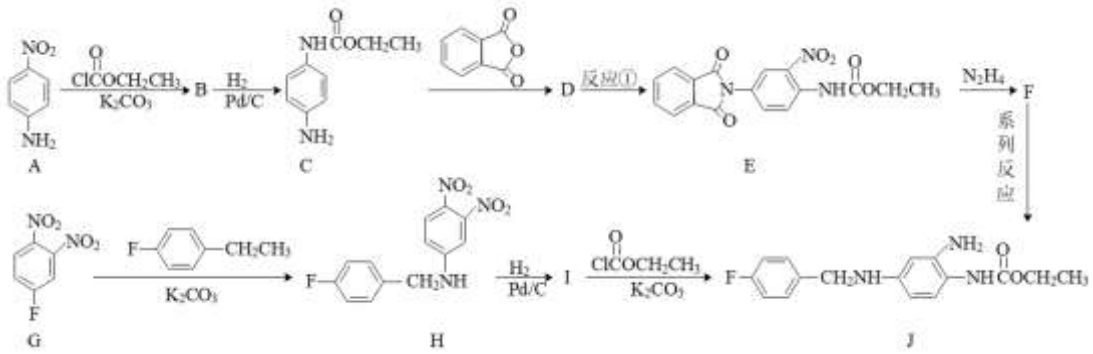
（4）Ce、Zr、Mn 和 Fe 都是过渡金属元素，Mn 与 Fe 两元素的部分电离能如表所示。

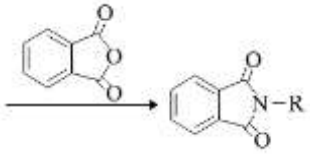
元素	电离能($kJ\cdot mol^{-1}$)		
	I_1	I_2	I_3
Mn	717	1509	3248
Fe	759	1561	2957

①铁元素位于元素周期表____族，属于____区。

②比较两元素的 I_2、I_3 可知，气态 Mn^{2+}再失去 1 个电子比气态 Fe^{2+}再失去 1 个电子更难，请从原子结构分析原因____。

17. 我国科学家发现化合物 J 对消除由蜈蚣叮咬产生的严重临床症状有良好效果。J 的两条合成路线如图所示。



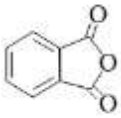
已知：i.R—NH_2  $\xrightarrow{N_2H_4}$ R—NH_2(R 代表烃基)

ii.—NH_2 易被氧化

回答下列问题：

（1）A 中官能团有：硝基和____。

（2）D→E 的化学方程式是____。F 的结构简式是____。

（3）反应中  的作用____。

（4）B 有多种同分异构体，写出任意一种同时满足下列条件的 M 的结构简式是____。

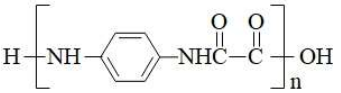
①含有—NO_2 的芳香族化合物

②能发生水解反应且水解产物之一含有醛基

③苯环上一氯代物有两种

（5）G→H 的反应类型是____。

（6）I→J 的反应还可能有副产物，请写出其中一种的结构简式____。

（7）苯胺()和乙二酸(HOOC—COOH)为起始原料，可以制备  。选用必要的试剂完成合成路线____。

18. 废弃的锂离子电池中含有大量 Co、Ni、Mn、Cu、Al 等金属元素，需回收处理。柠檬酸因具有酸性和较好的络合性，可用于浸出金属离子并得到柠檬酸浸出液，下列是某小组研究从柠檬酸浸出液中去除铜的方法。

方法一：调 pH 去除铜

资料 1：金属离子沉淀的 pH

	$Al(OH)_3$	$Cu(OH)_2$	$Ni(OH)_2$	$Co(OH)_2$	$Mn(OH)_2$
开始沉淀 pH	3.53	4.91	6.88	7.40	8.14
完全沉淀 pH	4.89	6.67	8.87	9.39	10.14

（1）由数据分析，甲同学提出可以控制溶液 pH 至____去除溶液中铜离子。

（2）设计实验，测得不同 pH 下铜的沉淀率如表。

pH	5	8	10	12
铜的沉淀率	2.3	7.2	9.8	12

由数据分析 pH=12 时铜的沉淀率为 12%，远小于理论分析结果，分析可能原因____。

结论：不可以通过调 pH 去除铜。

方法二：还原法去除铜

资料 2：抗坏血酸($C_6H_8O_6$)具有较强的还原性，氧化后为脱氢抗坏血酸($C_6H_6O_6$)；受热易分解。

向柠檬酸浸出液中加入抗坏血酸能有效的将 Cu^{2+}还原成金属 Cu。某实验小组研究了相同条件下，pH、反应时间和温度分别对 Cu 沉淀率的影响。

（3）依据图 1 和图 2，判断沉淀铜选择最佳 pH 为____，理由是____。

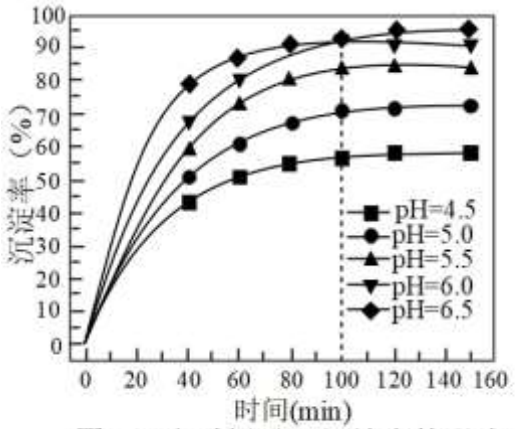


图1 pH和时间对Cu沉淀率的影响

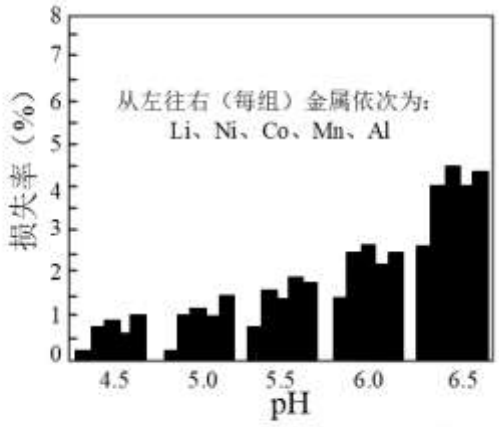


图2 反应100min时不同pH下金属的损失率

（4）从图 3 可以看出，随着温度的升高，相同时间内 Cu 的沉淀率先逐渐增加，在 80℃时达到最高点，后略有下降。分析原因____。

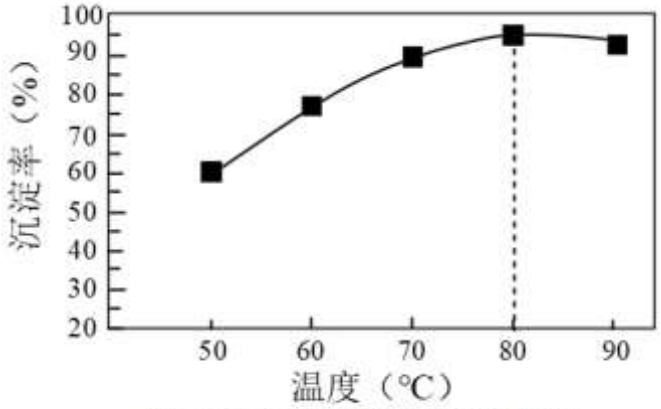


图3 温度对Cu沉淀率的影响

（5）由上述实验可知：抗坏血酸还原铜离子可能存在的路径____，____。(用离子方程式表示)

结论：可以通过还原法去除铜。

19. 某实验小组探究 Mn^{2+}的检测方法。

查阅资料：Mn^{2+}　稀溶液几乎无色，在酸性介质中，$S_2O_8^{2-}$ 能将 Mn^{2+}氧化成 MnO_4^-。

（1）资料中检测 Mn^{2+}方法的反应为____(用离子方程式表示)。

甲同学设计实验如表。

序号	实验操作	实验现象
I	向 1mL0.002mol·$L^{-1}$$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-}$ $^1H_2SO_4$溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体	5min 无明显现象

（2）实验I并未观察到预期现象，查阅资料，并进行以下实验。

序号	实验操作	实验现象
II	向 1mL0.002mol·$L^{-1}$$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-1}$$H_2SO_4$溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，加热至沸腾	溶液变棕黄色，1min 后出现紫红色
III	向 1mL0.002mol·$L^{-1}$$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-1}$$H_2SO_4$溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，再滴入 2 滴 0.1mol·$L^{-1}$$AgNO_3$溶液	溶液变棕黄色，5min 出现紫红色
IV	向 1mL0.05mol·$L^{-1}$$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-1}$$H_2SO_4$溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，加热至沸腾	迅速生成棕黑色沉淀

①对比实验II、III，推测实验I无明显现象的原因____。

②解释实验II、III中溶液变棕黄色的原因____。

③结合离子方程式解释实验IV中产生棕黑色沉淀的原因____。

（3）乙同学继续设计实验

序号	实验操作	实验现象
V	向 1mL0.002mol·$L^{-1}$$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-1}$$H_2SO_4$溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体+____，微热	1min 后出现紫红色

完成表格中空白处。

（4）总结：探究 Mn^{2+}的检测方法需要考虑的因素有____。

参考答案

1. 第 24 届冬季奥林匹克运动会在北京市和张家口市成功举办。下列不属于化学变化的是

A	B	C	D
			
冬奥场馆使用 CO_2 跨临界直接制冰(“水立方”场馆中的水冰转换)	北京冬奥会菜单上有 678 道菜，其中工作人员对食材进行的煎、炒、烹、炸过程	冬奥会开幕式中火炬“飞扬”中氢燃料的燃烧	冬奥会上采用紫外杀菌技术使蛋白质变性

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A．二氧化碳跨临界直接制冰技术，通过压力变化使二氧化碳汽化实现制冷，二氧化碳汽化属于物理变化，汽化是二氧化碳的物理性质，故 A 符合题意；

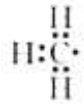
B．食材变熟，与调味料作用味道变了属于化学变化，燃料的燃烧属于化学变化，故 B 不符合题意；

C．氢燃料燃烧时氢气和氧气反应生成水，有新物质生成，属于化学变化，故 C 不符合题意；

D．蛋白质　变性为化学变化，故 D 不符合题意；

故选 A。

2. 下列化学用语或表示不正确的是

A. 甲基的电子式：

B. 乙烯的分子结构模型：

C. 中子数为 18 的氯原子：$^{35}_{17}Cl$

D. 基态 Cr 的电子排布式：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^44s^2$

【答案】D

【解析】

【详解】A．1 个甲基共有 7 个电子，甲基的电子式：，A 正确；

B．乙烯的结构简式为 $CH_2=CH_2$，分子结构模型：，B 正确；

C．核电荷数=质子数+中子数，中子数为 18 的氯原子：$^{35}_{17}Cl$，C 正确；

D．Cr 所含质子数为 24，原子核外电子数为 24，基态 Cr 的电子排布式：$1s^22s^22p^63s^23p^63d^54s^1$，D 错误；

答案选 D。

3. 下列表述不正确的是

A. 原子轨道能量：1s<2s<3s<4s

B. M 电子层存在 3 个能级、9 个原子轨道

C. 4s 电子能量较高，总是在比 3s 电子离核更远的地方运动

D. 同一周期，碱金属元素的第一电离能最小，最容易失电子

【答案】C

【解析】

【详解】A．能层不同，能级相同的原子轨道，能层越大，能量越大，则原子轨道能量为 1s<2s<3s<4s，故 A 正确；

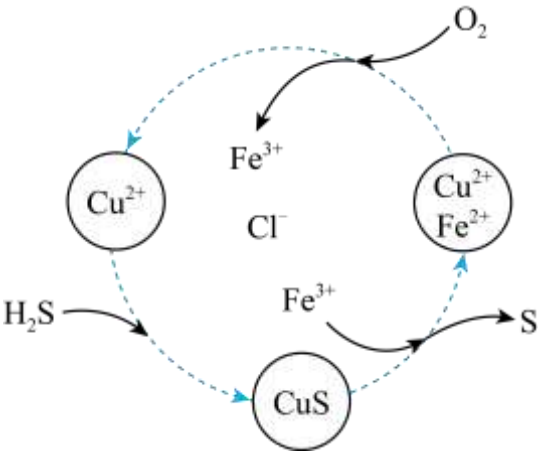
B．M 电子层存在 s、p、d 共 3 个能级，共有(1+3+5)=9 个原子轨道，故 B 正确；

C．4s 电子能量高于 3s 电子，4s 电子在离核更远的地方的出现几率比 3s 电子大，不一定总是在比 3s 电子离核更远的地方运动，故 C 错误；

D．同周期元素，从左到右第一电离能呈增大的趋势，所以同一周期中碱金属元素的第一电离能最小，最容易失电子，故 D 正确；

故选 C。

4. 将 H_2S 和空气的混合气体通入 $FeCl_3$、$FeCl_2$、$CuCl_2$ 的混合溶液中反应回收 S，其物质转化如图所示。下列叙述不正确的是



A. H_2S 和空气通过上述循环的目的是降低活化能，提高总反应速率

B. 在转化过程中能循环利用的物质是 $FeCl_3$ 和 $CuCl_2$

C. 该过程的总反应式为：$2H_2S+O_2\xlongequal{\text{催化剂}}2H_2O+2S\downarrow$

D. 若有 1molH_2S 发生图示转化的同时消耗 O_2 为 0.4mol，则混合液中 Fe^{3+}浓度增大

【答案】D

【解析】

【详解】A. 总反应为硫化氢和氧气反应生成硫和水，H_2S 和空气通过上述循环相当于铁离子和铜离子作了催化剂，催化剂能降低活化能，提高总反应速率，A 正确；

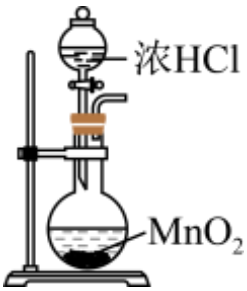
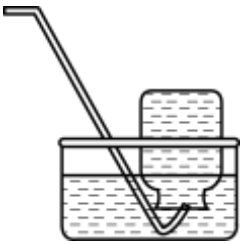
B. 在转化过程中能循环利用的离子是铁离子和铜离子，则对应的物质是 $FeCl_3$ 和 $CuCl_2$， B 正确；

C. 由图可知反应物为 H_2S、O_2，生成物为 H_2O、S，该过程的总反应式为：$2H_2S+O_2\xlongequal{\text{催化剂}}2H_2O+2S\downarrow$，C 正确；

D. 总反应为硫化氢和氧气反应生成硫和水，若有 $1mol\ H_2S$ 发生图示转化，则失去电子为 2mol，若同时消耗 O_2 为 $0.4mol$，则得到电子为 1.6mol，则混合液中 Fe^{3+} 浓度因消耗而减小，D 错误；

答案选 D。

5. 下列装置能达到相应实验目的的是

去除 CO_2 中少量 HCl	制取氯气	分离酒精和水	收集 NO_2
			
A	B	C	D

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A．饱和碳酸氢钠可以吸收 HCl，达到除杂目的，A 正确；

B．浓盐酸与二氧化锰反应需要加热，B 错误；

C．酒精与水互溶不能用分液的方法分离，由于两者沸点不同，可以采取蒸馏的方式，C 错误；

D．二氧化氮与水反应生成硝酸和 NO，不能用排水法收集，D 错误；

答案选 A。

6. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

A. 1L0.2mol·$L^{-1}$$NH_4Cl$ 溶液中，NH_4^+ 的数目为 $0.2N_A$

B. 标准状况下，11.2LCCl_4 含共用电子对数为 $2N_A$

C. 24g 正丁烷和 5g 异丁烷的混合物中含共价键数目为 $6.5N_A$

D. 等质量的 O_2 和 O_3 中，所含电子数之比为 2∶3

【答案】C

【解析】

【详解】A．氯化铵是强酸弱碱盐，铵根离子在溶液中发生水解反应，则 1L0.2mol·L^{-1}氯化铵溶液中铵根离子的数目小于 0.2mol/L×1L×$N_A$mol^{-1}=0.2N_A，故 A 错误；

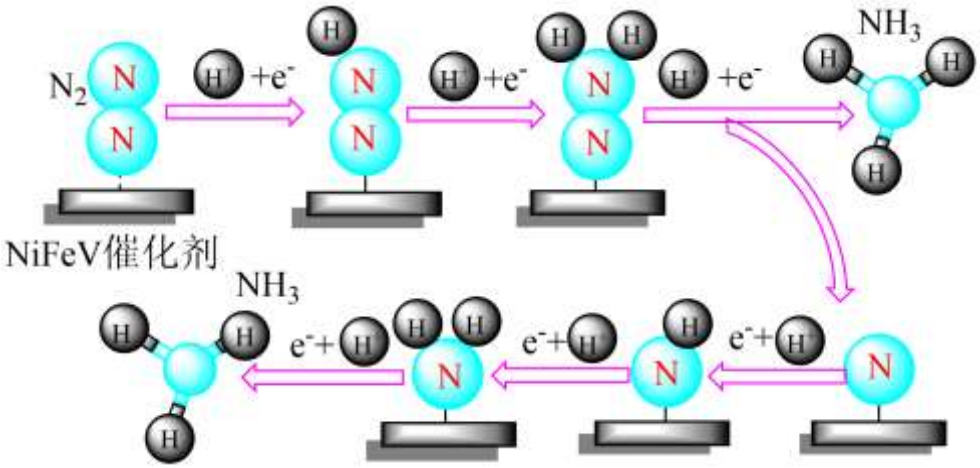
B．标准状况下，四氯化碳为液态，无法计算 11.2L 的物质的量和含共用电子对数，故 B 错误；

C．正丁烷和异丁烷的分子式相同，含有的共价键数目都为 13，则 24g 正丁烷和 5g 异丁烷的混合物中含共价键数目为$\frac{(24+5)\text{g}}{58\text{g/mol}}$×13×$N_A$mol^{-1}=6.5$N_A$，故 C 正确；

D．等质量的氧气和臭氧中所含电子数之比为($\frac{\text{mg}}{32\text{g/mol}}$×16)：($\frac{\text{mg}}{48\text{g/mol}}$×24)=1：1，故 D 错误；

故选 C。

7. 近期，我国研究人员报道了温和条件下实现固氮的一类三元 NiFeV 催化剂，如图为其电催化固氮的机理示意图。以下关于该电催化机理过程的描述不正确的是



A. 反应在酸性条件下进行

B. 反应过程涉及 N_2 的氧化反应

C. 1 个 N_2 分子反应生成 2 个 NH_3 分子

D. 反应分多步进行，中间产物为几种不同的氮氢化物

【答案】B

【解析】

【详解】A．在表面氢化机理中，第一步是 H^+得到电子发生还原反应，反应在酸性条件下进行，故 A 正确；

B．由图示可以推出，N_2 得到电子变为 NH_3，反应过程涉及了 N_2 的电化学还原，故 B 错误；

C．由图示可以推出，1 个 N_2 分子上图反应生成 1 个 NH_3 分子，下图生成 1 个 NH_3 分子，总共生成 2 个 NH_3 分子，故 C 正确；

D．间产物有 N_2H_4、NH、NH_2，反应分多步进行，中间产物为 N_2H_4、NH、NH_2 几种不同的氮氢化物，故 D 正确；

故选：B。

8. 下列用于解释实验事实的离子方程式不正确的是

A. 酚酞滴入碳酸钠溶液中，溶液变红色：$CO_3^{2-}+2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+2OH^-$

B. 向 $NaHCO_3$ 溶液中加入少量澄清石灰水，有白色沉淀生成：$2HCO_3^-+Ca^{2+}+2OH^-=CaCO_3\downarrow+CO_3^{2-}+2H_2O$

C. $FeSO_4$ 溶液滴入溴水中，溴水颜色变浅：$2Fe^{2+}+Br_2=2Fe^{3+}+2Br^-$

D. 苯酚钠溶液中通入少量 CO_2 气体，溶液变浑浊：$C_6H_5O^-+CO_2+H_2O=C_6H_5OH+HCO_3^-$

【答案】A

【解析】

【详解】A．碳酸根离子分步水解，因此溶液变红的离子方程式为：$CO_3^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$，$HCO_3^-+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$，A 错误；

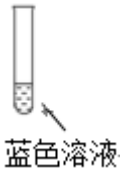
B．向 $NaHCO_3$ 溶液中加入少量澄清石灰水，以钙离子和氢氧根离子物质的量之比为 1:2 书写离子方程式，题给离子方程式正确，B 正确；

C．$FeSO_4$ 溶液滴入溴水中，亚铁离子与溴发生氧化还原反应生成铁离子和溴离子，题给离子方程式正确，C 正确；

D．苯酚钠溶液中通入少量 CO_2 气体，生成苯酚和碳酸氢钠，题给离子方程式正确，D 正确；

答案选 A。

9. 已知$[Co(H_2O)_6]^{2+}$呈粉红色、$[CoCl_4]^{2-}$呈蓝色、$[ZnCl_4]^{2-}$为无色。现将 $CoCl_2$ 溶于水，加入浓盐酸后，溶液由粉红色变为蓝色，存在以下平衡：$[Co(H_2O)_6]^{2+}+4Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}+6H_2O$ $\triangle H$，将该溶液分为三份做实验，溶液的颜色变化如表：

装置	序号	操作	现象
	①	将试管置于冰水浴中	溶液均呈粉红色
	②	加水稀释	
	③	加少量 $ZnCl_2$ 固体	

以下结论和解释正确的是

A. 等物质的量的$[Co(H_2O)_6]^{2+}$和$[CoCl_4]^{2-}$中 σ 键数之比为 3：2

B. 由实验①可知：$\triangle H<0$，由实验②可推知加水稀释，浓度熵 $Q<K$，平衡逆向移动

C. 由实验③可知：Zn^{2+}络合 Cl^-能力比 Co^{2+}络合 Cl^-能力弱

D. 实验①②③可知：配合物的形成与温度、配体的浓度及配体的种类等有关

【答案】D

【解析】

【详解】A．六水合钴离子中配位键和水分子中的氢氧键都是 σ 键，四氯合钴离子中配位键是 σ 键，则等物质的量的六水合钴离子和四氯合钴离子中 σ 键数之比为(6+2×6)：4=9：2，故 A 错误；

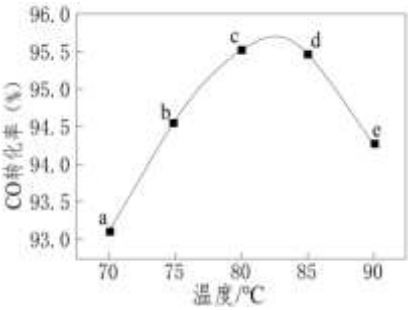
B．由实验①可知，降低温度，溶液呈粉红色说明平衡向逆反应方向移动，该反应为吸热反应，反应焓变$\triangle H>0$，故 B 错误；

C．由实验③可知，加入氯化锌固体，溶液呈粉红色说明溶液中氯离子浓度减小，平衡向逆反应方向移动，所以锌离子络合氯离子的能力比钴离子络合氯离子的能力强，故 C 错误；

D．实验①②③可知，配合物的形成与温度、配体的浓度及配体的种类等有关，故 D 正确；

故选 D。

10. 工业上可通过甲醇羰基化法制取甲酸甲酯：$CH_3OH(g)+CO(g) \rightleftharpoons HCOOCH_3(g)$，在容积固定的密闭容器中，投入等物质的量 CH_3OH 和 CO，测得相同时间内 CO 的转化率随温度变化如图所示，下列说法正确的是



A. 反应速率 $v_b>v_d$

B. 由图可知生产时反应温度控制在 80～85℃为宜

C. 向该容器中充入 N_2，CH_3OH 的转化率增大

D. d→e，CO 的转化率随温度的升高而减小，是因为该反应是吸热反应，升高温度反应正向移动

【答案】B

【解析】

【详解】A．b 点温度比 d 点温度低，反应速率 $v_b<v_d$，A 错误；

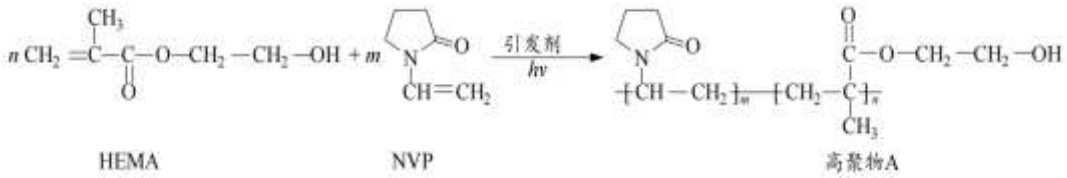
B．由图可知生产时反应温度控制在 80～85℃为宜，因此此温度区间内转化率最高，B 正确；

C．容积一定，向该容器中充入 N_2，各组分浓度不变平衡不移动，CH_3OH 的转化率不变，C 错误；

D．反应图象可知，CO 的转化率先增大后减小，83℃ 左右即图象最高点时反应达到平衡状态，83℃ 以前反应没有达到平衡状态，83℃ 后升高温度，CO 的转化率减小，则平衡逆向移动，说明该反应正向为放热反应，d→e，CO 的转化率随温度的升高而减小，因为升高温度反应正向移动，D 错误；

答案选 B。

11. 高聚物 A 在生物医学上有广泛应用。以 N—乙烯基吡咯烷酮(NVP)和甲基丙烯酸 β—羟乙酯(HEMA)为原料合成路线如图：



下列说法正确的是

A. HEMA 具有顺反异构

B. 1mol 高聚物 A 可以与 2molNaOH 反应

C. NVP 分子式为 C_6H_9NO

D HEMA 和 NVP 通过缩聚反应生成高聚物 A

【答案】C

【解析】

【详解】A．HEMA 中连接双键的 C 原子上有相同的原子，故不具有顺反异构，A 错误；

B．高聚物 A 含有酯基可以在碱性条件下水解，1mol 高聚物 A 可以水解出 1mol-COOH 与 1molNaOH 反应，B 错误；

C．根据结构式可知，NVP 分子式为 C_6H_9NO，C 正确；

D．HEMA 和 NVP 通过加聚反应生成高聚物 A，D 错误；

答案选 C。

12. 下表中的实验操作能达到实验目的或能得出相应结论的是

选项	实验操作	实验目的或结论
A	向 2mL0.1mol·L^{-1}$MgCl_2$ 溶液中加入 5mL0.1mol·L^{-1}NaOH 溶液，出现白色沉淀后，继续滴入几滴 $FeCl_3$ 浓溶液，静置，出现红褐色沉淀	相同温度下，$Fe(OH)_3$ 比 $Mg(OH)_2$ 更难溶
B	向某溶液中滴加少量 KSCN 溶液，无现象，再滴加几滴新制氯水，溶液变红	该溶液中含有 Fe^{2+}
C	向 $BaCl_2$ 溶液中通入 SO_2 和 X 气体，产生白色沉淀	气体 X 一定具有强氧化性
D	室温下，用 pH 试纸测得：0.1mol·L^{-1}Na_2SO_3 溶液 pH 约为 10，0.1mol·L^{-1}$NaHSO_3$ 溶液 pH 约为 5	HSO_3^- 结合 H^+ 的能力比 SO_3^{2-} 的强

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A．氢氧化钠是过量的，故滴加氯化铁会直接生成沉淀，不能说明相同温度下 $Fe(OH)_3$ 比 $Mg(OH)_2$ 更难溶，A 错误；

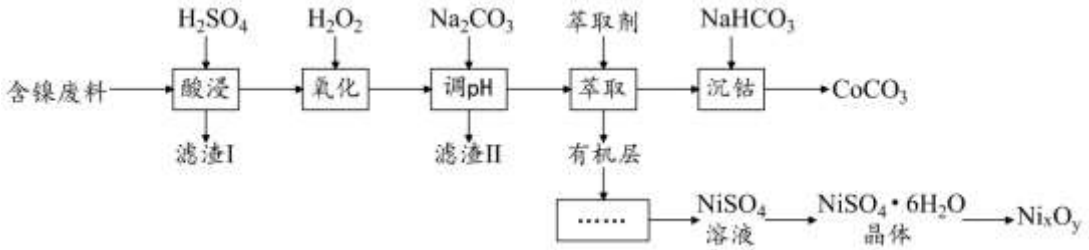
B．向某溶液中滴加少量 KSCN 溶液，无现象，再滴加几滴新制氯水，溶液变红说明二价铁离子被氧化为三价铁离子，故证明该溶液中含有 Fe^{2+}，B 正确；

C．X 可能为氨气会生成白色沉淀亚硫酸钡，X 为氨气不具有氧化性，C 错误；

D．室温下，用 pH 试纸测得：0.1mol·L^{-1}Na_2SO_3 溶液 pH 约为 10，0.1mol·L^{-1}$NaHSO_3$ 溶液 pH 约为 5，前者水解显碱性，后者电离显酸性，HSO_3^- 结合 H^+ 的能力比 SO_3^{2-} 的弱，D 错误；

答案选 B。

13. 在实验室中以含镍废料(主要成分为 NiO，含少量 FeO、Fe_2O_3、CoO、BaO 和 SiO_2)为原料制备 Ni_xO_y 和 $CoCO_3$ 的工艺流程如图。



下列说法不正确的是

A. “滤渣 I”中含硅和钡元素

B. “氧化”“调 pH”时均需要加过量的试剂

C. “沉钴”过程发生的反应为 $Co^{2+}+2HCO_3^-=CoCO_3\downarrow+CO_2\uparrow+H_2O$

D. “沉钴”时，若 $c(Co^{2+})=0.02mol\cdot L^{-1}$，为了防止沉钴时生成 $Co(OH)_2$，常温下应控制溶液 pH<7.5(已知 $K_{sp}[Co(OH)_2]=2\times10^{-15}$)

【答案】B

【解析】

【分析】由流程可知，含镍废料（主要成分为 NiO，含少量 FeO、Fe_2O_3、CoO、BaO 和 SiO_2）中加入稀硫酸酸浸，过滤分离出滤渣I为 SiO_2、$BaSO_4$，滤液中含有 $NiSO_4$、$FeSO_4$、$Fe_2(SO_4)_3$、$CoSO_4$，加入氧化剂 H_2O_2 氧化 $FeSO_4$，加入 Na_2CO_3 调节 pH 使 $Fe_2(SO_4)_3$ 等转化为含铁元素沉淀过滤除去，再加入有机萃取剂，振荡、静置、分液得到含 $NiSO_4$ 的有机层和含有 $CoSO_4$ 的水层溶液，向含有 $CoSO_4$ 的溶液中加入碳酸氢钠，使 Co^{2+} 转化为 $CoCO_3$ 沉淀，离子方程式为 $2HCO_3^-+Co^{2+}=CoCO_3\downarrow+CO_2\uparrow+H_2O$，过滤、洗涤、干燥得到 $CoCO_3$；在含 $NiSO_4$ 的有机层反萃取得到 $NiSO_4$ 溶液，经过蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到 $NiSO_4\cdot6H_2O$ 晶体，煅烧生成 Ni_xO_y，以此来解答。

【详解】A．结合分析可知，“滤渣 1”的主要成分是 SiO_2、$BaSO_4$，“滤渣 I”中含硅和钡元素，故 A 正确；

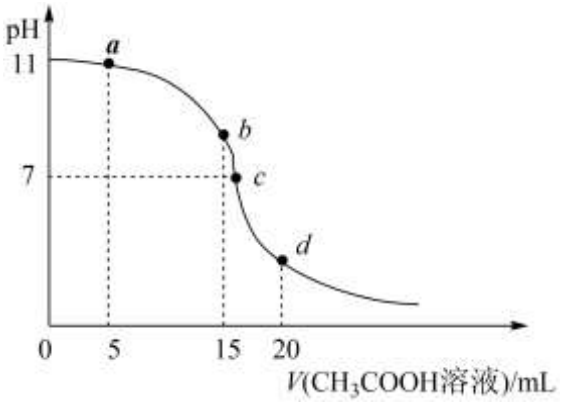
B．“调 pH”过程中，Na_2CO_3 不能过量，否则 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 会与碳酸根离子反应生成沉淀而损失，故 B 错误；

C．在含有 $CoSO_4$ 的溶液中加入碳酸氢钠，使 Co^{2+} 转化为 $CoCO_3$ 沉淀，离子方程式为 $2HCO_3^-+Co^{2+}=CoCO_3\downarrow+CO_2\uparrow+H_2O$，故 C 正确；

D． 当恰好刚生成 $Co(OH)_2$ 时的 $c(OH^-)=\sqrt{\frac{K_{sp}[Co(OH)_2]}{c(Co^{2+})}}=\sqrt{\frac{2\times10^{-15}}{0.02}}=1\times10^{-6.5}mol/L$，常温下 $c(H^+)=\frac{K_W}{c(OH^-)}=\frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-6.5}}=1\times10^{-7.5}mol/L$，即 pH=7.5，则为了防止沉钴时生成 $Co(OH)_2$，常温下应控制溶液 $pH<7.5$，故 D 正确；

故选 B。

14. 25℃时，向 15mL0.1mol·L^{-1} 的 NaOH 溶液中逐滴滴入 0.1mol·L^{-1} 的 CH_3COOH 溶液，加入 CH_3COOH 溶液的体积与混合溶液 pH 的关系如图所示(混合过程中忽略溶液体积变化)。下列分析不正确的是



A. c 点对应溶液中，$\frac{c(Na^+)\cdot c(H^+)}{c(OH^-)\cdot c(CH_3COO^-)}=1$

B. b 点与 c 点所示溶液中水的电离程度：b>c

C. a 点溶液中：$c(Na^+)>c(OH^-)>c(CH_3COO^-)>c(H^+)$

D. b 点对应的溶液中 $c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)=0.1mol\cdot L^{-1}$

【答案】D

【解析】

【详解】A．c 点对应溶液中存在电荷守恒：$c(Na^+)+c(H^+)=c(OH^-)+c(CH_3COO^-)$，则 $\frac{c(Na^+)\cdot c(H^+)}{c(OH^-)\cdot c(CH_3COO^-)}$=1，A 正确；

B．b 点为恰好反应的点，溶质为 CH_3COONa，醋酸根离子发生水解反应促进水的电离，c 点为加入稍过量的 CH_3COOH，溶质为 CH_3COOH、CH_3COONa，醋酸的电离抑制水的电离，则水的电离程度：b>c，B 正确；

C．a 点加入 5mL 0.1mol·$L^{-1}$$CH_3COOH$ 溶液生成 5mL 0.1mol·$L^{-1}$$CH_3COONa$，溶液中还剩余 10mL0.1mol·$L^{-1}$ 的 NaOH，则 $c(Na^+)>c(OH^-)>c(CH_3COO^-)>c(H^+)$，C 正确；

D．b 点溶质为 CH_3COONa，$c(Na^+)=\frac{1}{2}\times 0.1mol/L=0.05mol/L$，溶液中存在物料守恒：

$c(CH_3COO^-)+c(CH_3COOH)= c(Na^+)=0.05mol\cdot L^{-1}$，D 错误；

故选：D。

第二部分非选择题(共 58 分)

15. CO_2 的资源化可以推动经济高质量发展和生态环境质量的持续改善。由 CO_2 合成甲醇是 CO_2 资源化利用的重要方法。

I.合成甲醇

（1）由 CO_2 催化加氢合成甲醇醇。

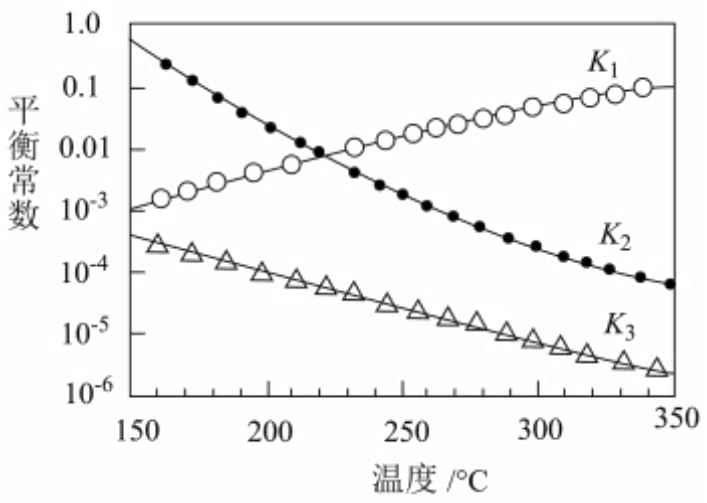
①一定条件下，由 CO_2 和 H_2 制备甲醇的过程中有下列反应：

反应 1：$CO_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$ $\triangle H_1$

反应 2：$CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$ $\triangle H_2$

反应 3：$CO_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$ $\triangle H_3$

其对应的平衡常数分别为 K_1、K_2、K_3，它们随温度变化的曲线如图所示。



①则$\triangle H_2$____$\triangle H_3$(填“>”“<”或“=”)。

②对于上述 CO_2 加氢合成 CH_3OH 的反应体系，下列说法不正确的是____(填字母)。

a．增大初始投料比$\frac{n(CO_2)}{n(H_2)}$，有利于提高CO_2的转化率

b．当气体的平均摩尔质量保持不变时，说明反应体系已达平衡

c．体系达平衡后，若压缩容器体积，则反应1平衡不移动，反应3平衡正向移动

d．选用合适的催化剂可以提高反应3中CO_2的平衡转化率

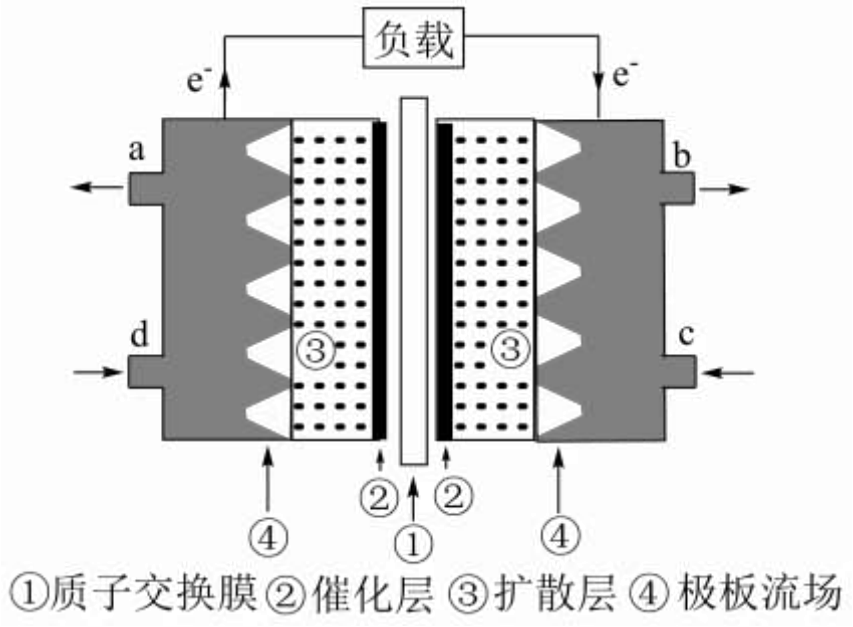
（2）电化学原理将CO_2转化为甲醇。

在光电催化条件下可以高效地将CO_2和H_2O转化为甲醇，从电极反应的角度分析：

①甲醇在____(填“阴”或“阳”)极生成；

②氧化反应为____。

II.甲醇是重要的化工原料，也可用作甲醇燃料电池。以稀硫酸为电解质溶液，甲醇燃料电池的工作原理如图所示。



（3）该电池工作时，c口通入的物质是_____。

（4）该电池负极的电极反应式是_____。

【答案】（1） ①. < ②. acd

（2） ①. 阴 ②. $2H_2O-4e^-=O_2\uparrow+4H^+$

（3）O_2 （4）$CH_3OH+H_2O-6e^-=6H^++CO_2\uparrow$

【解析】

【小问1详解】

①由图可知，温度升高，平衡常数K_1增大，说明反应1为吸热反应，焓变$\triangle H_1>0$，由盖斯定律可知，反应1+反应2得到反应3，则焓变$\triangle H_3=\triangle H_1+\triangle H_2$，所以$\triangle H_3-\triangle H_2=\triangle H_1>0$，$\triangle H_3>\triangle H_2$，故答案为：<；

②a．增大初始投料比$\frac{n(CO_2)}{n(H_2)}$相当于在二氧化碳浓度不变的条件下减小氢气的浓度，平衡向逆反应方向移动，二氧化碳的转化率减小，故错误；

b．由质量守恒定律可知，反应前后气体的质量相等，反应 1 为气体体积不变的反应，反应 2、3 为气体体积减小的反应，反应中气体的平均摩尔质量增大，则当气体的平均摩尔质量保持不变时说明说明正逆反应速率相等，反应已达到平衡，故正确；

c．反应 1 为气体体积不变　反应，反应 2、3 为气体体积减小的反应，体系达平衡后，若压缩容器体积，反应 1 平衡不移动，反应 2 向正反应方向移动，氢气的浓度减小、甲醇的浓度增大，反应 3 平衡向逆反应方向移动，故错误；

d．选用合适的催化剂可以增大反应速率，但化学平衡不移动，所以反应 3 中二氧化碳的平衡转化率不变，故错误；

故选 acd；

【小问 2 详解】

①二氧化碳转化为甲醇时，碳元素的化合价降低被还原，所以二氧化碳在阴极得到电子发生还原反应生成甲醇，故答案为：阴极；

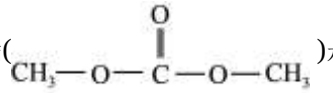
②由题意可知，二氧化碳转化为甲醇时，二氧化碳在阴极得到电子发生还原反应生成甲醇，水在阳极失去电子发生氧化反应生成氧气和氢离子，电极反应式为 $2H_2O—4e^-=O_2↑+4H^+$，故答案为：$2H_2O—4e^-=O_2↑+4H^+$；

【小问 3 详解】

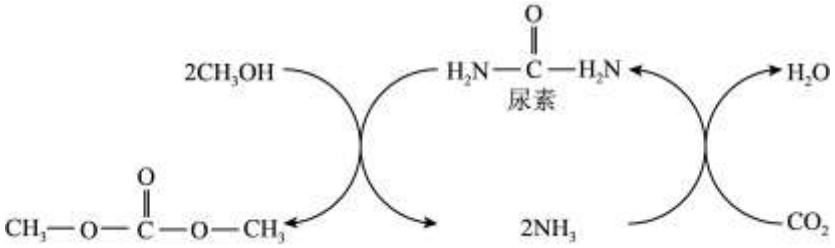
由电子的移动方向可知，右侧电极为燃料电池的正极，则 c 口通入的物质是氧气，故答案为：O_2；

【小问 4 详解】

由电子的移动方向可知，左侧电极为燃料电池的负极，在水分子作用下，甲醇在负极失去电子发生氧化反应生成二氧化碳和氢离子，电极反应式为 $CH_3OH+H_2O—6e^-=6H^++CO_2↑$，故答案为：$CH_3OH+H_2O—6e^-=6H^++CO_2↑$。

16. 碳酸二甲酯()是一种环保性能优异，用途广泛的化工原料，其合成方法有多种。

I.在催化剂作用下由 CO_2 制备碳酸二甲酯的过程如图：



（1）尿素中 N 的第一电离能比 O 的高，原因是：

①O 失去的是已经配对的电子，配对电子相互排斥，因而电离能较低；

②_____。

（2）下列关于氨气的叙述不正确的是_____(填字母)。

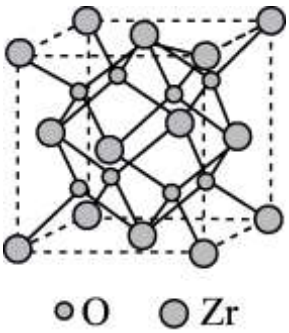
a．NH_3 的键角小于 CH_4 的键角，是因为 NH_3 的中心原子上孤电子对有较大斥力

b．NH_3 极易溶解在水中，只因氨分子与水分子间形成了氢键

c．NH_3 的沸点比 PH_3 的高，是因为 N—H 的键能比 P—H 的大

II.在 $CeO_2—ZrO_2$ 固溶体的催化体系中也能将 CO_2 转化为碳酸二甲酯。

（3）氧化锆(化学式为 ZrO_2)晶胞结构如图所示，Zr^{4+}在晶胞中的配位数是____，若该晶胞的密度为 $\rho g\cdot cm^{-3}$，用 N_A 表示阿伏伽德罗常数的值，则该晶胞的体积是____cm^3(列出计算式)。(氧化锆的摩尔质量 $M=123g\cdot mol^{-1}$)



（4）Ce、Zr、Mn 和 Fe 都是过渡金属元素，Mn 与 Fe 两元素的部分电离能如表所示。

元素	电离能($kJ\cdot mol^{-1}$)		
	I_1	I_2	I_3
Mn	717	1509	3248
Fe	759	1561	2957

①铁元素位于元素周期表____族，属于____区。

②比较两元素的 I_2、I_3 可知，气态 Mn^{2+}再失去 1 个电子比气态 Fe^{2+}再失去 1 个电子更难，请从原子结构分析原因____。

【答案】（1）N 的电子排布是半充满的，比较稳定，电离能高

（2）bc　（3）　①. 8　②. $\frac{123\times 4}{N_A\rho}$

（4）　①. VIII　②. d　③. Mn^{2+}的 3d 能级是 $3d^5$ 半充满状态，比较稳定，而 Fe^{2+}的 3d 能级为不稳定的 $3d^6$，易失去一个电子转变为较稳定的 $3d^5$ 半充满状态，所以需要的能量相对要少

【解析】

【小问 1 详解】

尿素中氮元素的第一电离能比氧元素高的原因是氧原子的价电子排布式为 $2s^22p^4$，原子失去的是已经配对的 2p 电子，配对电子相互排斥，因而电离能较低，而氮原子的的价电子排布式为 $2s^22p^3$，2p 轨道为半充满的稳定结构，电离能高于相邻元素，故答案为：N 的电子排布是半充满的，比较稳定，电离能高；

【小问 2 详解】

a．氨分子中氮原子的孤对电子对数为 1、甲烷分子中碳原子的孤对电子对数为 0，孤对电子对数越多，对成键电子对的斥力越大，键角越小，由价层电子对互斥理论可知，氨分子中氮原子的孤对电子对数为 1、甲烷分子中碳原子的孤对电子对数为 0，所以氨分子的键角小于甲烷分子的键角，故正确；

b．氨分子的空间构型为结构不对称的三角锥形，属于极性分子，又氨分子与水分子间能形成氢键，所以氨气极易溶解在水中，则氨气极易溶解在水中与氨分子为极性分子和与水分子间能形成氢键有关，故错误；

c．氨分子间能形成氢键，磷化氢分子间不能形成氢键，氨分子间的作用力强于磷化氢分子，所以氨分子的沸点比磷化氢的高，沸点高低与氮氢键和磷氢键的键能的大小无关，故错误；

故选 bc；

【小问 3 详解】

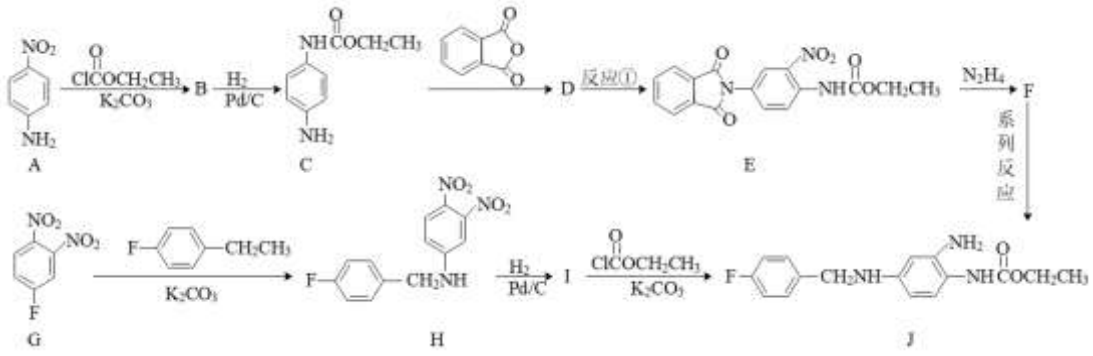
由晶胞结构可知，晶胞中位于顶点的锆离子与位于体对角线$\frac{1}{4}$处的氧离子间的距离最近，所以锆离子的配位数为 8；晶胞中位于顶点和面心的锆离子的个数为 8×$\frac{1}{8}$+6×$\frac{1}{2}$=4，位于体内的氧离子个数为 8，设晶胞的体积为 Vcm^3，由晶胞的质量公式可得：$\frac{4\times123}{N_A}$=Vρ，解得 V=$\frac{123\times4}{N_A\rho}$，故答案为：8；$\frac{123\times4}{N_A\rho}$；

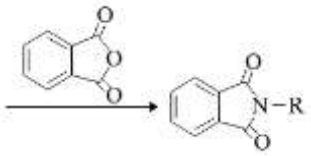
小问 4 详解】

①铁元素的原子序数为 26，位于元素周期表第四周期VIII族，属于 d 区，故答案为：VIII；d；

②Mn^{2+}的价电子排布式为 $3d^5$，3d 能级是比较稳定的半充满状态，再失去一个电子需要消耗较大的能量，而 Fe^{2+}的价电子排布式为 $3d^6$，易失去一个电子转变为较稳定的 $3d^5$ 半充满状态，需要的能量相对要少，所以气态 Mn^{2+}再失去 1 个电子比气态 Fe^{2+}再失去 1 个电子更难，故答案为：Mn^{2+}的 3d 能级是 $3d^5$ 半充满状态，比较稳定，而 Fe^{2+}的 3d 能级为不稳定的 $3d^6$，易失去一个电子转变为较稳定的 $3d^5$ 半充满状态，所以需要的能量相对要少。

17. 我国科学家发现化合物 J 对消除由蜈蚣叮咬产生的严重临床症状有良好效果。J 的两条合成路线如图所示。



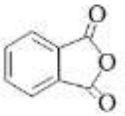
已知：i.R—NH_2  R—NH_2(R 代表烃基)

ii.—NH_2 易被氧化

回答下列问题：

（1）A 中官能团有：硝基和____。

（2）D→E 的化学方程式是____。F 的结构简式是____。

（3）反应中的作用____。

（4）B 有多种同分异构体，写出任意一种同时满足下列条件的 M 的结构简式是____。

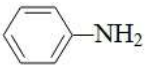
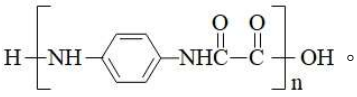
①含有—NO_2 的芳香族化合物

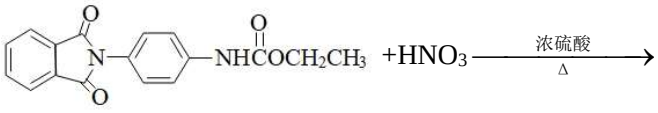
②能发生水解反应且水解产物之一含有醛基

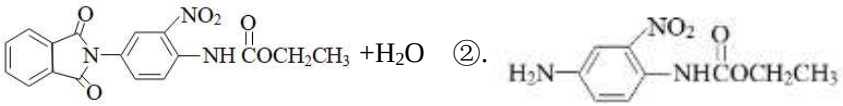
③苯环上一氯代物有两种

（5）G→H 的反应类型是____。

（6）I→J 的反应还可能有副产物，请写出其中一种的结构简式____。

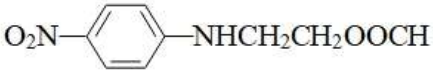
（7）苯胺()和乙二酸(HOOC—COOH)为起始原料，可以制备  。选用必要的试剂完成合成路线____。

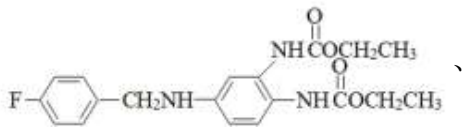
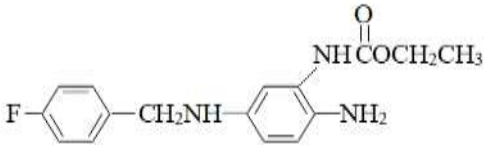
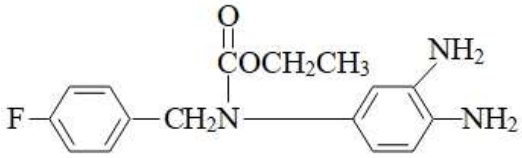
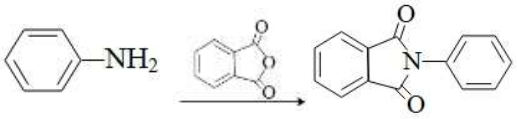
【答案】（1）氨基　（2）　①. 

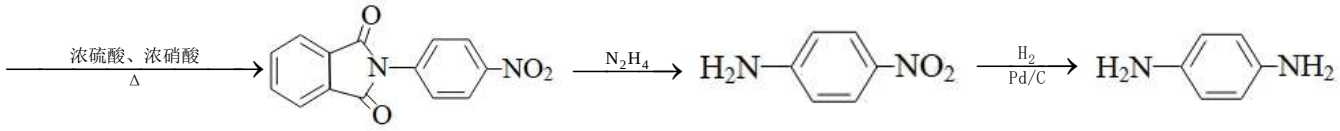


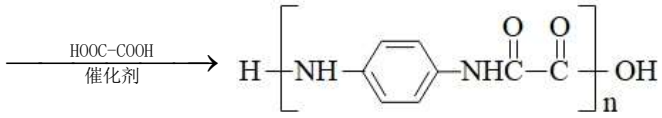
②.

（3）保护氨基，防止在硝化过程中被氧化

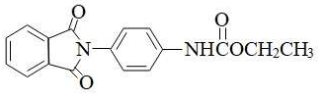
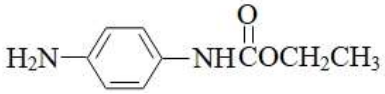
（4） 　（5）取代反应

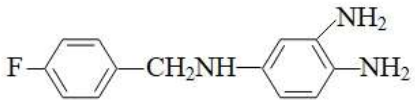
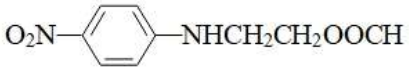
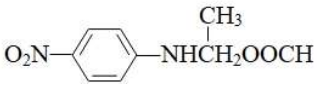
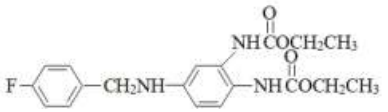
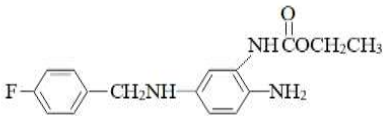
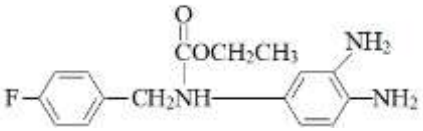
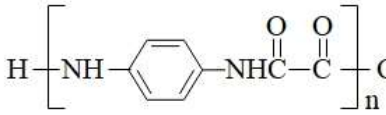
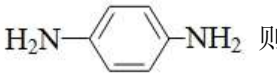
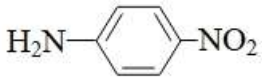
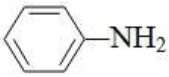
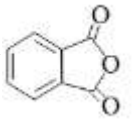
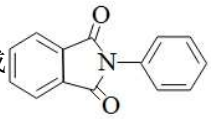
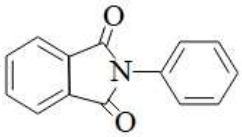
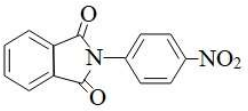
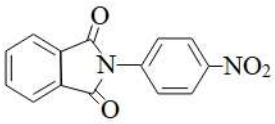
（6）  、  或者  等　（7） 





【解析】

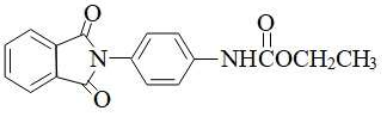
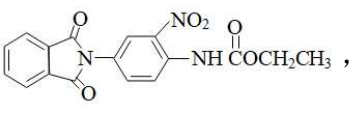
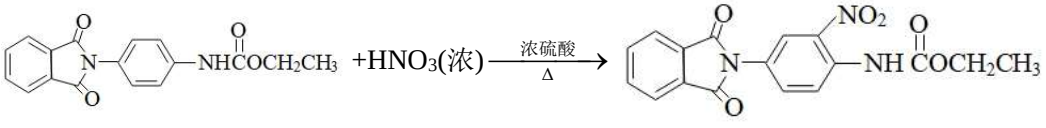
【分析】本题为有机合成流程题，根据流程图中 A 和 C 的结构简式以及 A 到 B、B 到 C 的转化条件可知，B 的结构简式为：  ，根据 C、E 的结构简式和 C 到 D、D 到 E 的转化条件并结合已知信息 i 可推知，D 的结构简式为：  ，根据 E 和 J 的结构简式和 E 到 F 的转化信息并结合已知信息 i 可知，F 的结构简式为：  ，根据 H 的结构简式和 H 到 I 的转化条件结合 J 的结构简式可知，I 的

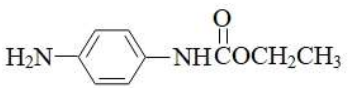
结构简式为：，(4) 已知 B 的结构简式为：，其分子式为：$C_9H_{10}N_2O_4$，则 B 同时满足下列条件：①含有—NO_2 的芳香族化合物，②能发生水解反应且水解产物之一含有醛基即含有甲酸酯基或者甲酸与-NH_2 形成的酰胺键，③苯环上一氯代物有两种即苯环上有两个对位上的取代基或者含有四个取代基，则 M 的结构简式为： 或者 等，(6) 由题干流程图中 I→J 的转化信息可知，反应中是 中的 Cl 和 I 中氨基上的 H 原子结合成 HCl，则反应还可能有副产物有：、 或者 等，(7)本题采用逆向合成法， 可由 HOOCCOOH 与 通过脱水缩合而得， 则可以由 催化还原得到，由于-NH_2 易被硝化反应过程中的浓硝酸氧化，根据题干流程图中信息可知，先将-NH_2 保护起来，即 先与 反应生成，然后在硝化反应得到，由 E 到 F 的转化信息可知， 与 N_2H_4 即可获得，由此确定合成路线，据此分析解题。

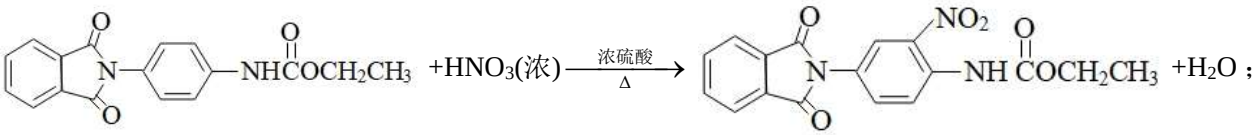
【小问 1 详解】

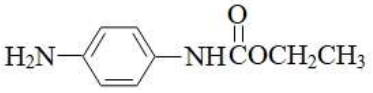
由题干流程图中 A 的结构简式可知，A 中官能团有：硝基和氨基，故答案为：氨基；

【小问 2 详解】

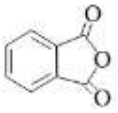
由分析可知，D→E 即 与浓硫酸、浓硝酸共热来制备，故该转化的化学方程式为：

+H_2O，由分析可知，F 的结构简式是，故答案为：




；

【小问 3 详解】

由分析可知，D 到 E 的硝化反应中使用的浓硝酸具有强氧化性，可以氧化氨基，则反应中的作用是保护氨基，防止在硝化过程中被氧化，故答案为：保护氨基，防止在硝化过程中被氧化；

【小问 4 详解】

已知 B 的结构简式为：，其分子式为：$C_9H_{10}N_2O_4$，则 B 同时满足下列条件：①含有—NO_2 的芳香族化合物，②能发生水解反应且水解产物之一含有醛基即含有甲酸酯基或者甲酸与-NH_2 形成的酰胺键，③苯环上一氯代物有两种即苯环上有两个对位上的取代基或者含有四个取代基，则 M 的结构简式为：


或者

等，故答案为：

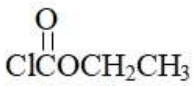
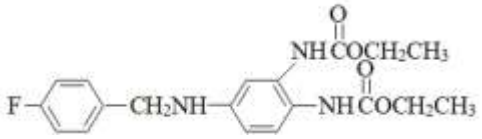
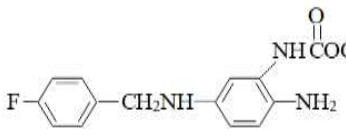

或者

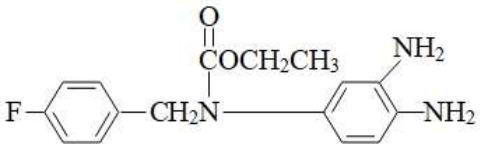
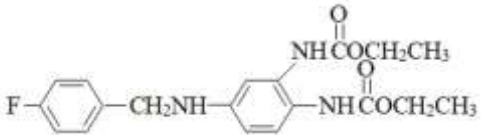
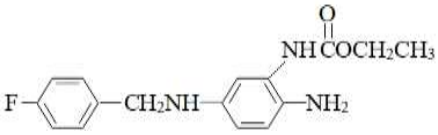
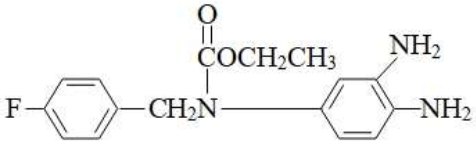
等；

【小问 5 详解】

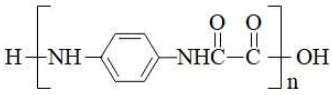
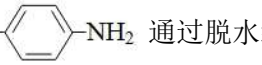
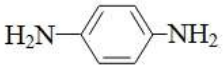
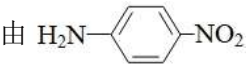
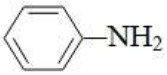
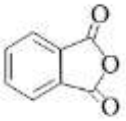
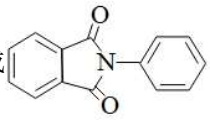
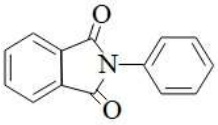
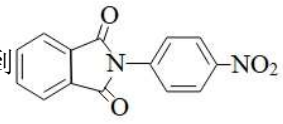
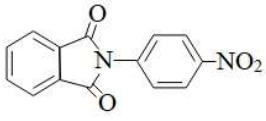
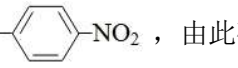
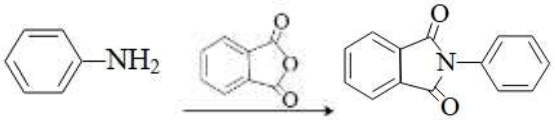
由题干流程图中，G、H 的结构简式和 G 到 H 的转化条件可知，G→H 的反应类型是取代反应，故答案为：取代反应；

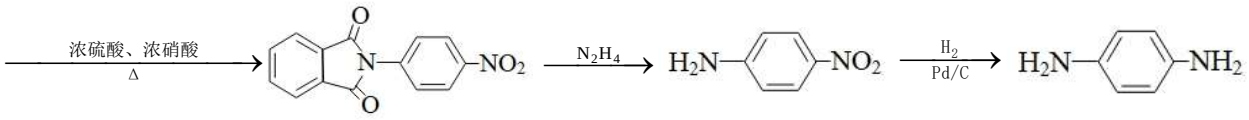
【小问 6 详解】

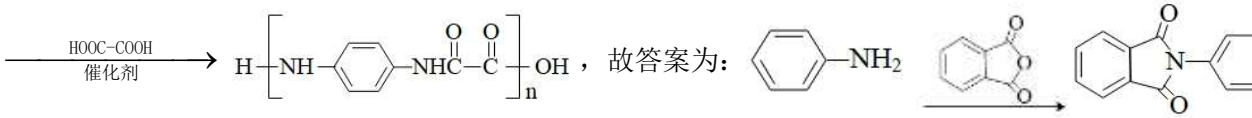
由题干流程图中 I→J 的转化信息可知，反应中是中的 Cl 和 I 中氨基上的 H 原子结合成 HCl，则反应还可能有副产物有：、或者

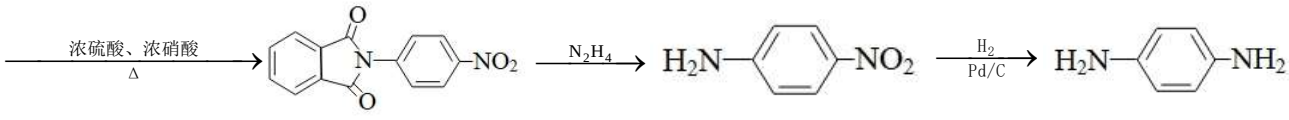

等，故答案为：

、

或者

等；

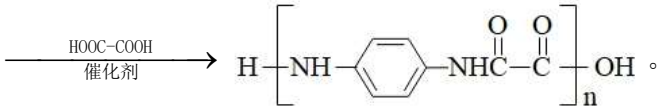
【小问 7 详解】

本题采用逆向合成法，可由 HOOCCOOH 与 通过脱水缩合而得，则可以由 催化还原得到，由于-NH_2 易被硝化反应过程中的浓硝酸氧化，根据题干流程图中信息可知，先将-NH_2 保护起来，即先与反应生成，然后在硝化反应得到，由 E 到 F 的转化信息可知，与 N_2H_4 即可获得 ，由此确定合成路线图为：



，故答案为：



。

18. 废弃的锂离子电池中含有大量 Co、Ni、Mn、Cu、Al 等金属元素，需回收处理。柠檬酸因具有酸性和较好的络合性，可用于浸出金属离子并得到柠檬酸浸出液，下列是某小组研究从柠檬酸浸出液中去除铜的方法。

方法一：调 pH 去除铜

资料 1：金属离子沉淀的 pH

	$Al(OH)_3$	$Cu(OH)_2$	$Ni(OH)_2$	$Co(OH)_2$	$Mn(OH)_2$

开始沉淀 pH	3.53	4.91	6.88	7.40	8.14
完全沉淀 pH	4.89	6.67	8.87	9.39	10.14

（1）由数据分析，甲同学提出可以控制溶液 pH 至____去除溶液中铜离子。

（2）设计实验，测得不同 pH 下铜的沉淀率如表。

pH	5	8	10	12
铜的沉淀率	2.3	7.2	9.8	12

由数据分析 pH=12 时铜的沉淀率为 12%，远小于理论分析结果，分析可能原因____。

结论：不可以通过调 pH 去除铜。

方法二：还原法去除铜

资料 2：抗坏血酸($C_6H_8O_6$)具有较强的还原性，氧化后为脱氢抗坏血酸($C_6H_6O_6$)；受热易分解。

向柠檬酸浸出液中加入抗坏血酸能有效的将 Cu^{2+}还原成金属 Cu。某实验小组研究了相同条件下，pH、反应时间和温度分别对 Cu 沉淀率的影响。

（3）依据图 1 和图 2，判断沉淀铜选择最佳 pH 为____，理由是____。

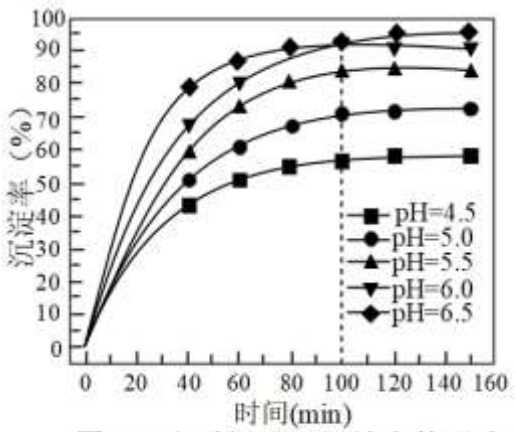


图1 pH和时间对Cu沉淀率的影响

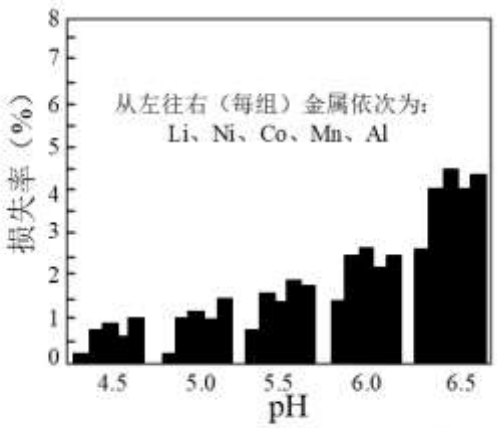


图2 反应100min时不同pH下金属的损失率

（4）从图 3 可以看出，随着温度的升高，相同时间内 Cu 的沉淀率先逐渐增加，在 80℃时达到最高点，后略有下降。分析原因____。

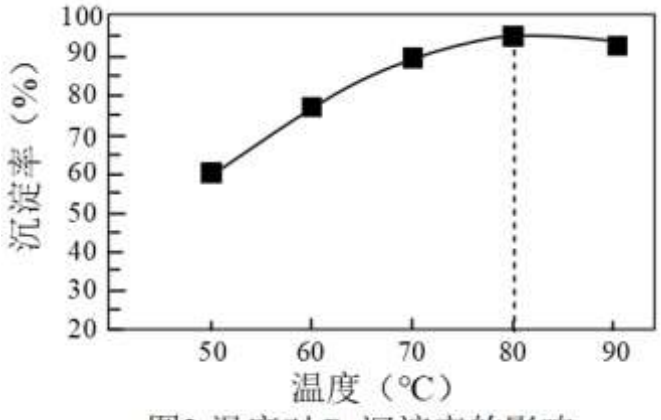


图3 温度对Cu沉淀率的影响

（5）由上述实验可知：抗坏血酸还原铜离子可能存在的路径____，____。(用离子方程式表示)

结论：可以通过还原法去除铜。

【答案】（1）6.67

（2）柠檬酸是一种强络合剂，与铜离子结合能力大于与氢氧根离子的结合能力,致使铜离子无法与氢氧根离子结合形成氢氧化物沉淀

（3） ①. 6 ②. pH=6 时铜离子沉淀率较高，而其他金属离子损失率相对较少

（4）温度升高，反应速率变快；当温度超过 80℃时，抗坏血酸出现分解现象，导致还原性降低，还原铜的能力减弱

（5） ①. $Cu^{2+}+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H^++Cu$ ②. $Cu(OH)_2+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H_2O+Cu$

【解析】

小问 1 详解】

由表格信息可知，铜离子完全沉淀时的 pH 值为 6.67，故答案为：6.67；

【小问 2 详解】

由题干信息可知柠檬酸具有较好的络合性，pH=12 时铜的沉淀率为 12%，远小于理论分析结果，这是因为柠檬酸的结合铜离子的能力强于氢氧根离子，故答案为：柠檬酸是一种强络合剂，与铜离子结合能力大于与氢氧根离子的结合能力，致使铜离子无法与氢氧根离子结合形成氢氧化物沉淀；

【小问 3 详解】

由图 1 可知 pH 等于 6 时，铜离子的沉淀率已经很高，同时结合图 2 可知此时其他离子的损失率较小，因此沉淀铜选择最佳 pH 为 6，故答案为：6；pH=6 时铜离子沉淀率较高，而其他金属离子损失率相对较少；

【小问 4 详解】

反应开始阶段，随温度的升高，反应速率较快，有利于铜的沉淀，但抗坏血酸不稳定，受热易分解，温度过高会使其分解导致还原性降低，还原铜的能力减弱，故答案为：温度升高，反应速率变快；当温度超过 80℃时，抗坏血酸出现分解现象，导致还原性降低，还原铜的能力减弱；

【小问 5 详解】

抗坏血酸还原铜离子可能是直接将铜离子还原成 Cu，也可能是与氢氧化铜直接反应得到 Cu，抗坏血酸被氧化成脱氢抗坏血酸($C_6H_6O_6$)，相关反应为：$Cu^{2+}+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H^++Cu$；$Cu(OH)_2+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H_2O+Cu$；故答案为：$Cu^{2+}+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H^++Cu$；$Cu(OH)_2+C_6H_8O_6=C_6H_6O_6+2H_2O+Cu$；

19. 某实验小组探究 Mn^{2+}的检测方法。

查阅资料：Mn^{2+}的稀溶液几乎无色，在酸性介质中，$S_2O_8^{2-}$ 能将 Mn^{2+}氧化成 MnO_4^-。

（1）资料中检测 Mn^{2+}方法的反应为____(用离子方程式表示)。

甲同学设计实验如表。

序号	实验操作	实验现象
I	向 1mL0.002mol·$L^{-1}$$MnSO_4$ 溶液中滴入 3 滴 3mol·$L^{-1}$$H_2SO_4$ 溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$ 固体	5min 无明显现象

（2）实验I并未观察到预期现象，查阅资料，并进行以下实验。

序号	实验操作	实验现象

II	向 1mL0.002mol·L^{-1}$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·L^{-1}H_2SO_4溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，加热至沸腾	溶液变棕黄色，1min 后出现紫红色
III	向 1mL0.002mol·L^{-1}$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·L^{-1}H_2SO_4溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，再滴入 2 滴 0.1mol·L^{-1}$AgNO_3$溶液	溶液变棕黄色，5min 出现紫红色
IV	向 1mL0.05mol·L^{-1}$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·L^{-1}H_2SO_4溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体，加热至沸腾	迅速生成棕黑色沉淀

①对比实验II、III，推测实验I无明显现象的原因____。

②解释实验II、III中溶液变棕黄色的原因____。

③结合离子方程式解释实验IV中产生棕黑色沉淀的原因____。

（3）乙同学继续设计实验

序号	实验操作	实验现象
V	向 1mL0.002mol·L^{-1}$MnSO_4$溶液中滴入 3 滴 3mol·L^{-1}H_2SO_4溶液并加入一粒米大的 $K_2S_2O_8$固体+____，微热	1min 后出现紫红色

完成表格中空白处。

（4）总结：探究 Mn^{2+}的检测方法需要考虑的因素有____。

【答案】（1）$2Mn^{2+}+5S_2O_8^{2-}+8H_2O=2MnO_4^-+10SO_4^{2-}+16H^+$

（2） ①. 反应速率较慢 ②. $S_2O_8^{2-}$能将 Mn^{2+}氧化成 MnO_4^-，但反应速率慢，生成的 MnO_4^-浓度相对很小，相对过量的 Mn^{2+}就会还原体系中生成的 MnO_4^-而形成少量 MnO_2 ③. $3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=5MnO_2+4H^+$，溶液中 Mn^{2+}浓度过大，体系中过量 Mn^{2+}会还原生成的 MnO_4^-生成大量黑色 MnO_2沉淀

（3）2 滴 0.1mol·L^{-1}$AgNO_3$溶液

（4）温度、催化剂、Mn^{2+}浓度

【解析】

【小问 1 详解】

在酸性介质中，$S_2O_8^{2-}$能将 Mn^{2+}氧化成 MnO_4^-，溶液颜色会发生变化，可以检测 Mn^{2+}，反应的离子方程式为 $2Mn^{2+}+5S_2O_8^{2-}+8H_2O=2MnO_4^-+10SO_4^{2-}+16H^+$。

【小问 2 详解】

①由于实验II中加热，因此对比实验II、III，实验I无明显现象的原因为反应速率较慢。

②由于 $S_2O_8^{2-}$能将 Mn^{2+}氧化成 MnO_4^-，但反应速率慢，生成的 MnO_4^-浓度相对很小，相对过量的 Mn^{2+}就会还原体系中生成的 MnO_4^-而形成少量 MnO_2，因此实验II、III中溶液变棕黄色。

③由于溶液中 Mn^{2+}浓度过大，体系中过量 Mn^{2+}会还原生成的 MnO_4^-生成大量黑色 MnO_2沉淀，反应的离子方程式为 $3Mn^{2+}+2MnO_4^-+2H_2O=5MnO_2+4H^+$；

【小问 3 详解】

由于微热最终出现紫红色，因此根据实验III可知还应该加入 2 滴 $0.1mol\cdot L^{-1}AgNO_3$溶液；

【小问 4 详解】

根据以上分析可知影响元素有温度、浓度和催化剂，所以探究 Mn^{2+}的检测方法需要考虑的因素有温度、催化剂、Mn^{2+}浓度。