

山东省泰安市 2025 届高三一模化学试题

学校:_____姓名:_____班级:_____考号:_____

一、单选题

1. 泰山豆腐，古法精制，源远流长。选豆为先，洗净浸泡，磨浆为次，滤浆以布，点浆于釜，点卤为要，压制成型，豆腐乃成。该工艺没有涉及的操作是

- A. 研磨 B. 过滤 C. 渗析 D. 聚沉

【答案】C

【详解】A. 磨浆为次其中包含了研磨，A 正确；

B. 滤浆以布是过滤豆浆的过程，B 正确；

C. 过程中无渗析，C 错误；

D. 卤水中含有电解质，遇到豆浆发生胶体的聚沉，D 正确；

故选 C。

2. 化学材料为我国的科技发展提供了强有力的支撑，下列有关材料的说法错误的是

- A. 航母使用的碳纤维是一种新型无机非金属材料
B. 玄武岩纤维制成的五星红旗在月球背面成功展开，其成分是硅酸盐
C. 空间站使用的太阳能电池板材料砷化镓属于金属材料
D. 宇航服使用的特殊高强度涤纶属于有机高分子材料

【答案】C

【详解】A. 碳纤维是碳的单质，是一种新型无机非金属材料，故 A 正确；

B. 玄武岩纤维是由二氧化硅、氧化铝、氧化钙、氧化镁、氧化铁和二氧化钛等氧化物组成，其成分是硅酸盐，故 B 正确；

C. 太阳能电池板材料砷化镓是一种半导体材料，不是金属材料，故 C 错误；

D. 涤纶是合成纤维，属于有机高分子材料，故 D 正确；

答案选 C。

3. 下列有关能源转化与存储的叙述错误的是

- A. 煤炭气化可制得清洁燃料
B. 石蜡油裂化可生产汽油
C. 锂电池能量密度高可用于大型储能设备
D. 利用催化剂分解水制氢气并且放出热量

【答案】D

【详解】A. 煤的气化是高效、清洁地利用煤的重要途径，A 正确；

B. 石蜡油是一种从原油分馏中得到的混合物，主要成分为烃类，通常含有 18 到 30 个碳原子。在高温和催化剂的作用下，石蜡油可以通过裂化过程分解成较短链的烃类混合物，这些混合物包括汽油，后者通常含有 4 到 12 个碳原子，B 正确；

C. 锂电池具有工作电压高、能量密度大、安全性能好等特点，可用于大型储能设备，C 正确；

D. 氢气与氧气反应生成水是放热反应，故利用催化剂分解水制氢气时吸收热量，D 错误；故选 D。

4. 下列说法正确的是

A. 标准状况下，22.4L HF 所含的分子数目为 N_A

B. 向 FeBr_2 溶液中通入适量 Cl_2 ，当有 1mol Br_2 生成时，共转移的电子数可能为 $4N_A$

C. 0.1mol Fe 与足量盐酸反应，转移 $0.3N_A$ 个电子


D. 0.1mol 环氧乙烷 () 中含有的 σ 键数目为 $0.3N_A$

【答案】B

【详解】A. HF 标准状况下为非气体，无法计算，A 错误；

B. 亚铁离子还原性大于溴离子，通入氯气，亚铁离子首先被氧化为铁离子、然后溴离子被氧化为溴单质， FeBr_2 溶液中通入适量 Cl_2 ，当有 1mol Br_2 生成，则生成溴单质转移 2mol 电子，若溶液中含有 2mol FeBr_2 ，则溴离子部分反应而亚铁离子反应 2mol，则会共转移 4mol 电子，电子数为 $4N_A$ ，B 正确；

C. Fe 与足量盐酸反应生成亚铁离子，0.1mol Fe 与足量盐酸反应，转移 $0.2N_A$ 个电子，C 错误；

D. 环氧乙烷中的 C—O 键、C—C 键、C—H 键均为 σ 键，0.1mol 环氧乙烷 () 中含有的 0.7mol σ 键，数目为 $0.7N_A$ ，D 错误；故选 B。

5. 使用 NaOH 标准溶液滴定未知浓度乙酸溶液的实验中，下列做法错误的是

A. 配制 NaOH 标准溶液时，称量操作中，应用玻璃表面皿或小烧杯代替称量纸

B. 开始滴定时，滴加标准溶液的速度可以快一些，但不能使溶液呈线状流下

C. 接近终点时，应控制半滴标准液在尖嘴处悬而不落，然后将其抖入锥形瓶

D. 每次滴入半滴标准溶液后，都要用少量蒸馏水冲洗锥形瓶内壁

【答案】C

【详解】A. NaOH 易潮解且有腐蚀性，需用玻璃器皿称量，A 正确；

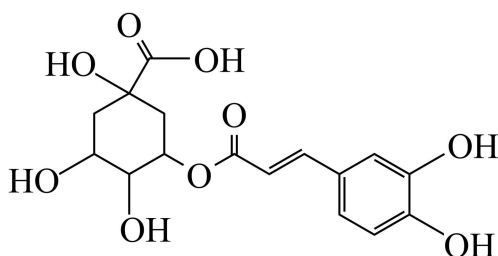
B. 滴定初期可快速滴加，但避免线状流下以防过量，B 正确；

C. 近终点时，半滴溶液应通过轻触锥形瓶内壁自然流入，而非“抖入”，否则可能引入误差，C 错误；

D. 冲洗内壁确保溶液充分反应，准确判断终点，D 正确；

故选 C。

6. 绿原酸是咖啡热水提取液的成分之一，结构简式如下：



下列关于绿原酸的判断中，正确的是

A. 该物质在热水中溶解度很小

B. 该物质中碳原子杂化方式有三种

C. 该分子与足量氢气加成后生成物中有 7 个不对称碳原子

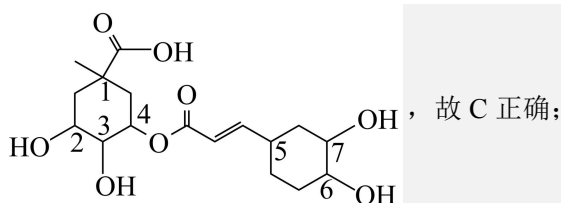
D. 1mol 该物质分别与足量的 Na_2CO_3 ， NaHCO_3 反应，消耗二者的物质的量之比为 2:1

【答案】C

【详解】A. 绿原酸分子中含有多个羟基，羟基是亲水基团，能与水分子形成氢键，所以该物质在热水中溶解度较大，而不是很小，故 A 错误；

B. 该物质中苯环上的碳原子采用 sp^2 杂化，双键上的碳原子采用 sp^2 杂化，六元环上的碳原子采用 sp^3 杂化，碳原子杂化方式两种，故 B 错误；

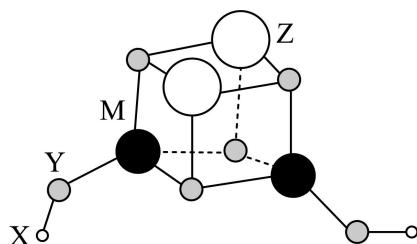
C. 该分子与足量氢气加成后，原来的碳碳双键和苯环都发生加成反应，形成饱和的碳链结构，此时生成物中有 7 个不对称碳原子（即连有 4 个不同原子或原子团的碳原子），



D. 该分子中有 1 个羧基和 2 个酚羟基，1mol 该物质与足量 Na_2CO_3 反应，2mol 酚羟基消耗 2mol Na_2CO_3 ，1mol 羧基消耗 0.5mol Na_2CO_3 ，共消耗 2.5mol Na_2CO_3 ；1mol 该物质与足量 NaHCO_3 反应，只有 1mol 羧基反应，消耗 1mol NaHCO_3 ，所以消耗二者的物质的量之比为 5:2，故 D 错误；
故答案为 C。

7. 短周期元素 X, Y, Z, M 的原子序数依次增大，他们组成一种团簇分子，结构如图所示。

X、M 的族序数等于周期数，Y 原子最外层电子数是其电子总数的 $\frac{3}{4}$ 。下列说法错误的是



- A. 其分子式为 $\text{X}_2\text{Z}_2\text{M}_2\text{Y}_6$
- B. X 和 Y 可以组成原子个数比为 2:1 和 1:1 离子化合物
- C. 工业上常电解熔融的 M_2Y_3 制取 M 单质
- D. Y、M、Z 的离子半径：Y > Z > M

【答案】B

【分析】短周期元素 X、Y、Z、M 的原子序数依次增大，X、M 的族序数等于周期数，则可能为 H、Be、Al 三种中的两种，由于 X 原子序数最小且只能形成一条共价键，故 X 为 H 元素，而 M 的原子序数最大且能形成 3 条共价键，故 M 为 Al 元素，Y 原子的最外层电子数是其电子总数的 $\frac{3}{4}$ ，根据最外层电子数不超过 8，则 Y 为 O 元素；Z 的原子序数： $\text{O} < \text{Z} < \text{Al}$ ，而半径大于 Al，故 Z 位于第三周期，可能为 Na 或 Mg，但根据团簇分子的结构可知，Z 与 3 个氧原子形成了 3 条共价键，故为 Mg，其中两条是 σ 键，一条是配位键，综上所述，X 为 H 元素、Y 为 O 元素、Z 为 Mg 元素、M 为 Al 元素：

【详解】A. 由团簇分子结构可知，该团簇分子的分子式为 $\text{X}_2\text{Z}_2\text{M}_2\text{Y}_6$ ，A 正确；

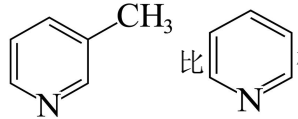
B. X 和 Y 可以组成原子个数比为 2:1 (H_2O) 和 1:1 (H_2O_2) 的化合物, 两种化合物都是共价化合物, B 错误;

C. 铝性质活泼, 工业上常电解熔融的 M_2Y_3 (Al_2O_3) 制取 $\text{M}(\text{Al})$ 单质, C 正确;

D. 由分析可知, Y 为 O、Z 为 Mg、M 为 Al, 对应的离子为 O^{2-} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} , 三种离子电子层结构相同, 核电荷数越大, 半径越小, 故对应的三种离子半径依次递减, D 正确;

故选 B。

8. 物质结构决定物质性质, 下列性质差异用结构解释错误的是

选项	性质差异	解释
A	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 不溶于氨水, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶于氨水	Cu^{2+} 能与 NH_3 形成配合物, Mg^{2+} 不能与 NH_3 形成配合物
B	石墨能导电, 金刚石不导电	石墨中 C 是 sp^2 杂化形成大 π 键, 金刚石是 sp^3 杂化
C	水流能被静电吸引, CCl_4 不能	水分子中有少量 H^+ 和 OH^-
D	 比 碱性更强	甲基是推电子基团, 使 N 电子云密度增大

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【详解】A. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的溶解度低, 溶液中 $c(\text{Mg}^{2+})$ 过低, 无法有效的与 NH_3 配位, 且 Mg^{2+} 没有合适的空 d 轨道来接受 NH_3 的孤电子对, 导致无法形成配位键, 而 Cu^{2+} 能与 NH_3 形成稳定的配合物, A 项正确;

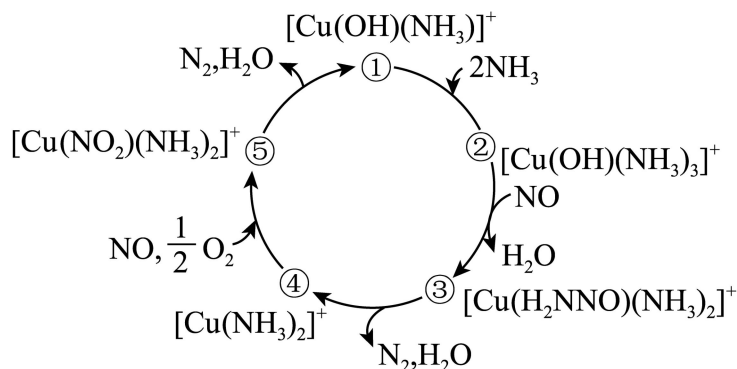
B. 石墨能导电而金刚石不能, 原因在于石墨中 C 呈 sp^2 杂化, 层状结构中有大 π 键可自由移动电子; 金刚石中 C 为 sp^3 杂化, 所有电子都局域于共价键中, B 项正确;

C. 水流能被静电吸引, CCl_4 不能, 是因为水是极性分子, 而 CCl_4 为典型的非极性分子, 与水分子中有少量 H^+ 和 OH^- 无关, C 项错误;

D. 甲基是推电子基团，可提高吡啶中氮原子的电子云密度，使其碱性增强，D 项正确；
答案选 C。

二、多选题

9. 一种汽车尾气脱硝处理的机理如图所示，下列说法错误的是



- A. $[\text{Cu}(\text{OH})(\text{NH}_3)]^+$ 是反应的催化剂
- B. 状态③到状态④的过程中，有 O—H 键的形成
- C. 状态④到状态⑤过程中，NO 发生氧化反应
- D. 该过程中 Cu 元素的化合价未发生变化

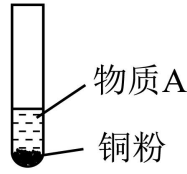
【答案】AD

【详解】A. 根据反应历程图， $[\text{Cu}(\text{OH})(\text{NH}_3)]^+$ 是①的产物，②的反应物，故其为中间产物，A 错误；
B. 状态③到状态④的变化过程中有 H_2O 生成，即有 O—H 键的形成，B 正确；
C. 状态④到状态⑤过程中，NO 化合价由+2 价升高到+4 价，被氧化，发生氧化反应，C 正确；
D. 态②到状③的过程中，Cu 和 N 的化合价发生变化，其中 Cu 的化合价降低，N 元素化合价升高，D 错误；
故选 AD。

三、单选题

10. 探究 Cu 和物质 A 的反应，一段时间后现象如下。

装置	序号	物质 A	实验现象

	①	$0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液 (调 $\text{pH}=1$)	铜粉溶解, 溶液变为深棕色 [经检验含 $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$]
	②	$0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{FeCl}_3$ 溶液	铜粉溶解, 溶液变为蓝绿色
	③	$1.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaNO}_3$ 溶液 (调 $\text{pH}=1$)	无明显变化

下列分析错误的是

- A. ②中铜粉溶解的原因: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$
- B. ①中产生 NO 的原因: $\text{pH}=1$ 时 Cu 直接将 NO_3^- 还原为 NO
- C. 若向③中加入适量 FeSO_4 固体, 推测溶液变深棕色
- D. 该实验条件下, $0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Fe^{3+} 氧化性大于 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HNO_3

【答案】B

【详解】A. 实验②中铜与铁离子反应生成蓝色的铜离子和浅绿色的亚铁离子, 离子方程式为: $\text{Cu} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$, 故 A 正确;

B. 经检验含 $\text{Fe}(\text{NO})^{2+}$, 再结合实验③的现象, 说明加入铜粉后铜先与 Fe^{3+} 反应生成蓝色的 Cu^{2+} 和浅绿色的 Fe^{2+} , 酸性条件下 Fe^{2+} 与 NO_3^- 反应产生 NO, 故 B 不正确;

C. 若向③中加入 FeSO_4 固体, 酸性条件 Fe^{2+} 与 NO_3^- , 发生氧化还原反应生成 Fe^{3+} , 产生了硝酸铁, 根据实验①的条件, 推测铜粉会溶解, 溶液变为深棕色, 故 C 正确;

D. 同一金属单质发生氧化还原反应, 先与氧化性强的物质发生反应则, 根据实验①的现象可得 $0.6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Fe^{3+} 氧化性大于 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HNO_3 (实验①调 $\text{pH}=1$, $c(\text{H}^+) = 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), 故 D 正确;

故答案选 B。

四、多选题

11. 下列操作能达到实验目的是

选项	实验内容	实验操作步骤
A	除去 NH_3 中的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	将气体通过盛有无水氯化钙的干燥管
B	检验溴乙烷中的官能团	加热溴乙烷和 2 mL 5% NaOH 混合溶液，停止加热后，取水层于试管中，先加稀硝酸酸化，再加几滴 2% AgNO_3 溶液
C	制备乙酸乙酯	向试管中加入 3 mL CH_3COOH ，再加入 3 mL $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 和碎瓷片加热
D	银氨溶液的配制	向试管中加入 1 mL 2% AgNO_3 溶液，边振荡加入 2% 氨水溶液至沉淀恰好溶解

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】BD

【详解】A. 无水氯化钙不仅能够吸收水分，也可以吸收 NH_3 ，因此不能使用无水氯化钙干燥 NH_3 ，而应该使用碱石灰干燥，A 错误；

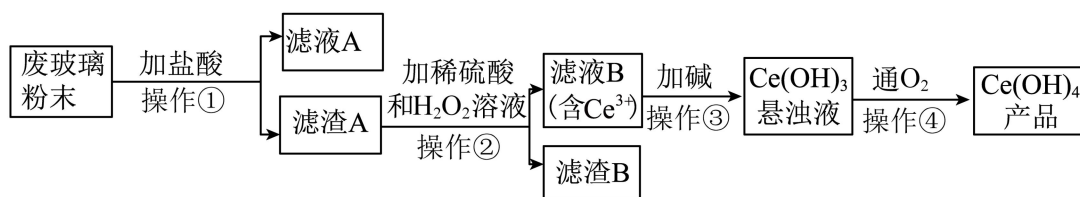
B. 要检验溴乙烷中的官能团，应该使有机物中的溴原子转化为溴离子，然后用 AgBr 的不溶性进行检验，正确的操作方法为：充分加热溴乙烷和 2 mL 5% NaOH 混合溶液，停止加热后冷却，然后取水层溶液于试管中，先加稀硝酸，中和未反应的 NaOH 溶液，使溶液显酸化，然后再加入几滴 2% AgNO_3 溶液，若产生淡黄色沉淀，就证明水溶液中含有 Br^- ，则原有机物中含有 C-Br 键，B 正确；

C. 制备乙酸乙酯时，应该先向试管中加入 3 mL $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，然后缓缓加入 2 mL 浓硫酸，待溶液冷却后加入 3 mL CH_3COOH ，加入碎瓷片，然后再进行加热操作，C 错误；

D. 要配制银氨溶液，操作方法是：向试管中加入 1 mL 2% AgNO_3 溶液，边振荡加入 2% 氨水溶液，直至最初产生的沉淀恰好溶解，就得到银氨溶液，D 正确；

故合理选项是 BD。

12. 以废玻璃粉末(含 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 CeO_2)为原料回收铈，实验流程图如下：



下列说法中错误的是

- A. 流程中①②③④操作均需要用到烧杯、漏斗、玻璃棒
- B. 滤渣 B 的主要成分为 SiO_2
- C. 过程②中发生反应的离子方程式为 $\text{CeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}^+ = \text{Ce}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
- D. 过程④中氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1: 4

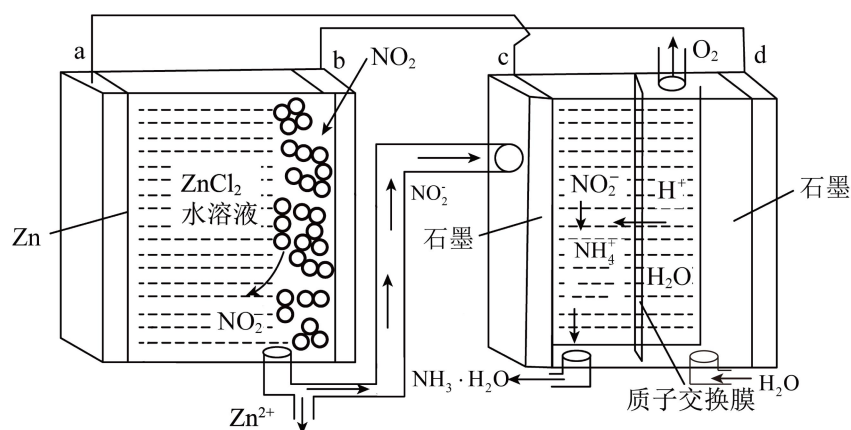
【答案】AC

【分析】废玻璃粉末中含 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 ，向其中加入盐酸， Fe_2O_3 反应变为可溶性 FeCl_3 进入溶液中， SiO_2 、 CeO_2 不能反应，仍以固体形式存在，然后过滤。滤液 A 中含 FeCl_3 ，滤渣 A 中含有 SiO_2 、 CeO_2 。向滤渣 A 中加入稀硫酸，并加入适量 H_2O_2 ，发生反应： $2\text{CeO}_2 + 6\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ce}^{3+} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ， SiO_2 不能反应，仍以固体形式存在，然后过滤。在滤液 B 中含有 Ce^{3+} ，在滤渣 B 中含有 SiO_2 ；再向滤液 B 中加入碱 NaOH ，使 Ce^{3+} 转化为 $\text{Ce}(\text{OH})_3$ 沉淀，向其中通入 O_2 并加热，发生反应： $4\text{Ce}(\text{OH})_3 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 4\text{Ce}(\text{OH})_4$ ，再过滤，就得到 $\text{Ce}(\text{OH})_4$ 产品。

【详解】A. 根据上述分析可知：流程中①②操作均为过滤操作，需要使用的玻璃仪器有烧杯、漏斗、玻璃棒，③④不是过滤，A 错误；
 B. 根据上述分析可知：滤渣 B 的主要成分为 SiO_2 ，B 正确；
 C. 反应过程②中发生反应的离子方程式为： $2\text{CeO}_2 + 6\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ce}^{3+} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ，C 错误；
 D. 过程④中发生反应为： $4\text{Ce}(\text{OH})_3 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 4\text{Ce}(\text{OH})_4$ ，其中氧化剂为 O_2 ，还原剂为 $\text{Ce}(\text{OH})_3$ ，氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1: 4，D 正确；
 故合理选项是 AC。

五、单选题

13. 一种新型 Zn-NO_2 电池通过自供电实现 NO_2^- 转化为 NH_3 ，装置如图所示。下列说法错误的是



- A. c 电极的电势比 d 电极的电势低
- B. 电解池的总反应式为: $2\text{NO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- C. 装置工作时 d 极区溶液的 pH 减小
- D. 当电路中转移动 2mole⁻时, d 极区溶液质量减少 16g

【答案】D

【分析】新型 Zn-NO₂ 电池中, Zn 失电子转化为 Zn²⁺, 则 a 电极(Zn)作负极, b 电极作正极, 与 a 电极相连的 c 电极作阴极, d 电极作阳极。

【详解】A. 由分析可知, 右侧电池为电解池, c 电极作阴极, d 电极作阳极, 对于电解池, 阳极的电势高于阴极, 则 c 电极的电势比 d 电极的电势低, A 正确;

B. 在阴极, NO₂⁻、NH₃·H₂O 能稳定存在, 则阴极电解质呈碱性, 电极反应式为

$\text{NO}_2^- + 6\text{e}^- + 5\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + 7\text{OH}^-$, 阳极电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 将两电极反应式调整得失电子守恒、然后相加, 可得出电解池的总反应式为: $2\text{NO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,

B 正确;

C. 装置工作时, d 极发生反应 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 则 d 极区溶液的 pH 减小, C 正确;

D. 依据 d 极电极反应式 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$, 当电路中转移动 2mole⁻时, 生成 0.5mol O₂, 同时有 2mol H⁺通过质子交换膜进入 c 极区, 所以 d 极区溶液质量减少

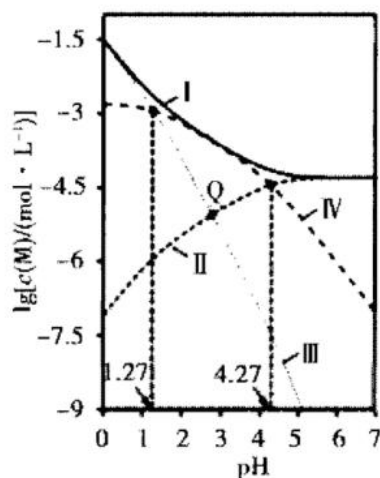
$0.5\text{mol} \times 32\text{g/mol} + 2\text{mol} \times 1\text{g/mol} = 18\text{g}$, D 错误;

故选 D。

14. 室温下, 向含有足量 CaC₂O₄ 的悬浊液中通入 HCl 气体来调节体系 pH。平衡时,

$\lg \left[\frac{c(\text{M})}{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})} \right]$ 随 pH 的变化如图所示 (M 表示 Ca²⁺、H₂C₂O₄、HC₂O₄⁻ 和 C₂O₄²⁻) , 物

质的溶解度以物质的量浓度表示。已知： $K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 01^{-8.6}$ 。下列说法错误的是



- A. 表示 $\lg[c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)]$ 随 pH 变化的曲线为 IV
- B. $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的 $K = 10^{5.53}$
- C. pH = 4.27 时, CaC_2O_4 的溶解度约为 $10^{-4.45} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D. Q 点时, 溶液中 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < c(\text{Cl}^-)$

【答案】B

【分析】向含有足量 CaC_2O_4 的悬浊液中

$c(\text{Ca}^{2+}) \approx c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \sqrt{K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4)} = \sqrt{10^{-8.6}} \text{ mol/L} = 10^{-4.3} \text{ mol/L}$, 不断通入 HCl 气体调节体系 pH 时, CaC_2O_4 逐渐溶解, $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 逐渐降低, $c(\text{Ca}^{2+})$ 逐渐增大、 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ 先增大后减小, $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 逐渐增大, 所以图中曲线 I 代表 $\lg[c(\text{Ca}^{2+})]$ 、曲线 II 代表 $\lg[c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})]$, 曲线 III 代表 $\lg[c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)]$, 曲线 IV 代表 $\lg[c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)]$ 与 pH 的变化关系; 由图可知,

$c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 时 pH = 1.27, 此时 $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} \times c(\text{H}^+) = c(\text{H}^+) = 10^{-1.27}$,

同理 $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} \times c(\text{H}^+) = 10^{4.27}$, 据此分析解答;

【详解】A. 根据分析, 表示 $\lg[c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)]$ 随 pH 变化的曲线为 IV, A 正确;

B. $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HC}_2\text{O}_4^- \rightleftharpoons \text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的

$$K = \frac{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = \frac{K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4)} = \frac{10^{-4.27}}{10^{-1.27} \times 10^{-8.6}} = 10^{5.6}, \text{ B 错误};$$

C. pH = 4.27 时, 设 CaC_2O_4 的溶解度为 s , 则 $c(\text{Ca}^{2+}) = s$, 溶液中 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 来自两部分,

一部分来自 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 解离, 一部分来自 CaC_2O_4 解离, $\alpha_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{H})} = 1 + \frac{c(\text{H}^+)}{K_{a2}} + \frac{c^2(\text{H}^+)}{K_{a1}K_{a2}}$,

$$s = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \sqrt{\alpha_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{H})} K_{sp}} = \sqrt{2K_{sp}} \approx 10^{-4.45} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ C 正确};$$

D. Q 点时, $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 溶液中电荷守恒:

$$c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + 2c(\text{Ca}^{2+}), \text{ 物料守恒};$$

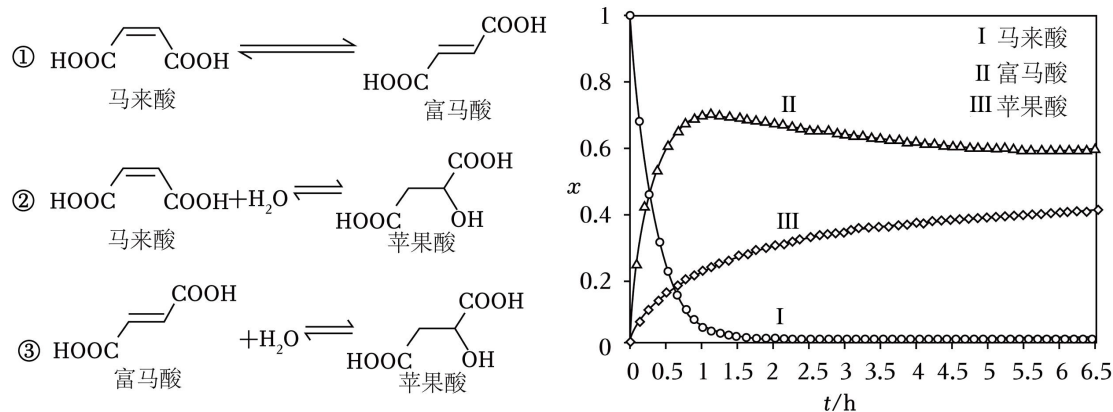
$$c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{Ca}^{2+}), \text{ 联立两式可得}$$

$$c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4), \text{ 溶液呈酸性, 故 } c(\text{OH}^-) < c(\text{H}^+), \text{ 则}$$

$$c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < c(\text{Cl}^-), \text{ D 正确};$$

故选 B;

15. 马来酸, 富马酸和苹果酸在水热条件下存在如下相互转化过程。190℃时, 相关物质的物质的量分数随时间变化如图所示。6.5h 后, 苹果酸的物质的量分数不再随时间变化。下列说法错误的是



A. 二元弱酸的第一级电离常数: $K_{a1}(\text{马来酸}) > K_{a1}(\text{富马酸})$

B. 190℃时的平衡常数: $K(\text{反应①}) > K(\text{反应②}) > K(\text{反应③})$

C. 平均反应速率: $v(\text{马来酸}) = v(\text{富马酸}) + \frac{1}{2}v(\text{苹果酸})$

D. 1.25h 后转化过程以反应③为主

【答案】C

【详解】A. 由图可知，马来酸属于顺式结构，属于极性分子，富马酸是非极性分子，因此马来酸中羟基的极性大于富马酸，故第一级电离常数： $K_{a1}(\text{马来酸}) > K_{a1}(\text{富马酸})$ ，A 正确；

B. 平衡时， $x(\text{富马酸}) > x(\text{苹果酸}) > x(\text{马来酸})$ ， $K_1 = \frac{c(\text{富马酸})}{c(\text{马来酸})} > K_2 = \frac{c(\text{苹果酸})}{c(\text{马来酸})} > 1$ ，

$K_3 = \frac{c(\text{苹果酸})}{c(\text{富马酸})} < 1$ ，故 190°C 时的平衡常数： $K(\text{反应①}) > K(\text{反应②}) > K(\text{反应③})$ ，B 正确

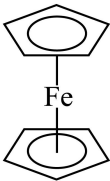
C. 根据物料守恒， $\Delta c(\text{马来酸}) = \Delta c(\text{苹果酸}) + \Delta c(\text{富马酸})$ ，反应平均速率 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$ ，则 $v(\text{马来酸}) = v(\text{富马酸}) + v(\text{苹果酸})$ ，C 错误；

D. 1.25h 后，马来酸含量几乎为 0，说明反应①、②基本完成，富马酸含量减少，苹果酸含量增大，说明以反应③为主，D 正确；

故选 C。

六、解答题

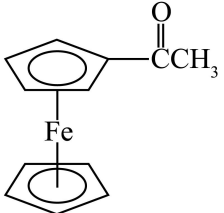
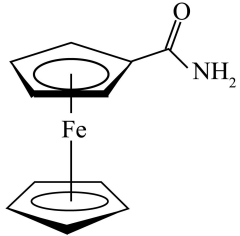
16. 二茂铁 $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]$ 是一种在化学，生物医学等多个领域有广泛应用的有机金属化合物，

其结构为 ，由环戊二烯负离子 (C_5H_5^-) 与 Fe^{2+} 形成。已知 C_5H_5^- 结构与苯相似，存在

π_5^6 的大 π 键。

(1) Fe^{2+} 的价电子轨道表示式为_____。二茂铁中存在的作用力有_____（填标号）

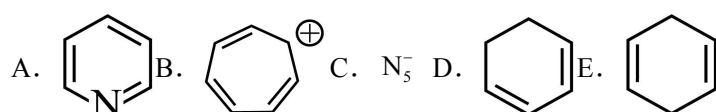
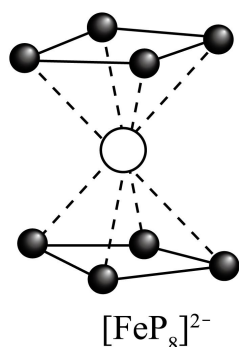
A. 氢键 B. 配位键 C. π 键 D. 离子键

(2) 乙酰基二茂铁 () 和甲酰胺二茂铁 () 是两种二茂

铁的衍生物，沸点分别为 160°C 和 249°C。甲酰胺二茂铁中所含元素电负性由大到小的顺序为_____；二者沸点相差较大的原因是_____。

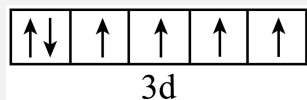
(3) 结构类似 C_5H_5^- 的微粒可与 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结构。例如 P_4^{2-} 与 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结

构如图所示，则 P_4^{2-} 中存在的大 Π 键可表示为_____；下列可以与 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结构的微粒有_____（填序号）。



(4) 已知以晶胞参数为单位长度建立的坐标系可以表示晶胞中原子的位置，称作原子分数坐标。铁的一种立方晶系晶体结构中，每个晶胞平均含有 2 个 Fe，Fe 原子分数坐标为 $(0,0,0)$ 和 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 。已知该晶体中距离最近的 Fe 原子核之间的距离为 a pm，阿伏加德罗常数是 N_A ，则晶体的密度为_____ $g \cdot cm^{-3}$ 。

【答案】(1)



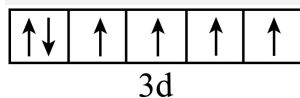
BC

(2) $O > N > C > H > Fe$ 甲酰胺二茂铁中含有 N-H 键，能形成分子间氢键

(3) Π_4^6 ABC

(4) $\frac{42\sqrt{3}}{a^3 N_A} \times 10^{30}$

【详解】(1) 铁是 26 号元素， Fe^{2+} 的价电子排布式为 $3d^6$ ，轨道表示式为



；二茂铁中 Fe^{2+} 与环戊二烯负离子通过配位键结合，环戊二烯负离子内部含有大 π 键，故选 BC；

(2) 甲酰胺二茂铁中所含元素有 H、C、N、O、Fe，非金属性越强，电负性越大，金属的电负性一般小于非金属，则电负性由大到小的顺序为 $O > N > C > H > Fe$ ；甲酰胺二茂铁中含有 N-H 键，能形成分子间氢键，熔沸点高于乙酰基二茂铁；

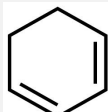
(3) $C_5H_5^-$ 结构与苯相似，存在 Π_5^6 的大 Π 键，说明每个碳原子各提供一个单电子，同时得

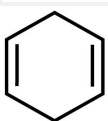
到一个电子，形成 5 中心 6 电子的大 Π 键，P 和 N 同主族，每个磷原子形成 2 条共价键和一个配位键，则 P_4^{2-} 中，每个磷原子各提供一个单电子，同时得到两个电子，形成 4 中心 6 电子的大 Π 键，表示为 Π_4^6 ；

A. 氮原子杂化方式为 sp^2 ，碳、氮各提供一个单电子用于形成 6 中心 6 电子的大 Π 键，即为 Π_6^6 ；可以和 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结构，A 选；

B. 环上存在一个 C^+ ，说明该碳原子失去了一个电子，即该碳原子形成 3 条共价键，不在提供单电子形成大 Π 键，其大 Π 键表示为 Π_7^6 ，可以和 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结构，B 选；

C. N_5^- 结构中，每个氮原子提供一个单电子，再得到一个电子，形成 Π_5^6 的大 Π 键，可以和 Fe^{2+} 形成类似二茂铁结构，C 选；

D.  中存在 sp^3 杂化的碳原子，没有大 Π 键，D 不选；

E.  中存在 sp^3 杂化的碳原子，没有大 Π 键，E 不选；

故选 ABC；

(4) 每个晶胞平均含有 2 个 Fe，Fe 原子分数坐标为 $(0,0,0)$ 和 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ，则晶胞中铁原子分别位于 8 个顶点和体心，晶胞的质量为 $\frac{56 \times 2}{N_A} g$ ，已知该晶体中距离最近的 Fe 原子核之间的距离为 $a \text{ pm}$ ，则晶胞的体对角线为 $2a \text{ pm}$ ，则晶胞的边长为 $\frac{2}{\sqrt{3}} a \text{ pm}$ ，体积为

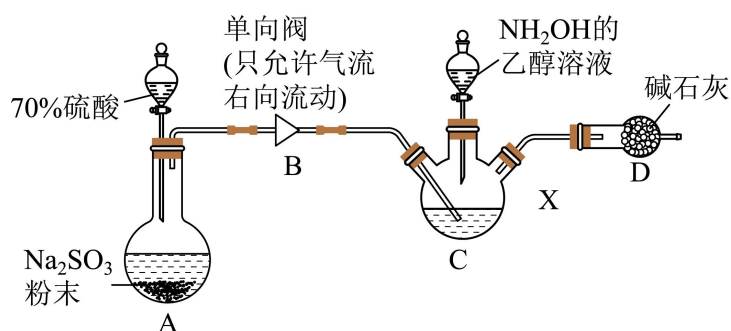
$\left(\frac{2}{\sqrt{3}} a \times 10^{-10}\right)^3 cm^3$ ，则晶体的密度为 $\frac{42\sqrt{3}}{a^3 N_A} \times 10^{30} g \cdot cm^{-3}$ 。

17. 氨基磺酸 (H_2NSO_3H) 是一元固体强酸，微溶于乙醇，溶于水时存在反应：

$H_2NSO_3H + H_2O = NH_4HSO_4$ 。实验室用羟胺 (NH_2OH) 和 SO_2 反应制备氨基磺酸。已知：

NH_2OH 沸点为 $70^\circ C$ ，性质不稳定，加热时爆炸，室温下同时吸收水蒸气和 CO_2 时迅速分解。

根据下列装置回答相关问题：



- (1) 仪器 X 的名称是_____。
- (2) 该装置还存在一处明显的问题，改进的办法是_____。
- (3) 设计实验证明氨基磺酸溶于水有 NH_4^+ 生成：_____。
- (4) 下列叙述正确的是_____（填字母）。
- 装置 A 选用 98% 浓硫酸可以加快 SO_2 生成速率
 - 装置 C 可采用热水浴加快反应速率
 - 实验完毕后，采用过滤分离装置 C 中混合物
- (5) 氨基磺酸与氨基酸类似，是两性化合物，能与酸、碱反应生成盐。预测熔点大小关系是：
 $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ _____ H_2SO_4 （填“>”或“<”），理由是_____。
- (6) 准确称取 2.500g 氨基磺酸粗品配成 250mL 待测液。取 25.00mL 待测液于锥形瓶中，以淀粉-碘化钾溶液做指示剂，用 $0.080\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaNO_2 标准溶液进行滴定，当溶液恰好变蓝时，消耗 NaNO_2 标准溶液 25.00mL。此时氨基磺酸恰好被完全氧化成 N_2 ， NaNO_2 的还原产物也为 N_2 ，则氨基磺酸粗品的纯度：_____（用质量百分数表示，保留 3 位有效数字）；用 NaOH 标准溶液进行滴定也可以测定氨基磺酸粗品的纯度，所选择的指示剂为_____（填“甲基橙”或“酚酞”）。

【答案】(1) 三颈烧瓶

(2) 在装置 AB 间安放盛有浓硫酸的洗气瓶

(3) 向少量氨基磺酸溶液中加入足量浓 NaOH 溶液，加热，产生使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体，证明溶于水有 NH_4^+ 产生

(4) c

(5) > 氨基磺酸分子中的氨基和磺酸基反应生成 $^+\text{H}_3\text{NSO}_3^-$ ，类似氨基酸形成内盐，熔点较高，而固态硫酸为分子晶体，熔点较低

(6) 77.6% 甲基橙

【分析】本题是无机物制备类的实验题，由装置 A 制备二氧化硫，经过干燥后在装置 C 中二氧化硫和 (NH_2OH) 反应制备氨基磺酸，由于二氧化硫有毒，会污染环境，同时产品遇水会发生反应，故装置的最后部分要用装有碱石灰的干燥管进行处理，以此解题。

【详解】(1) 由图可知，仪器 X 的名称是三颈烧瓶；

(2) 由于氨基磺酸室温下同时吸收水蒸气时迅速分解，则制备时要防水，则改进的办法是在装置 AB 间安放盛有浓硫酸的洗气瓶，由于单向阀具有单向截止的作用，可用于防倒吸，故不能在 BC 处安放浓硫酸的洗气瓶；

(3) 铵根离子遇到氢氧根离子在加热时会生成氨气，则证明氨基磺酸溶于水有 NH_4^+ 生成的方法为：向少量氨基磺酸溶液中加入足量浓 NaOH 溶液，加热，产生使湿润的红色石蕊试纸变蓝的气体，证明溶于水有 NH_4^+ 产生；

(4) a. 制备二氧化硫时利用了强酸制备弱酸，所用硫酸浓度不能太大，否则电离程度小，氢离子浓度低，反应速率慢，通常是用 70% 左右的硫酸，错误；

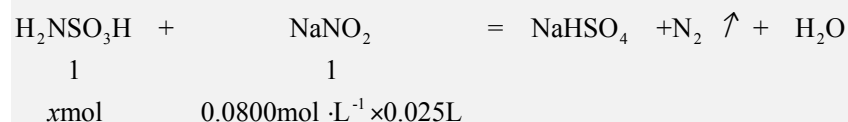
b. NH_2OH 沸点为 70°C ，性质不稳定，加热时爆炸，则装置 C 不可采用热水浴加快反应速率，错误；

c. 氨基磺酸是一种一元固体强酸，微溶于乙醇，实验完毕后，大部分氨基磺酸以固体形式存在，所以实验完毕后，采用过滤分离装置 C 中混合物，正确；

故选 c；

(5) 氨基磺酸分子中的氨基和磺酸基反应生成 $^+\text{H}_3\text{NSO}_3^-$ ，类似氨基酸形成内盐，熔点较高，而固态硫酸为分子晶体，熔点较低，故答案为：>；氨基磺酸分子中的氨基和磺酸基反应生成 $^+\text{H}_3\text{NSO}_3^-$ ，类似氨基酸形成内盐，熔点较高，而固态硫酸为分子晶体，熔点较低；

(6) 设 25.00ml 待测液中氨基磺酸的物质的量为 xmol；

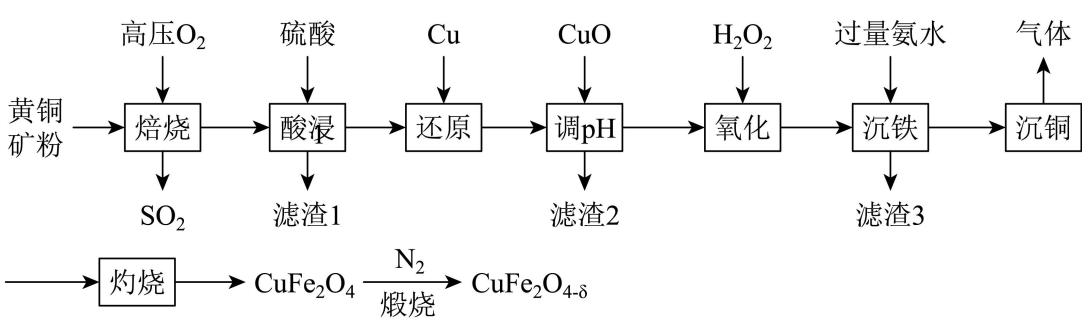


$$x=0.002\text{mol}, \text{氨基磺酸粗品的纯度为 } \frac{0.002\text{mol} \times \frac{250}{25} \times 97\text{g/mol}}{2.5\text{g}} \times 100\% = 77.6\% ;$$

结合信息可知，氨基磺酸中混有硫酸氢铵，都能与氢氧化钠反应，以酚酞为指示剂，用 NaOH

进行酸碱中和滴定能测定产品中氨基磺酸的纯度，测定结果通常比 NaNO_2 法偏高，并且滴定时，只需消耗其中的氨基磺酸，硫酸氢铵会有剩余，此时溶液显酸性，故指示剂应该选择甲基橙。

18. 氧缺位体 ($\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$) 是热化学循环分解水制氢的催化剂。一种以黄铜矿 (主要成分是 CuFeS_2 ，含 Al_2O_3 、 SiO_2 等杂质) 为原料制备 $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$ 的流程如下：



已知：

①酸浸后溶液中的金属离子有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 。

②25℃时，几种金属离子沉淀的 pH 如表所示：

金属氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	1.9	3.4	6.4	7.0
完全沉淀的 pH	3.2	4.7	7.6	9.0

回答下列问题：

(1) CuFeS_2 “焙烧”时生成三种氧化物 (其中 Fe 的氧化物形式为 Fe_3O_4)，其化学方程式为_____。

(2) 加 Cu “还原”的目的是_____；加 CuO 调 pH 范围为_____；滤渣 2 的主要成分有_____。

(3) 流程中可以循环利用的物质是_____；滤渣 3 可以用于_____操作单元。

(4) 在 N_2 中充分煅烧 CuFe_2O_4 制备氧缺位体 ($\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$)，若氧缺位体质量为原质量的 96.6%，则氧缺位体中 +3，+2 铁元素物质的量之比为_____。

(5) 氧缺位体分解水制氢分两步：

第一步_____ (完成方程式)；

第二步： $2\text{CuFe}_2\text{O}_4 = 2\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta} + \delta\text{O}_2 \uparrow$ 。

【答案】(1) $6\text{CuFeS}_2 + 19\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 6\text{CuO} + 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 12\text{SO}_2$

(2) 将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ，防止 Fe^{3+} 在调 pH 时变成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 而除去 $4.7 \leq \text{pH} < 6.4$
Cu 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$

(3) NH_3 灼烧

(4) 49: 51

(5) $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta} + \delta\text{H}_2\text{O} = \text{CuFe}_2\text{O}_4 + \delta\text{H}_2 \uparrow$

【分析】氧气具有氧化性，已知，酸浸后溶液中的金属离子有 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 和 Fe^{3+} ， CuFeS_2 “焙烧”时生成三种氧化物，结合质量守恒可知，“焙烧”中黄铜矿的 CuFeS_2 与氧气反应生成 SO_2 、 CuO 、 Fe_3O_4 ，加入硫酸将金属氧化物转化相应硫酸盐溶液，滤渣 1 为不反应的二氧化硅，加入 Cu 还原铁离子为 Fe^{2+} ，加入 CuO 调 pH 使 Al^{3+} 完全沉淀，而 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 不沉淀，滤渣 2 主要成分是氢氧化铝沉淀，含少量铜、氧化铜；加入过氧化氢将亚铁离子氧化为铁离子，加入过量氨水反应生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ， Fe^{3+} 与弱碱氨水反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 经系列操作生成 CuO，灼烧时 CuO 与氢氧化铁反应生成 CuFe_2O_4 ，在氮气做保护气下煅烧生成 $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$ ，以此解答。

【详解】(1) 由分析可知， CuFeS_2 “焙烧”时生成三种氧化物(其中 Fe 的氧化物形式为 Fe_3O_4)，结合质量守恒可知，另外两种氧化物为 SO_2 、 CuO ，根据得失电子守恒和原子守恒配平化学方程式为： $6\text{CuFeS}_2 + 19\text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 6\text{CuO} + 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 12\text{SO}_2$ 。

(2) 还原流程后调 pH 使得 Al^{3+} 完全沉淀，而 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 不沉淀，由于铁离子会较铝离子首先沉淀，故加 Cu “还原”的目是将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ，防止 Fe^{3+} 在调 pH 时变成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 而除去。加 CuO 调 pH 的范围为 $4.7 \leq \text{pH} < 6.4$ ，这是为了 Al^{3+} 完全沉淀，而 Cu^{2+} 和 Fe^{2+} 不沉淀。滤渣 2 的主要成分是过量的 Cu 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

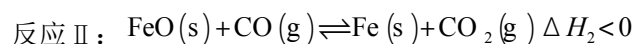
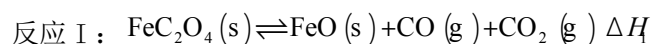
(3) “沉铁”时加入过量的氨水， CuSO_4 和氨水反应生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ，“沉铜”过程中需要让 Cu^{2+} 转化为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀，这个过程中会有 NH_3 生成， NH_3 溶于水得到氨水，可以在“沉铁”时循环利用；滤渣 3 是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，可以用于“灼烧”步骤和 CuO 反应生成 CuFe_2O_4 。

(4) 在 N_2 中充分煅烧 CuFe_2O_4 制备氧缺位体 ($\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta}$)，若氧缺位体质量为原质量的

96.6%，说明 δ 个O的质量占总质量的96.6%，则 $\frac{16\delta}{64+56 \times 2+16 \times 4} \times 100\% = 1-96.6\%$ ，解得 δ 为0.51，则 CuFe_2O_4 煅烧后得到 $\text{CuFe}_2\text{O}_{3.49}$ ，设其中 Fe^{3+} 的个数为 x ， Fe^{2+} 的个数为 y ，则 $x+y=2$ 、 $2+3x+2y=3.49 \times 2$ ，解得 $x=0.98$ 、 $y=1.02$ ，则氧缺位体中+3，+2铁元素物质的量之比为49：51。

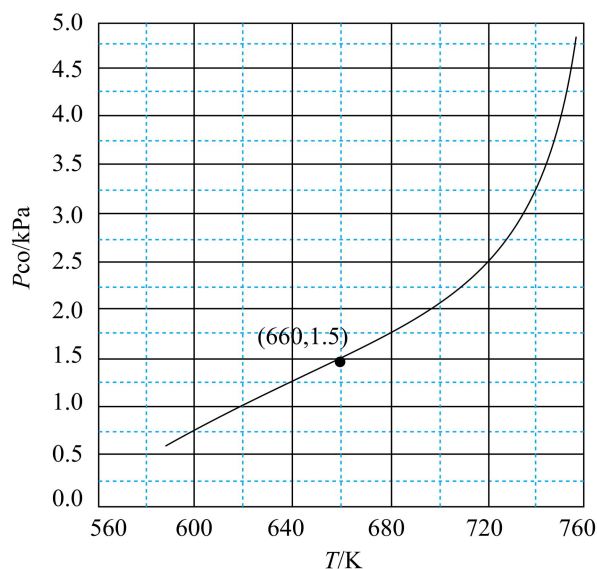
(5) 第一步是氧缺位体与水反应生成氢气和完全氧化的 CuFe_2O_4 ，第二步是 CuFe_2O_4 在高温下分解生成氧缺位体和氧气，方程式为： $\text{CuFe}_2\text{O}_{4-\delta} + \delta\text{H}_2\text{O} = \text{CuFe}_2\text{O}_4 + \delta\text{H}_2 \uparrow$ 。

19. 草酸亚铁(FeC_2O_4)可用于制药。在一定温度下，将 FeC_2O_4 置入真空容器中发生如下反应：



已知760K以下只发生反应I，平衡时 $p_{\text{CO}} \sim T$ 的关系如图所示。760K以上反应I和反应II同时进行。

回答下列问题：



(1) 660K时，将 FeC_2O_4 置入一真空刚性容器中至反应到达平衡，此时反应I的平衡常数

$K_p(\text{I}) = \underline{\hspace{2cm}} (\text{kPa})^2$ ；有关该混合体系说法正确的是 (填序号)。

a. 反应I的正、逆反应的活化能($E_{\text{a正}}$ 、 $E_{\text{a逆}}$)， $E_{\text{a正}} < E_{\text{a逆}}$

b. FeO 的质量不变时，体系达到平衡状态

c. 平衡后充入惰性气体氩, p_{CO} 减小

d. 平衡时, 分离出部分 CO_2 , 再次平衡时, $p_{\text{CO}} \neq p_{\text{CO}_2}$

(2) 反应 $\text{Fe(s)} + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeC}_2\text{O}_4(\text{s})$ 能自发进行, $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}$ 的数值范围是填序号_____ (填序号)。

A. < -1

B. $-1 \sim 0$

C. $0 \sim 1$

D. > 1

(3) 800K 时, 将 FeC_2O_4 置入另一真空刚性容器中至反应到达平衡, 此时容器中 $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{2}{3}$,

则 $\frac{n(\text{FeO})}{n(\text{Fe})} = \underline{\hspace{2cm}}$; 保持温度不变, 充入少量 CO_2 气体, 再次平衡时容器中 p_{CO} _____ (填

“增大”“减小”或“不变”); 升高温度, p_{CO_2} _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

【答案】(1) 2.25 bd

(2) A

(3) 4:1 不变 增大

【详解】(1) 已知 760K 以下只发生反应 I, 由方程式可知生成等量的 CO 和 CO_2 , 所以 $p_{\text{CO}} = p_{\text{CO}_2}$, 由图像可知, 660K 时 $p_{\text{CO}} = 1.5\text{kPa}$, 所以

$$K_p(\text{I}) = p_{\text{CO}} \times p_{\text{CO}_2} = 1.5\text{kPa} \times 1.5\text{kPa} = 2.25(\text{kPa})^2;$$

a. 由图像可知, 升高温度, p_{CO} 增大, 平衡正向逆向, 反应吸热, 则反应 I 的正、逆反应的活化能, $E_{\text{a正}} > E_{\text{a逆}}$, a 错误

b. FeC_2O_4 分解生成 FeO, FeO 的质量不变时, 体系达到平衡状态, b 正确;

c. 平衡后充入惰性气体氩, 平衡不移动, p_{CO} 不变, c 错误;

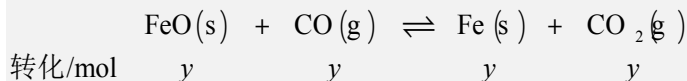
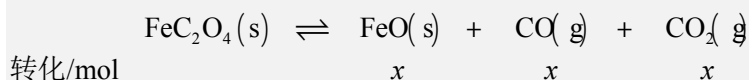
d. 平衡时, 分离出部分 CO_2 , 平衡正向移动, 生成等量的 CO 和 CO_2 , 则再次平衡时,

$p_{\text{CO}} \neq p_{\text{CO}_2}$, d 正确;

故选为: bd;

(2) 反应 $\text{Fe(s)} + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeC}_2\text{O}_4(\text{s})$ 为熵减反应, 则 $\Delta S < 0$, 能自发进行, 说明该反应 $\Delta H < 0$, 由盖斯定律可知 $\Delta H = -\Delta H_1 - \Delta H_2 < 0$, $\Delta H_2 > 0$, 则 $\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} < -1$, 故选 A;

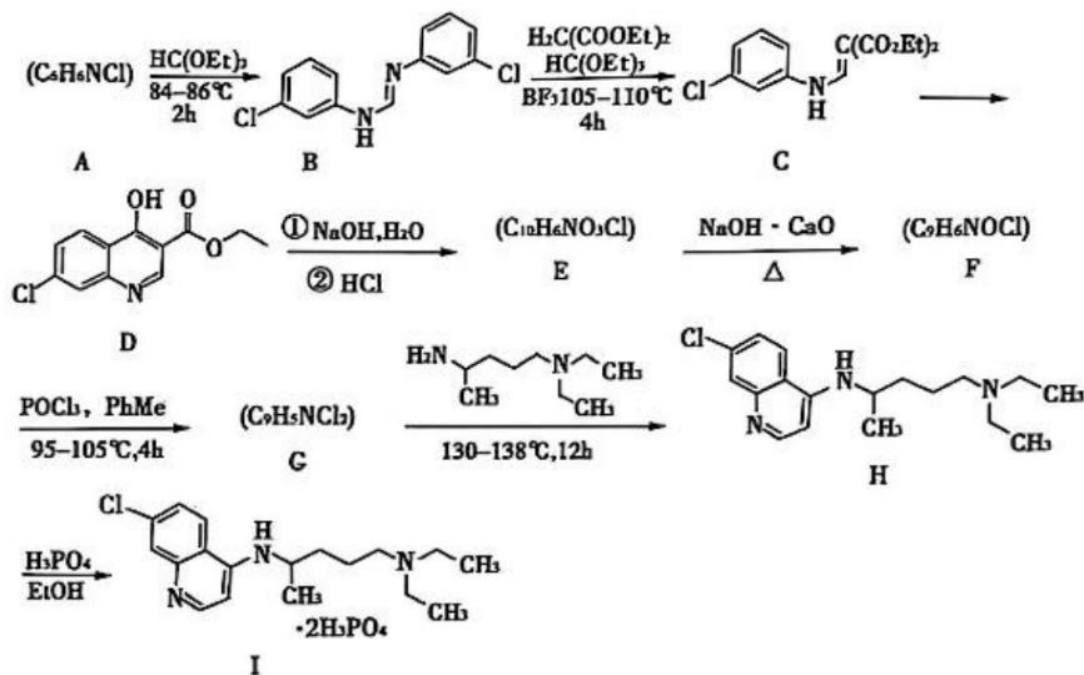
(3) 设反应 I 生成 CO_2 x mol, 反应 II 生成 CO_2 y mol, 可列三段式:



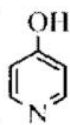
则 $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{x-y}{x+y} = \frac{2}{3}$, 则 $\frac{x}{y} = \frac{5}{1}$, $\frac{n(\text{FeO})}{n(\text{Fe})} = \frac{x-y}{y} = \frac{4}{1}$; 保持温度不变, 充入少量 CO_2 气体,

反应 I、II 的平衡常数不变, 则 p_{CO} 不变; 升高温度, 反应 $\text{Fe}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeC}_2\text{O}_4(\text{s})$ 向吸热方向移动, 即逆向移动, 所以 p_{CO_2} 增大, 故答案为: 4:1; 不变; 增大。

20. 一种抗病毒药物的合成路线如下:

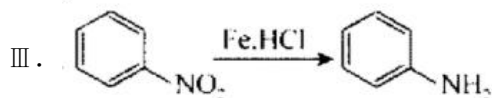


已知: I. $-\text{Cl}$ 和 $-\text{NH}_2$ 为邻对位定位基;



和苯酚的化学性质相似; Et-为乙基。

II. ① $\text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH, CaO}} \text{CH}_4$ ② $\text{ROH} \xrightarrow[95-105^\circ\text{C, 4h}]{\text{POCl}_3, \text{PhMe}} \text{RCl}$



回答下列问题:

(1) C 中含氧官能团的名称为_____; A 中最多有_____个原子共面; $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 反应另一产物

的名称为_____。

(2)已知苯 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow A, 第一步反应所需无机试剂为_____, Y \rightarrow A 的反应类型为_____。

(3)D \rightarrow E 中反应①的方程式为_____。

(4)F 的结构简式为_____。

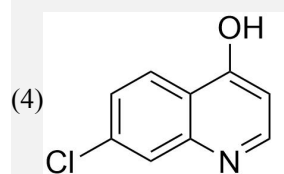
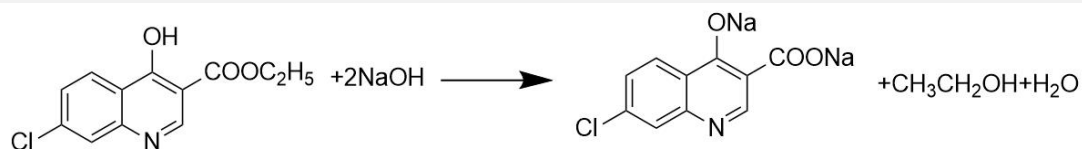
(5)符合下列条件的 F 的同分异构体有_____种。

①遇 FeCl_3 溶液显色②在酸性条件下水解生成羧酸且羧基直接与苯环相连③苯环有三个取代基。

【答案】(1) 酯基 13 间氯苯胺或 3-氯苯胺

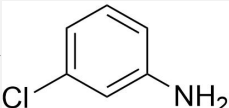
(2) 浓硝酸、浓硫酸 还原反应

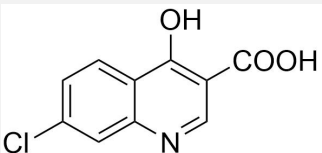
(3)

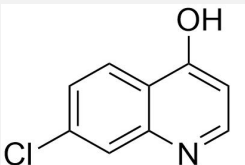


(5)20

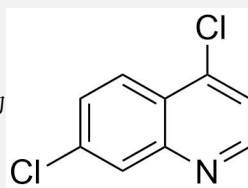
【分析】A 的分子式为 $\text{C}_6\text{H}_6\text{NCl}$, 结合 B 的结构简式可知, A 的两个取代基分别为 $-\text{Cl}$ 、 $-\text{NH}_2$,

且处于间位, 则 A 的结构简式为 , D 在氢氧化钠溶液中发生酯基的水解

反应, 再酸化得到 E 为 , E 在 $\text{NaOH}\cdot\text{CaO}$ 加热条件下生成 F, 结

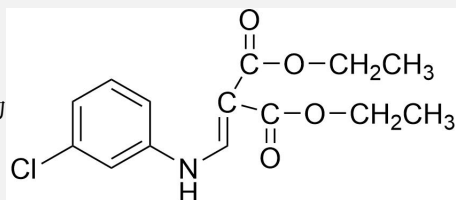
合已知信息 II, 则 F 的结构简式为: , 结合已知信息 II 可知, F 当中羟

基被氯原子取代生成 G，则 G 的结构简式为



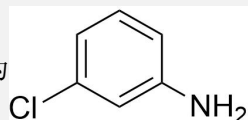
，据此解答。

【详解】(1) C 的结构简式为



，含氧官能团的名称为

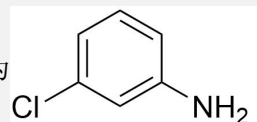
酯基；A 的结构简式为



，与苯环相连的原子共面，氨基上的一个氢原子

可以和苯环共面，故最多可以有 13 个原子共面，结合 B、C 的结构简式，以及反应条件，

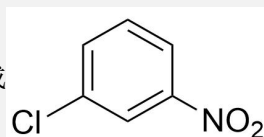
可以推断另一种产物为



，名称为，间氯苯胺或 3-氯苯胺；

(2) 已知 -Cl 和 -NH₂ 为邻对位定位基，则若想引入苯环间位取代基，则首先苯环在浓硫酸作催化剂作用下和浓硝酸发生硝化反应，生成硝基苯(硝基是间位取代基)，则 X 为硝基苯，

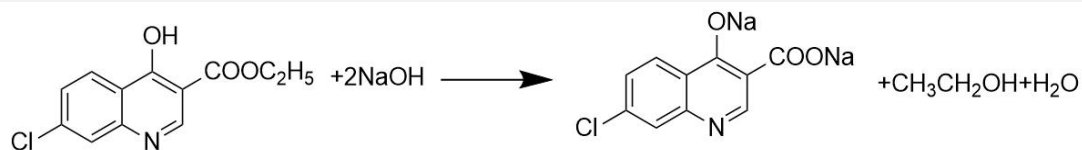
硝基苯在 FeCl₃ 作用下发生取代反应生成



，再发生已知信息Ⅲ的还原

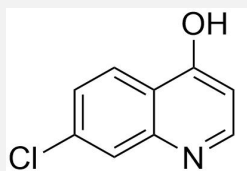
反应生成 A，故第一步反应所需无机试剂为浓硝酸、浓硫酸，Y → A 的反应类型为还原反应；

(3) D → E 中反应①是酯基在碱性环境下的水解反应，方程式为



；

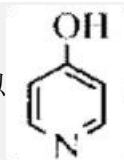
(4) 由分析可知，F 的结构简式为：



；

(5) F 的分子式为 C₉H₆NOCl，不饱和度为 7；

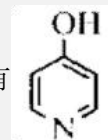
①遇 FeCl_3 溶液显色，则含有酚羟基或含有类似



结构中的羟基；

②在酸性条件下水解生成羧酸且羧基直接与苯环相连，则应含有苯甲酸形成的酯基，但 F 中含有唯一一个氧原子，已经被酚羟基占用，所以此处不可能含有酯基，则可以联想到此类

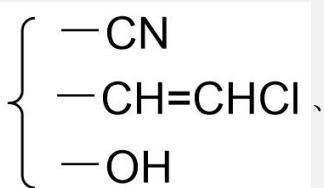
反应： $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N} \xrightarrow[\text{H}^+]{\text{H}_2\text{O}} \text{R}-\text{COOH}$ ，则苯环上含有 $-\text{CN}$ ，则其环的结构不可能含有



的

结构；

③苯环有三个取代基，结合上述分析，苯环的三个取代基分别为



$\left\{ \begin{array}{l} -\text{CN} \\ -\text{CCl}=\text{CH}_2 \\ -\text{OH} \end{array} \right.$ ，苯环上三个不同的取代基共有 10 种情况，所以一共有 20 种同分

异构体。