

2023 届高三二轮复习联考(三) 山东卷

化学试题

注意事项:

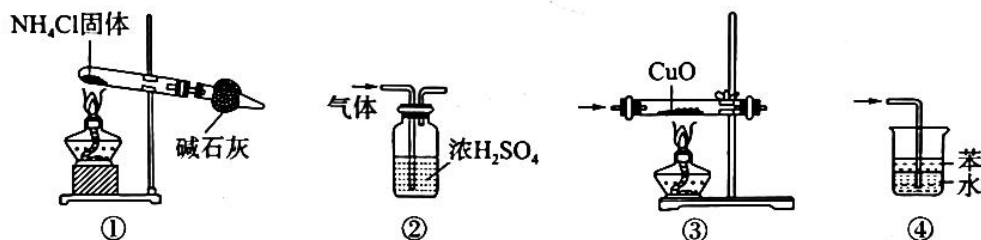
1. 答卷前,考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑,如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案标号。回答非选择题时,将答案写在答题卡上,写在本试卷上无效。
3. 考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。

考试时间为 90 分钟,满分 100 分

可能用到的相对原子质量: H-1 B-11 C-12 N-14 O-16 Na-23 Mg-24 S-32  
Cl-35.5 Ti-48 Co-59 Cu-64

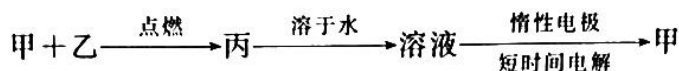
一、选择题:本题共 10 小题,每小题 2 分,共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 化学推动着社会的进步和科技的发展。下列说法正确的是
  - A. 我国提出网络强国战略,光缆线路总长超过三千万公里,光缆的主要成分是晶体硅
  - B. 燃煤脱硫可有效地减少空气污染,且有利于实现“碳达峰、碳中和”
  - C. “天和”核心舱中使用的氮化硼陶瓷基复合材料属于有机高分子材料
  - D. 以  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  为原料人工合成淀粉的过程中发生了氧化还原反应
2. 下列装置适用于实验室制取氨气并验证其化学性质,其中能达到实验目的的是

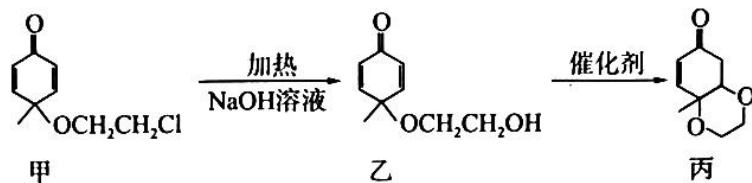


- A. ①是氨气发生装置
  - B. ②是氨气干燥装置
  - C. ③可验证氨气的还原性
  - D. ④是氨气的吸收装置
3. 下列物质的性质与用途的对应关系正确的是
    - A.  $\text{SO}_2$  具有漂白性,可用作葡萄酒的添加剂
    - B. 浓硝酸具有强氧化性,常温下可清洗附着在试管内壁的银镜
    - C. 石墨晶体内含大  $\pi$  键,可用作润滑剂
    - D. 非金属性  $\text{C} > \text{Si}$ ,工业上用焦炭与  $\text{SiO}_2$  反应制备粗 Si
  4. 已知 X、Y、Z、M、Q 是原子序数依次增大的短周期元素。X 的 2s 轨道全充满, Y 的 s 能级电子数量是 p 能级的两倍, M 原子核外有 8 种运动状态不同的电子, Q 是短周期中除稀有气体元素外原子半径最大的元素。下列说法不正确的是
    - A. 第一电离能:  $\text{Z} > \text{M}$
    - B. Q 与 M 形成的化合物中可能含有非极性共价键
    - C. 最高正价:  $\text{X} < \text{Z} < \text{M}$
    - D. 最高价氧化物对应水化物的酸性:  $\text{Y} < \text{Z}$

5. 已知甲、乙都为单质,丙为化合物,能实现下述转化关系。下列说法正确的是

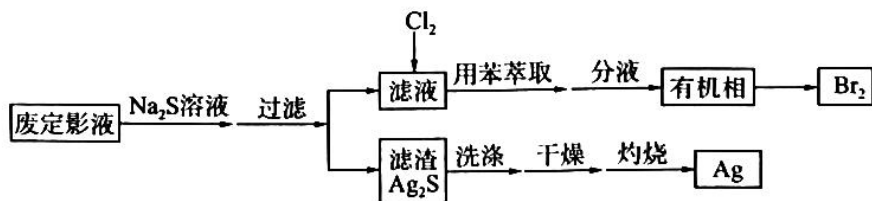


- A. 若丙溶于水后得到强碱溶液,则甲可能是  $\text{O}_2$   
 B. 若溶液丙遇  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  放出气体  $\text{CO}_2$ ,则甲不可能是  $\text{H}_2$   
 C. 若溶液丙中滴加  $\text{NaOH}$  溶液有蓝色沉淀生成,则甲一定为  $\text{Cu}$   
 D. 若溶液丙中滴加  $\text{NaOH}$  溶液有白色沉淀生成后沉淀溶解,则甲可能为  $\text{Al}$
6. 天然产物丙具有抗疟活性。实验中可合成丙,其部分路线如下。



下列说法错误的是

- A. 乙与丙互为同分异构体  
 B. 甲生成乙的反应类型为取代反应  
 C. 甲、乙、丙三个分子中手性碳原子数相同  
 D. 1 mol 乙与  $\text{H}_2$  加成最多消耗 3 mol  $\text{H}_2$
7. 石灰氮( $\text{CaCN}_2$ , 其中 C、N 原子间成键方式相同)是一种氮肥,可与土壤中的  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成氰胺( $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N}$ ),氰胺可进一步转化为尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 。下列说法正确的是
- A.  $\text{CaCN}_2$  的电子式为  $\text{Ca}^{2+} [:\ddot{\text{N}}::\text{C}::\ddot{\text{N}}:]^{2-}$   
 B.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间构型与  $\text{SO}_2$  的空间构型相同且两者键角相等  
 C. 氰胺分子中氮原子的杂化方式为  $\text{sp}^2$  和  $\text{sp}$  两种  
 D.  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  分子中各元素的电负性大小关系为  $\text{O} > \text{N} > \text{H} > \text{C}$
8. 实验室从废定影液[含  $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^-$  和  $\text{Br}^-$  等]中回收  $\text{Ag}$  和  $\text{Br}_2$  的主要步骤如下。



下列说法正确的是

- A. 为加快过滤速度,可以用玻璃棒轻轻搅拌漏斗中的液体  
 B. 分液时先从下口放出有机相,再从上口倒出水相  
 C. 从有机相提取  $\text{Br}_2$  的操作中需要的玻璃仪器有酒精灯、蒸馏烧瓶、球形冷凝管等  
 D. 由  $\text{Ag}_2\text{S}$  制备金属银时,需将  $\text{Ag}_2\text{S}$  置于坩埚中隔绝空气高温焙烧

9. 微生物脱盐电池既可以处理废水中的  $\text{CH}_3\text{COOH}$  和  $\text{NH}_4^+$ , 又可以实现海水淡化, 原理如图所示。下列说法错误的是

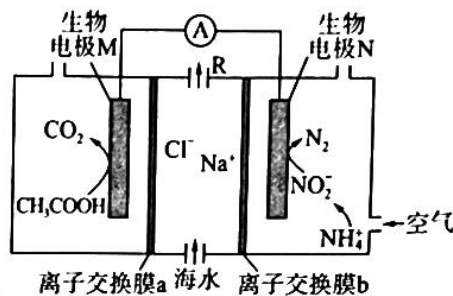
A. 离子交换膜 a 为阴离子交换膜

B. 出口 R 处为淡水

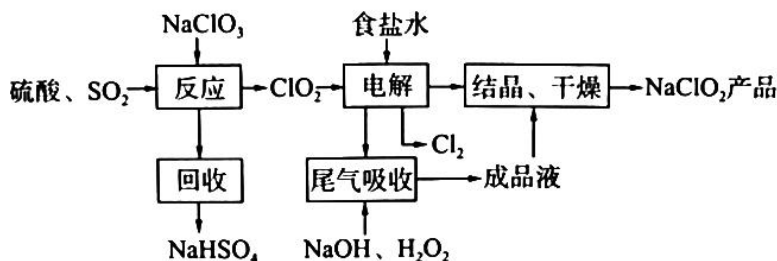
C. 生物电极 M 的电极反应式为



D. 每生成 2.24 L  $\text{N}_2$  (标准状况), 电路中转移 0.6 mol 电子



10.  $\text{NaClO}_2$  是一种重要的杀菌消毒剂,  $\text{NaClO}_2$  的一种生产工艺流程如下所示。已知: “有效氯含量”是指每克含氯消毒剂的氧化能力相当于多少克  $\text{Cl}_2$  的氧化能力。



下列说法错误的是

A. 在该生产过程中, 有三处涉及到氧化还原反应

B. 在电解过程中,  $\text{NaClO}_2$  是还原产物

C. “尾气吸收”反应中, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 2

D.  $\text{NaClO}_2$  的“有效氯含量”约为 1.57 g

二、选择题: 本题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题目要求, 全部选对得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 有选错的得 0 分。

11. 利用下列实验药品, 能达到相应实验目的的是

选项	实验目的	实验药品
A	与铜离子结合能力: $\text{NH}_3 > \text{OH}^-$	$\text{CuSO}_4$ 溶液, $\text{NaOH}$ 溶液, 氨水
B	蔗糖是否发生水解	蔗糖, 稀硫酸, 新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液
C	检验溴乙烷消去的产物	溴乙烷, $\text{NaOH}$ , 乙醇, 溴水
D	用标准浓度的盐酸测定未知浓度的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸, 酚酞

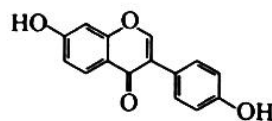
12. 大豆素结构简式如图所示, 大豆素中的大豆异黄酮及其衍生物具有优良的生理活性而备受关注。下列关于大豆素的说法, 错误的是

A. 该分子中所有原子一定共平面

B. 苯环上的氢发生氯代时, 一氯代物有 5 种

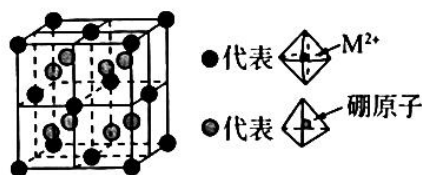
C. 该物质不能使酸性高锰酸钾溶液褪色

D.  $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液均可与该物质发生反应



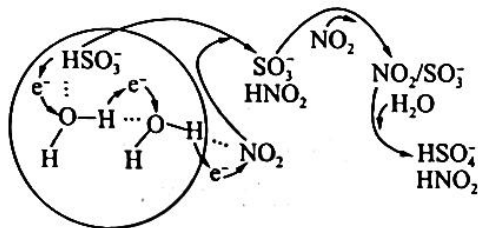


13. 某新型储氢材料的晶胞如图。八面体中心为  $M^{2+}$ ，顶点均为  $NH_3$  配体；四面体中心为硼原子，顶点均为氢原子。该晶体属于立方晶系，晶胞边长为  $a$  nm 其摩尔质量为  $188 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

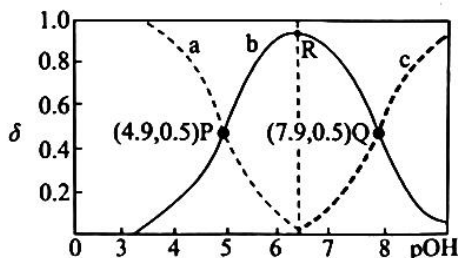


下列说法错误的是

- A. 该晶体的化学式为  $M(NH_3)_6(BH_4)_2$   
 B. 金属离子  $M^{2+}$  的价层电子对数为 6  
 C. 在晶胞体对角线的一维空间上会出现  $\bullet-\ominus-\bullet-\ominus-\bullet-\ominus$  的排布规律  
 D. 金属  $M^{2+}$  与 B 原子的最短距离为  $\frac{\sqrt{3}}{4}a$  nm
14. 一种利用水催化促进  $NO_2$  和  $SO_2$  转化的化学新机理如图所示。电子传递可以促进  $HSO_3^-$  中 O—H 键的解离，进而形成中间体  $SO_3^-$ ， $SO_3^-$  或  $HSO_3^-$  通过“水分子桥”将电子快速转移给周围的气相  $NO_2$  分子。下列叙述错误的是



- A. 观察图可知，“水分子桥”与氢键形成有关  
 B. 转化过程中存在 O—H 键的解离和硫氧键的生成  
 C. 在整个转化过程中，水仅作催化剂， $SO_3^-$  为中间产物  
 D.  $HSO_3^-$  与  $NO_2$  间发生的总反应的离子方程式为  $HSO_3^- + 2NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_2 + HSO_3^-$
15. 乙二胺 ( $H_2NCH_2CH_2NH_2$ ) 是二元弱碱，在溶液中分步电离。25  $^{\circ}C$  时，向一定浓度的乙二胺溶液中滴加稀盐酸，溶液中各含氮微粒的分布分数  $\delta$  (平衡时某含氮微粒的浓度占各含氮微粒浓度之和的分数) 随溶液  $pOH$  [ $pOH = -\lg c(OH^-)$ ] 的变化如图所示。下列说法错误的是



- A. 曲线 c 表示  $H_2NCH_2CH_2NH_2$  微粒的分布分数  $\delta$  随溶液  $pOH$  的变化关系  
 B. 常温下，R 点溶液中  $c(H^+) = 10^{-7.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 C. Q 点溶液中的离子浓度关系： $c(Cl^-) < 3c[(H_3NCH_2CH_2NH_3)^{2+}]$   
 D.  $c^2(H_2NCH_2CH_2NH_3^+) > c[(H_3NCH_2CH_2NH_3)^{2+}] \cdot c(H_2NCH_2CH_2NH_2)$

三、非选择题:本题共 5 小题,共 60 分。

16.(12 分)铜及其化合物在生产、生活和科研中应用广泛。请回答下列问题:

(1)下列状态的 Cu 微粒中,电离最外层一个电子所需能量最大的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

A.  $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}4\text{s}^1$       B.  $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}$       C.  $[\text{Ar}]3\text{d}^94\text{s}^14\text{p}^1$       D.  $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}4\text{p}^1$

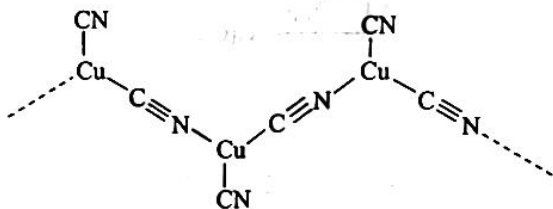
(2)在  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  溶液中加入氨水至过量,生成  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。

①  $\text{NO}_3^-$  中 N 原子的杂化类型是\_\_\_\_\_,  $\text{NH}_3$  分子的立体构型是\_\_\_\_\_。

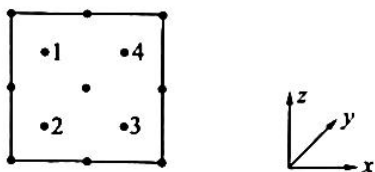
②  $\text{NH}_3$  能与  $\text{Cu}^{2+}$  形成  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , 而  $\text{NF}_3$  不能, 其原因是\_\_\_\_\_,  $\text{NH}_3$  的键角比  $\text{NF}_3$  的键角\_\_\_\_\_ (填“大”或“小”)。

③配位原子提供孤电子对的能力是影响配体与  $\text{Cu}^{2+}$  之间配位键强度的一个重要因素。若用某结构相似的含 O 配体与  $\text{Cu}^{2+}$  配位, 所得配合物的稳定性比含 N 配体的低, 可能的原因是\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{Cu}^+$  与  $\text{CN}^-$  形成长链结构的阴离子如图所示, 该阴离子中  $\sigma$  键与  $\pi$  键的数目之比为\_\_\_\_\_。

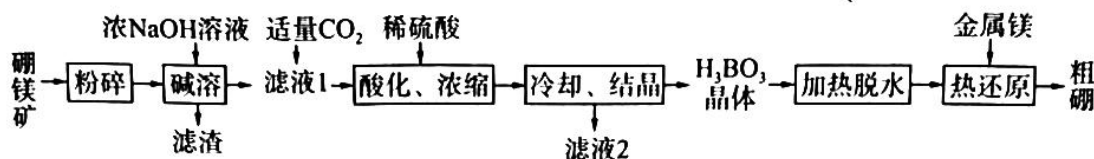


(4)氯化亚铜常用作催化剂、杀菌剂,其晶胞结构可看作金刚石晶胞内部的碳原子被 Cl 原子代替,顶点和面心的碳原子均被 Cu 原子代替。以晶胞参数为单位长度建立的坐标系,可以表示晶胞中各原子的位置,称作原子分数坐标。下图为沿 y 轴投影的氯化亚铜晶胞中所有原子的分布图。若原子 1 的原子分数坐标为  $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4})$ , 则原子 3 的原子分数坐标为\_\_\_\_\_, 若晶胞中原子 1 和原子 2 之间的距离为  $d$  nm, 则该晶胞的密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。(设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值)



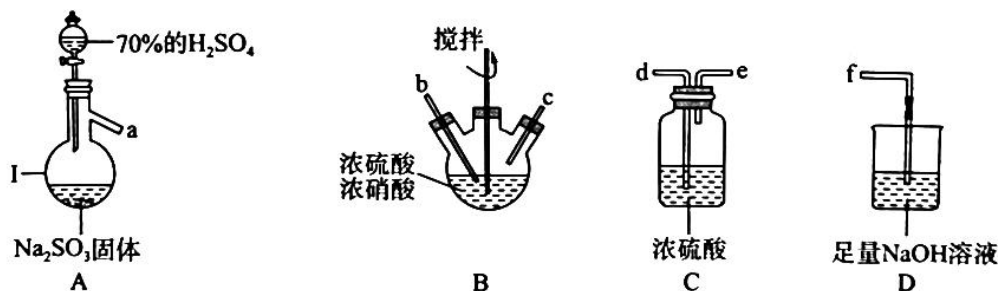
二轮复习联考(三) 山东卷 化学试题 第 5 页(共 8 页)

17.(12分)单质硼是高效的中子吸收剂,一种利用硼镁矿( $Mg_2B_2O_3 \cdot H_2O$ )制备粗硼的工艺流程如图所示。



- (1)  $Mg_2B_2O_3 \cdot H_2O$  中硼元素的化合价为\_\_\_\_\_。
- (2) 碱溶后所得滤液 1 的主要成分为  $NaBO_2$ , 则滤渣为\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (3) 向滤液 1 中通入适量  $CO_2$  后得到硼砂( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ), 将硼砂溶于热水后, 用硫酸调节溶液的 pH 值为 2~3 以制备  $H_3BO_3$ , 该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_, 已知  $H_3BO_3$  是一元弱酸, 但自身不能电离出氢离子, 其电离方程式为\_\_\_\_\_。
- (4) 滤液 2 的主要成分是\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (5) 加热硼酸脱水得到氧化物, 热还原得到粗硼的化学方程式为\_\_\_\_\_, 上述滤渣经过一系列转化可得金属镁, 若硼镁矿中硼、镁元素充分利用, 理论上制得 1.1 吨硼时, 需要额外提供金属镁的质量为\_\_\_\_\_ kg。

18.(12分)亚硝酰硫酸( $NOSO_4H$ )在重氮化反应中可以代替亚硝酸钠。实验室用如图所示装置(部分夹持仪器略)制备少量亚硝酰硫酸, 并测定产品纯度。



- 已知: i. 亚硝酰硫酸遇水分解为硫酸、硝酸和  $NO$ , 溶于浓硫酸而不分解;  
ii. 实验室制备亚硝酰硫酸的原理为  $SO_2 + HNO_3 = SO_3 + HNO_2$ ,  $SO_3 + HNO_2 = NOSO_4H$ 。
- (1) 仪器 I 的名称为\_\_\_\_\_, 按照气流从左到右的顺序, 上述仪器的连接顺序为\_\_\_\_\_ (填仪器接口的字母, 字母之间用“→”连接, 部分仪器可以重复使用), C 装置的作用为\_\_\_\_\_。
- (2) 反应需控制温度在  $25 \sim 40^\circ C$ , 采用的加热措施为\_\_\_\_\_, 开始时反应缓慢, 但某时刻反应速率明显加快, 其原因可能是\_\_\_\_\_。



(3)测定亚硝酰硫酸的纯度：

步骤①：准确称取 25.4 g 产品，在特定条件下配制成 250 mL 溶液。

步骤②：取 25.00 mL 溶液于锥形瓶中，加入 60.00 mL 未知浓度  $\text{KMnO}_4$  溶液（过量）和 10.00 mL 25% 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液，摇匀，发生反应  $2\text{KMnO}_4 + 5\text{NOSO}_4\text{H} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

步骤③：向该溶液中滴加  $0.2500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  标准溶液进行滴定，消耗  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液的体积为 20.00 mL。

步骤④：把亚硝酰硫酸溶液换为蒸馏水（空白实验），重复上述步骤，消耗  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液的体积为 60.00 mL。

滴定终点时的现象为 \_\_\_\_\_，亚硝酰硫酸的纯度为 \_\_\_\_\_（精确到 0.1%）。

19. (12 分)  $\text{CO}_2$  的回收与利用有利于推进“碳达峰”和“碳中和”。反应 I 可用于处理二氧化碳，同时伴有副反应 II、III 的发生。



回答下列问题：

(1) 反应 I 的 Arrhenius 经验公式实验数据如图 1 中曲线 a 所示，已知 Arrhenius 经验公式

$$\text{Rln } k = -\frac{E_a}{T} + C \quad (E_a \text{ 为活化能, } k \text{ 为速率常数, R 和 C 均为常数)。则反应 I 的活化能}$$

$E_a =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当改变外界条件时，实验数据如图中曲线 b 所示，则实验可能改变的外界条件是 \_\_\_\_\_。

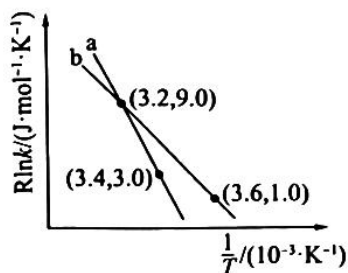


图 1

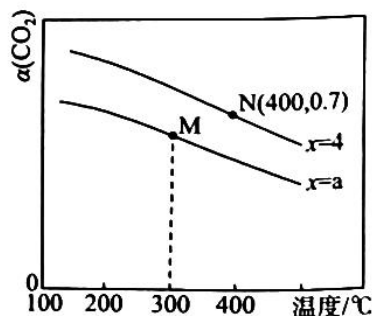


图 2

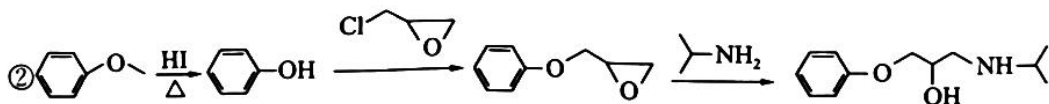
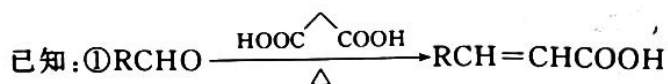
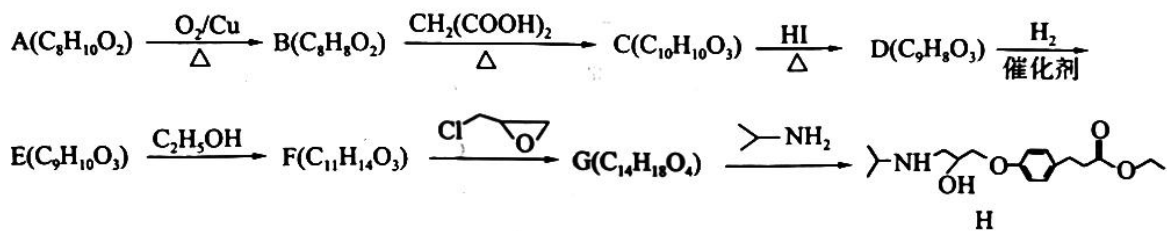
(2) 在恒容密闭容器中, 起始压强相同, 反应温度、投料比  $[\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)} = x]$  对  $\text{CO}_2$  平衡转化率  $[\alpha(\text{CO}_2)]$  的影响如图 2 所示。则  $a$  \_\_\_\_\_ 4 (填“>”或“<”, 下同); M、N 两点反应 I 的化学平衡常数  $K_M$  \_\_\_\_\_  $K_N$ 。

(3) 在刚性容器中, 充入 1 mol  $\text{CO}_2$  和 4 mol  $\text{H}_2$ , 400 °C 时, 体系初始压强为 200 kPa, 10 min 达到平衡时生成 1.2 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 此时测得体系压强为 160 kPa, 则 10 min 内  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  分压的平均变化率为 \_\_\_\_\_  $\text{kPa} \cdot \text{min}^{-1}$ , 平衡时  $\text{CO}$  的物质的量  $n(\text{CO}) =$  \_\_\_\_\_ mol, 反应 II 的标准平衡常数  $K^\ominus =$  \_\_\_\_\_。(已知: 分压 = 总压  $\times$  该组分物质的量分数, 对于

$$\text{反应 } d\text{D}(\text{g}) + e\text{E}(\text{g}) \rightleftharpoons g\text{G}(\text{g}) + h\text{H}(\text{g}) \text{ 的 } K^\ominus = \frac{\left(\frac{p_G}{p^\ominus}\right)^g \cdot \left(\frac{p_H}{p^\ominus}\right)^h}{\left(\frac{p_D}{p^\ominus}\right)^d \cdot \left(\frac{p_E}{p^\ominus}\right)^e}, \text{ 其中, } p^\ominus = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa,}$$

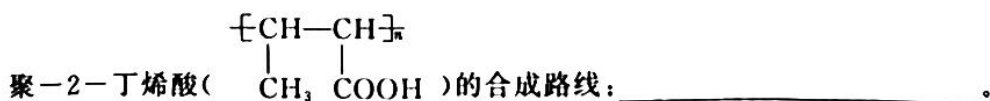
$p_G, p_H, p_D, p_E$  为各组分的平衡分压)

20. (12 分) 化合物 H 是一种医药中间体, H 的一种合成路线如下。



回答下列问题:

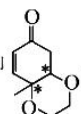
- (1) A  $\rightarrow$  B 的化学方程式为 \_\_\_\_\_, 检验 C 中是否含有 D 的试剂为 \_\_\_\_\_。
- (2) E 的结构简式为 \_\_\_\_\_, F  $\rightarrow$  G 的反应类型为 \_\_\_\_\_。
- (3) H 中含氧官能团的名称为 \_\_\_\_\_。
- (4) B 的同分异构体中含有苯环且可以发生水解反应的有 \_\_\_\_\_ 种, 其中核磁共振氢谱的峰面积之比为 3 : 2 : 2 : 1 的结构简式为 \_\_\_\_\_ (任写一种)。
- (5) 综合上述信息, 写出以  $\text{OHCCH}_2\text{CHO}$  和  $\text{CH}_3\text{CHO}$  为原料 (无机试剂任选) 制备





2023 届高三二轮复习联考(三) 山东卷

化学参考答案及评分意见

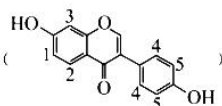
- 1.D 【解析】光缆的主要成分是二氧化硅,A 错误;燃煤脱硫主要是控制二氧化硫的排放,防止酸雨形成,“碳达峰、碳中和”是控制二氧化碳的排放,B 错误;氮化硼陶瓷复合材料属于无机非金属材料,不是高分子材料,C 错误;以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  为原料人工合成淀粉  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , 碳元素价态降低,氢元素价态升高,所以该过程中一定发生氧化还原反应,D 正确。
- 2.C 【解析】加热氯化铵分解后,在试管口又化合生成氯化铵,不能制取氨气,A 错误;氨气与浓硫酸反应,不能干燥氨气,B 错误;氨气与黑色  $\text{CuO}$  反应生成紫红色  $\text{Cu}$ 、氨气和水,图中装置可验证氨气的还原性,C 正确;氨气极易溶于水,苯的密度比水小,尾气通入水中,无法防倒吸,D 错误。
- 3.B 【解析】二氧化硫用作葡萄酒的食品添加剂,利用的是其较强的还原性,A 错误;浓硝酸具有强氧化性,可以与金属银反应,所以可以清洗附着在试管内壁的银镜,B 正确;石墨是混合型晶体,层与层之间以分子间作用力结合,分子间作用力较弱,所以可用作润滑剂,与其含有大  $\pi$  键无关,C 错误; $\text{SiO}_2$  与焦炭在高温条件下反应生成  $\text{Si}$  和  $\text{CO}$ ,为非自发进行的氧化还原反应,与 C、Si 的非金属性强弱无关,D 错误。
- 4.C 【解析】Y 的 s 能级电子数是 p 能级的两倍,则电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^2$ ,Y 为 C;X 的 2s 轨道全充满,则 X 可能为 Be 及其之后的元素,其原子序数小于 Y,则 X 可能为 Be 或 B;M 原子核外有 8 种运动状态不同的电子,说明 M 核外有 8 个电子,则 M 为 O;X、Y、Z、M、Q 是原子序数依次增大的短周期元素,则 Z 为 N;Q 是短周期中除稀有气体元素外原子半径最大的元素,则为 Na。N 的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^3$  且 p 轨道达半充满结构,比 O 更稳定,第一电离能  $\text{N} > \text{O}$ ,A 正确;Na 与 O 可以形成  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,含有氧氧非极性共价键,B 正确;O 无最高正价,C 错误;最高价氧化物对应水化物的酸性:  $\text{H}_2\text{CO}_3 < \text{HNO}_3$ ,D 正确。
- 5.A 【解析】若甲是  $\text{O}_2$ ,乙为金属钠,二者化合得  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,溶于水后得到强碱溶液( $\text{NaOH}$  溶液),电解时可生成  $\text{O}_2$ ,A 正确;若丙的溶液遇  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,产生  $\text{CO}_2$  气体,丙可以为  $\text{HCl}$ ,电解盐酸生成氢气与氯气,氢气在氯气中燃烧生成  $\text{HCl}$ ,符合转化关系,即甲可能为  $\text{H}_2$ ,B 错误;若溶液丙中滴加  $\text{NaOH}$  溶液有蓝色沉淀生成,则说明丙为铜盐,甲、乙应为氯气和铜,则甲可能为氯气,也可能为  $\text{Cu}$ ,C 错误;若溶液丙中滴加  $\text{NaOH}$  溶液有白色沉淀生成后沉淀溶解,证明丙中含有  $\text{Al}^{3+}$ ,氢离子放电能力强于  $\text{Al}^{3+}$ ,电解丙溶液得不到  $\text{Al}$ ,甲不可能为  $\text{Al}$ ,D 错误。
- 6.C 【解析】乙、丙的分子式相同,结构不同,二者互为同分异构体,A 正确;甲生成乙是羟基取代氯原子,为取代反应,B 正确;甲、乙中没有手性碳,丙中有 2 个手性碳,即 ,三者手性碳原子的个数不同,C 错误;乙分子中含碳碳双键、酮羰基,均可与  $\text{H}_2$  发生加成反应,1 mol 乙与  $\text{H}_2$  加成最多消耗 3 mol  $\text{H}_2$ ,D 正确。
- 7.A 【解析】 $\text{CaCN}_2$  是离子化合物,由  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CN}_2^{2-}$  构成, $\text{CN}_2^{2-}$  中 C、N 原子间共用 2 对电子,原子外周达到稳定结构,其电子式为  $\text{Ca}^{2+} \left[ \text{N} \equiv \text{C} \equiv \text{N} \right]^{2-}$ ,A 正确; $\text{H}_2\text{O}$  中 O 为  $\text{sp}^3$  杂化, $\text{SO}_2$  中 S 为  $\text{sp}^2$  杂化,两分子均为角形,但键角:  $\text{H}_2\text{O} < \text{SO}_2$ ,B 错误;氨胺分子( $\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{N}$ )中氨基氮原子杂化方式为  $\text{sp}^3$ , $\text{C}=\text{N}$  中氮原子杂化方式为  $\text{sp}$ ,C 错误; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  分子中各元素的电负性大小关系应为  $\text{O} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$ ,D 错误。
- 8.D 【解析】过滤时搅拌易捣破滤纸,应使水自然流下,操作不合理,A 错误;分液时,先使下层液体从下口流出,再将上层液体从上口倒出,用苯萃取,苯的密度小于水,故有机相在上层,水相在下层,故应先从下口放出水相,再从上口倒出有机相,B 错误;从有机相蒸馏分离出溴,应选蒸馏烧瓶、直形冷凝管等仪器,球形冷凝管易残留馏分,C 错误;隔绝空气在坩埚中灼烧, $\text{Ag}_2\text{S}$  会分解生成金属  $\text{Ag}$  和单质硫,高温条件下单质硫变成气体分离,D 正确。

9.C 【解析】该装置为原电池,有机废水中的  $\text{CH}_3\text{COOH}$  发生失电子的氧化反应而生成  $\text{CO}_2$ ,则电极 M 为负极,电极 N 上是  $\text{NO}_3^-$  得电子而生成  $\text{N}_2$ ,为正极,原电池工作时,阴离子移向负极、阳离子移向正极,即海水中的  $\text{Na}^+$  通过阳离子交换膜移向 N 极、 $\text{Cl}^-$  通过阴离子交换膜移向 M 极,可实现海水淡化,出口 R 为淡水,则 a 离子交换膜为阴离子交换膜,b 离子交换膜为阳离子交换膜,A、B 均正确;电极 M 为负极,酸性环境,电极反应式为  $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = 2\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}^+$ ,C 错误;电极 N 为正极, $\text{NO}_3^-$  得电子生成  $\text{N}_2$ ,正极反应式为  $2\text{NO}_3^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- = \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ,当生成 2.24 L  $\text{N}_2$ (标准状况)时,电路中转移电子 0.6 mol,D 正确。

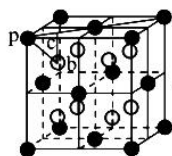
10.C 【解析】由制备流程可知,“反应”“电解”“尾气吸收”过程均发生 Cl 的化合价变化,发生了氧化还原反应,A 正确;电解过程中, $\text{ClO}_2^-$  在阴极得电子生成  $\text{ClO}_2$ ,所以阴极反应的主要产物是  $\text{NaClO}_2$ ,B 正确;“尾气吸收”过程发生反应的化学方程式为  $2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaClO}_2 + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ,该反应中  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素化合价由 -1 价变为 0 价,Cl 元素化合价由 +1 价变为 +3 价, $\text{ClO}_2$  是氧化剂、 $\text{H}_2\text{O}_2$  是还原剂,氧化剂与还原剂的物质的量之比等于其计量数之比,即 2 : 1,C 错误;1 g  $\text{NaClO}_2$  的物质的量  $\frac{1 \text{ g}}{90.5 \text{ g/mol}} = \frac{1}{90.5} \text{ mol}$ ,依据电子转移数目相等, $\text{NaClO}_2 \sim \text{Cl}^- \sim 4\text{e}^-$ , $\text{Cl}_2 \sim 2\text{Cl}^- \sim 2\text{e}^-$ ,可知氯气的物质的量为  $\frac{1}{90.5} \text{ mol} \times 4 \times \frac{1}{2} = \frac{2}{90.5} \text{ mol}$ ,则氯气的质量为  $\frac{2}{90.5} \text{ mol} \times 71 \text{ g/mol} = 1.57 \text{ g}$ ,D 正确。

11.AC 【解析】向  $\text{CuSO}_4$  溶液中滴加少量的  $\text{NaOH}$  溶液,产生蓝色沉淀,然后再滴加氨水,蓝色沉淀溶解,进而证明铜离子的结合能力  $\text{NH}_3 > \text{OH}^-$ ,需要药品  $\text{CuSO}_4$  溶液、 $\text{NaOH}$  溶液、氨水,A 正确;蔗糖在稀硫酸条件下水解后,加碱中和至碱性,再加入新制的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  悬浊液,加热,看是否有砖红色沉淀产生,缺少  $\text{NaOH}$  溶液,B 错误;溴乙烷在  $\text{NaOH}$  的乙醇溶液中加热,将产生的气体通入溴水中看是否褪色,因此需要药品溴乙烷、 $\text{NaOH}$ 、乙醇、溴水,C 正确;用标准浓度的盐酸测定未知浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液时,需要双指示剂,将  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  滴定至  $\text{NaHCO}_3$  溶液,变色范围 8—10,需要酚酞,将  $\text{NaHCO}_3$  滴定至  $\text{NaCl}$  溶液,变色范围应为酸性环境,需要甲基橙做指示剂,D 错误。

12.AC 【解析】碳碳单键可以旋转,所有的原子可能共平面,但不是一定共平面,A 错误;该结构中苯环上的氢( ) 被取代生成的一氯代物有 5 种,B 正确;该物质中含有碳碳双键和酚羟基,因此能使酸性高锰酸钾溶液褪色,C 错误; $\text{NaOH}$  溶液和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液均能与酚羟基反应,D 正确。



13.C 【解析】根据晶胞结构, $\text{M}^{2+}$  与周围 6 个  $\text{NH}_4^+$  配位,晶胞中共有  $(8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} + 1)$  1 个八面体结构,B 原子与周围 4 个 H 原子配位,晶胞中共有 8 个四面体,故其化学式为  $\text{M}(\text{NH}_4)_2(\text{BH}_4)_2$ ,A 正确; $\text{M}^{2+}$  与周围 6 个  $\text{NH}_4^+$  配位,形成八面体,共有 6 对价层电子对,B 正确;在晶胞体对角线的一维空间上应出现  $\bullet \circ \bullet \circ \bullet \circ \bullet \circ \bullet$  的排布规律,C 错误;如图



,pb 长度即为金属  $\text{M}^{2+}$  与 B 原子的最短距离, $pc = \frac{\sqrt{2}}{4}a$ , $bc = \frac{1}{4}a$ , $pb^2 = pc^2 + bc^2$ ,则  $pb = \frac{\sqrt{3}}{4}a$ ,D 正确。

14.C 【解析】由图可知, $\text{H}_2\text{O}$  分子间 H、O 之间存在氢键, $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  之间也存在氢键,所以“水分子桥”的形成与氢键有关,A 正确;根据题意过程中存在 O—H 键的解离, $\text{HSO}_3^-$  与  $\text{NO}_2$  反应生成  $\text{HNO}_2$ 、 $\text{HSO}_3^-$ ,形成了硫氧键,B 正确; $\text{HSO}_3^-$  与  $\text{NO}_2$  间发生的总反应的离子方程式为  $\text{HSO}_3^- + 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_2 + \text{HSO}_3^-$ ,水参与总反应,C 错误,D 正确。

15.AC 【解析】根据图示,随着pOH的增加,碱性减弱,酸性增强,应该是  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  和  $(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^+$  两种离子含量增大,

$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  含量减小,所以曲线 a 表示  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  的分布分数  $\delta$ ,曲线 b 表示  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ,曲线 c 表示  $(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^+$ ,A 错误;

$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  在水溶液中分步电离方程式为  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$

和  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+} + \text{OH}^-$ ,

R 对应的点恰好对应  $c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2) = c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^+]$ ,

根据 P、Q 两点可求  $K_{a1} = 10^{-9.3}$ ,  $K_{a2} = 10^{-10.3}$ ,

则  $K_{a1} \cdot K_{a2} = c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}] \cdot \frac{c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)} = 10^{-9.3} \times 10^{-10.3} = 10^{-19.6}$ ,

即  $c^2(\text{OH}^-) = 10^{-19.6}$ ,可求  $c(\text{OH}^-) = 10^{-9.8}$ ,常温下  $K_w = 10^{-14}$ ,则 R 点溶液中  $c(\text{H}^+) = 10^{-4.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,B 正确;

Q 点表示  $c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3) = c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}]$ ,

由电荷守恒:  $c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3) + 2c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}] + c(\text{H}^+)$ ,

即  $c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = 3c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}] + c(\text{H}^+)$ ,

溶液显酸性  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ,则  $c(\text{Cl}^-) > 3c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}]$ ,C 错误;

因  $\frac{K_{a1}}{K_{a2}} = \frac{c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)}{c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}] \cdot c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)} = \frac{10^{-9.3}}{10^{-10.3}} = 10^{10}$ ,

即  $c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^{2+}] > c[(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)^+] \cdot c(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3)$ ,D 正确。

16.(12分)

(1)B(1分)

(2)①  $\text{sp}^3$  杂化(1分) 三角锥形(1分)

② N、F、H 三种元素的电负性为  $F > N > H$ ,在  $\text{NF}_3$  中,共用电子对偏向 F,偏离 N 原子,使得氮原子上的孤电子对难以与  $\text{Cu}^{2+}$  形成配位键(2分) 大(1分)

③ O 元素的电负性大于 N 元素,O 原子对孤电子对的吸引力强,所以 O 原子做配位原子时,提供孤电子对与  $\text{Cu}^{2+}$  形成配位键的能力弱(2分)

(3)5 + 4(1分)

(4)  $\left(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\right)$  (1分)  $\frac{199 \times 10^{21}}{\sqrt{2} N \cdot d^3}$  (2分)

【解析】(1)A 项为铜原子,B 项为  $\text{Cu}^+$ ,要电离最外层一个电子所需能量  $\text{Cu}^+ > \text{Cu}$ ,C、D 项均为激发态,所需能量更低,故选 B。

(2)①  $\text{NO}^-$  离子中 N 原子的价层电子对数为  $3 + \frac{5-1-2 \times 3}{2} = 3$ ,且 N 原子上无孤电子对,所以 N 原子杂化类型是  $\text{sp}^2$  杂化;

$\text{NH}_3$  分子中 N 原子的价层电子对数为  $3 + \frac{5-1 \times 3}{2} = 4$ ,N 原子上有 1 对孤电子对,所以 N 原子杂化类型是  $\text{sp}^3$  杂化, $\text{NH}_3$  分子的立体构型是三角锥形。

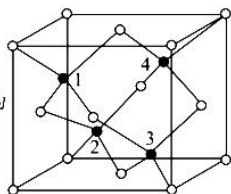
② N、F、H 三种元素的电负性为  $F > N > H$ ,在  $\text{NF}_3$  中,共用电子对偏向 F,而偏离 N 原子,使得氮原子上的孤电子对难以与  $\text{Cu}^{2+}$  形成配位键,所以  $\text{NF}_3$  不能与  $\text{Cu}^{2+}$  形成配位键。

$\text{NH}_3$  中电子对偏向 N 原子,电子对斥力大,键角偏大,而在  $\text{NF}_3$  中,共用电子对偏向 F,电子对斥力小,键角偏小。

③ O 元素的电负性大于 N 元素,O 原子对孤电子对的吸引力强,所以 O 原子做配位原子时,提供孤电子对与  $\text{Cu}^{2+}$  形成配位键的能力弱。



(3)由图可知,亚铜离子连有3个氰酸根离子,其中2个氰酸根离子为2个亚铜离子共有,则亚铜离子和氰酸根离子的个数之比为  $1 : \left(1 + 2 \times \frac{1}{2}\right) = 1 : 2$ ,则阴离子的化学式为  $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ ,其中,亚铜离子与2个氰酸根离子形成的配位键为  $\sigma$  键,氰酸根离子中的碳氮三键中有1个  $\sigma$  键,2个  $\pi$  键,则结合长链结构可知,离子中  $\sigma$  键和  $\pi$  键的个数之比为  $(1+2+1 \times 2) : 2 \times 2 = 5 : 4$ 。



(4)根据题中要求,得出氯化亚铜的晶胞图为  ,则原子3的坐标为  $\left(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\right)$ ;设晶胞棱长为  $a$  nm,因为

原子1和原子2之间的距离为  $d$  nm,则  $\frac{\sqrt{2}}{2}a = d, a = \sqrt{2}d$ ,晶胞的体积为  $(a \times 10^{-9})^3 \text{ cm}^3 = 2\sqrt{2}d^3 \times 10^{-27} \text{ cm}^3$ 。根据信息,Cl原子

在晶胞内部,个数为4,Cu位于顶点和面心,个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 7$ ,晶胞的质量为  $\frac{1}{N_A} \times (64 + 35.5) \text{ g} \times \frac{398}{N_A} \text{ g}$ ,

$$\text{晶胞密度为 } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{398}{N_A} \text{ g}}{2\sqrt{2}d^3 \times 10^{-27} \text{ cm}^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{199 \times 10^{21}}{\sqrt{2} N_A d^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

17.(12分)

(1) 3(1分)

(2)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (2分)

(3)  $\text{B}_2\text{O}_3^- + 5\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{H}_3\text{BO}_3$  (2分)       $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{B}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+$  (2分)

(4)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (1分)

(5)  $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{B} + 3\text{MgO}$  (2分)      1 200 (2分)

**【解析】**(1)  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  中 Mg 的化合价为 +2, O 的化合价为 -2, 根据化合物中元素的正、负化合价代数和为零, 可求 B 元素的化合价为 +3。

(2) 硼镁矿 ( $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 中加入浓 NaOH 溶液后得到  $\text{NaBO}_2$ , 化合价没有变化, 主要发生复分解反应, 反应的化学方程式为  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_7 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaBO}_2 + 2\text{Mg}(\text{OH})_2$ , 滤渣为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。

(3) 硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 溶于热水后, 用硫酸调节溶液酸性以制备  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 即  $\text{B}_2\text{O}_3^-$  在酸性条件下的反应为  $\text{B}_2\text{O}_3^- + 5\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{H}_3\text{BO}_3$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  中的 B 提供空轨道, 与水电离出的氢氧根离子中 O 原子形成配位键, 从而电离出  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{B}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+$ 。

(4) 根据元素守恒, 得到  $\text{H}_3\text{BO}_3$  晶体后, 溶液中主要存在  $\text{Na}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ , 滤液 2 的主要成分为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

(5)  $\text{H}_3\text{BO}_3$  加热脱水后得到氧化物, 即  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 加热条件下, 金属单质 Mg 将单质 B 置换出来, 发生反应为

$\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{B} + 3\text{MgO}$ ; 若硼镁矿中硼、镁元素充分利用, 由硼镁矿生成的单质 B 和单质 Mg 的物质的量之比为 1 : 1, 1 吨

单质 B 的物质的量为  $1 \times 10^4 \text{ mol}$ , 根据反应  $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{B} + 3\text{MgO}$  可求出需要的金属 Mg 的物质的量为  $1.5 \times 10^4 \text{ mol}$ ,

则需要额外补充金属 Mg 的物质的量为  $1.5 \times 10^4 \text{ mol} - 1 \times 10^4 \text{ mol} = 5 \times 10^3 \text{ mol}$ ,

金属镁的质量为  $24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 5 \times 10^3 \text{ mol} = 1.200 \times 10^5 \text{ g} = 1.200 \text{ kg}$ 。

18.(12分)

(1) 蒸馏烧瓶(1分)      a → d → e → b → e → d → e → f (2分)      干燥吸水, 防止亚硝酸硫酸遇水分解为硫酸、硝酸和 NO (2分)

(2) 水浴加热(1分)      由于生成的  $\text{NO}_2\text{SO}_3\text{H}$  对该反应有催化作用, 导致反应速率加快(2分, 合理给分)

(3) 溶液由浅紫色变为无色, 且半分钟内颜色不再恢复(2分)      50% (2分)



**【解析】**(1) 仪器 1 名称为蒸馏烧瓶; 在装置 A 中制取  $\text{SO}_2$  气体, 在装置 C 中干燥  $\text{SO}_2$  气体, 导气管连接应该是长进短出, 然后使  $\text{SO}_2$  气体由 b 通入 B 装置中, 在装置 B 中发生反应制取  $\text{NOSO}_3\text{H}$ , 为防止  $\text{NOSO}_3\text{H}$  水解变质, 再连接 C 装置, 防止水分进入 B 装置, 挥发的硝酸蒸汽及未反应的  $\text{SO}_2$  气体用 D 装置的  $\text{NaOH}$  溶液进行吸收, 故按气流从左到右的顺序, 上述仪器接口的连接顺序为 a → d → e → b → c → d → e → f; 两个 C 装置均为干燥吸水, 前者为吸水除杂, 后者吸水防止 D 装置中水蒸气进入 B 装置使亚硝酰硫酸遇水分解。

(2) 低于  $100^\circ\text{C}$  用水浴加热, 水浴加热使其受热均匀、温度容易控制; 在上述反应条件下, 开始时反应缓慢, 但某时刻反应速率明显加快是生成了催化剂, 根据题目条件是由于生成的  $\text{NOSO}_3\text{H}$  对该反应有催化作用, 导致反应速率加快;

(3) 随着  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液的滴入, 溶液中  $\text{KMnO}_4$  溶液浓度逐渐减小, 当达到滴定终点时, 溶液中  $\text{KMnO}_4$  恰好反应完全, 此时溶液由浅紫色变为无色, 且半分钟内溶液不再恢复浅紫色; 根据方程式  $2\text{KMnO}_4 + 5\text{NOSO}_3\text{H} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$  可得关系式:  $5\text{NOSO}_3\text{H} \sim 2\text{MnO}_4^- \sim 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 。

则在 25.00 mL  $\text{NOSO}_3\text{H}$  溶液中含有  $\text{NOSO}_3\text{H}$  的物质的量  $n(\text{NOSO}_3\text{H}) = 0.2500 \text{ mol/L} \times (0.060 - 0.020) \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 。

则在 25.4 g 样品中含有  $\text{NOSO}_3\text{H}$  的物质的量  $n(\text{NOSO}_3\text{H}) = 0.01 \text{ mol} \times \frac{250 \text{ mL}}{25.0 \text{ mL}} = 0.1 \text{ mol}$ 。

其质量为  $m(\text{NOSO}_3\text{H}) = 0.1 \text{ mol} \times 127 \text{ g/mol} = 12.7 \text{ g}$ , 所以亚硝酰硫酸的纯度为  $\frac{12.7 \text{ g}}{25.4 \text{ g}} \times 100\% = 50\%$ 。

19. (12 分)

(1) 30 (1 分) 加入催化剂 (1 分, 合理给分)

(2) < (2 分) > (2 分)

(3) 4.8 (2 分) 0.2 (2 分)  $\frac{1}{9}$  (2 分)

**【解析】**(1) 将 (3, 2, 9, 0)、(3, 4, 3, 0) 分别代入到  $\text{Rln } k = -\frac{E_a}{T} + C$  中得到  $\begin{cases} -3.4E_a + C = 3.0 \\ -3.2E_a + C = 9.0 \end{cases}$ , 解得  $E_a = 30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

将 (3, 6, 1, 0)、(3, 2, 9, 0) 分别代入到  $\text{Rln } k = -\frac{E_a}{T} + C$  中得到  $\begin{cases} -3.6E_a + C = 1.0 \\ -3.2E_a + C = 9.0 \end{cases}$ , 解得  $E_a = 20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 与曲线 a 相比, 活化能

降低, 则实验可能改变的外界条件是使用更高效的催化剂或增大催化剂比表面积;

(2)  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})} = x$ , 投料比越大, 相当于增大  $\text{H}_2$  浓度, 平衡向正反应方向移动,  $\text{CO}_2$  平衡转化率增大, 故  $a < 4$ ; 反应 1 为主反应, 升高温度,  $\text{CO}_2$  平衡转化率降低, 说明反应 1 的平衡向逆反应方向移动, 则该反应是放热反应, 平衡常数减小, 则 M、N 两点的反应平衡常数  $K_M > K_N$ ;

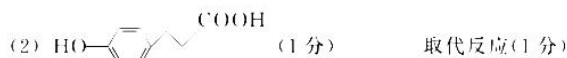
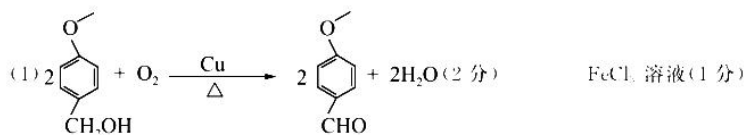
(3) 由恒温恒容时, 压强之比 = 物质的量之比, 即  $\frac{p_{\text{F}}}{p_{\text{E}}} = \frac{n_{\text{F}}}{n_{\text{E}}}$  得,  $n_{\text{F}} = \frac{p_{\text{F}}}{p_{\text{E}}} \times n_{\text{E}} = \frac{160 \text{ kPa}}{200 \text{ kPa}} \times (1 \text{ mol} + 4 \text{ mol}) = 4 \text{ mol}$ , 则平衡时  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

的分压为  $p_{\text{F}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1.2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 160 \text{ kPa} = 48 \text{ kPa}$ , 则 10 min 内  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  分压的平均变化率为  $\frac{48 \text{ kPa}}{10 \text{ min}} = 4.8 \text{ kPa} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 在主、副

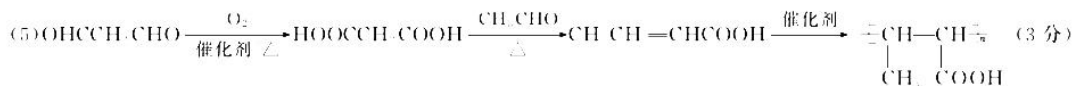
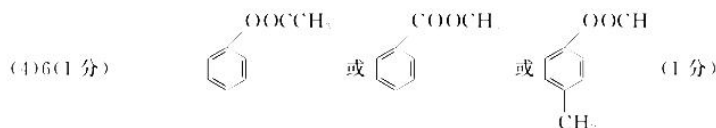
三个反应均发生的平衡体系中存在 5 种物质, 分别为  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 、 $\text{CO}_2$ , 已知  $n_{\text{F}}(\text{H}_2\text{O}) = 1.2 \text{ mol}$ , 根据 (2) 中图像可知  $n_{\text{F}}(\text{CO}_2) = 0.3 \text{ mol}$ , 由氧元素守恒得  $n_{\text{F}}(\text{CO}) = 2 - 1.2 - 0.6 = 0.2 \text{ mol}$ , 由碳元素守恒得  $n_{\text{F}}(\text{CH}_4) = 1 - 0.3 - 0.2 = 0.5 \text{ mol}$ , 由氢元素守恒得  $n_{\text{F}}(\text{H}_2) = 4 - 2 \times 0.5 - 1.2 = 1.8 \text{ mol}$

$$\text{则 } K^{\ominus} = \frac{\left(\frac{0.2}{4} \times \frac{p_{\text{F}}}{p^{\ominus}}\right) \times \left(\frac{1.2}{4} \times \frac{p_{\text{F}}}{p^{\ominus}}\right)}{\left(\frac{0.3}{4} \times \frac{p_{\text{F}}}{p^{\ominus}}\right) \times \left(\frac{1.8}{4} \times \frac{p_{\text{F}}}{p^{\ominus}}\right)} = \frac{0.2 \times 1.2}{0.3 \times 1.8} = \frac{4}{9}$$

20.(12分)



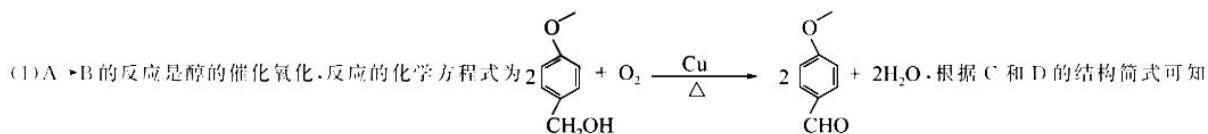
(3) 羟基、醚键、酯基(2分)



【解析】根据合成路线并结合信息①中  $\text{>NH}$  和  $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}$  参与的反应容易逆推得到 F 为  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOC}_2\text{H}_5$ ，结合信息①

可知在 B  $\rightarrow$  C 时引入了  $-\text{COOH}$ ，结合分子式变化，故由 F 逆推可得 E 为  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ，则 D 为  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ，结合

信息②中第 1 步反应可知 C 为  $\text{H}_3\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ，结合信息①得到 B 为  $\text{H}_3\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$ ，由 A  $\rightarrow$  B 的条件可知 A 含

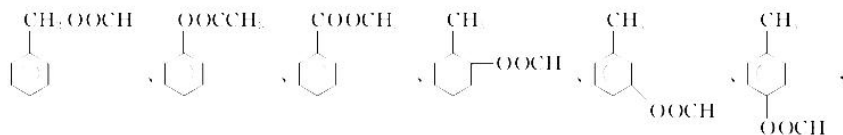


检验 D 主要利用其酚的性质，可选用  $\text{FeCl}_3$  溶液，看是否显紫色，若显紫色则说明 C 中含有 D。

(2) 根据以上分析可知 E 的结构简式为  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ，F  $\rightarrow$  G 的反应中， $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}$  虚线右侧部分代替了酚羟基中的 H 原子，发生取代反应。

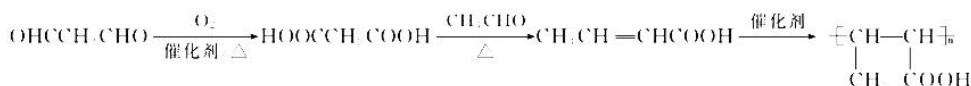
(3) 根据 H 的结构简式  $\text{>NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOCH}_2\text{CH}_3$  可知含氧官能团的名称为羟基、醚键、酯基三种。

(4) B 的结构简式为  $\text{H}_3\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2-\text{CHO}$ ，其同分异构体可以发生水解，即含有酯基，其含苯环，共有 6 种结构，分别为



其中满足核磁共振氢谱的峰面积之比为 3:2:2:1 的有  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2\text{COOCH}_3$ 、 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2\text{COOCH}_3$ 、 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OCH}_3)_2\text{COOCH}_3$  共 3 种。

(5) 由信息条件①推知， $\text{OHCCH}_2\text{CHO}$  氧化可得  $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$ ，与  $\text{CH}_3\text{CHO}$  反应制得  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOH}$ ，再发生加聚反应得目标产物。则合成路线为





## 关于我们

自主选拔在线是致力于提供新高考生涯规划、强基计划、综合评价、三位一体、学科竞赛等政策资讯的升学服务平台。总部坐落于北京，旗下拥有网站（[网址: www.zizzs.com](http://www.zizzs.com)）和微信公众平台等媒体矩阵，用户群体涵盖全国 90% 以上的重点中学师生及家长，在全国新高考、自主选拔领域首屈一指。

如需第一时间获取相关资讯及备考指南，请关注**自主选拔在线**官方微信号：**zizzsw**。

