

本试卷共 8 页,20 小题,满分 100 分。考试用时 75 分钟。

注意事项:

- 答卷前,考生务必用黑色字迹的钢笔或签字笔将自己的姓名、准考证号填写在试卷和答题卡上。将条形码横贴在答题卡上“贴条形码区”。
- 作答选择题时,选出每小题答案后,用 2B 铅笔把答题卡上对应题目选项的答案信息点涂黑;如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案,答案不能答在试卷上。
- 非选择题必须用黑色字迹的钢笔或签字笔作答,答案必须写在答题卡各题目指定区域内相应位置上;如需改动,先划掉原来的答案,然后再写上新的答案;不准使用铅笔和涂改液。不按以上要求作答的答案无效。
- 考生必须保持答题卡的整洁,考试结束后,将试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H-1 O-16 Cl-35.5

一、选择题:本题共 16 小题,共 44 分。第 1~10 小题,每小题 2 分;第 11~16 小题,每小题 4 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

1. 中华文明源远流长,衣、食、住、行都是中华民族智慧的结晶。下列文明载体与硅酸盐材料有关的是

衣	食	住	行
A. 岭南非遗服装(粤绣)	B. 广东小吃(白斩鸡)	C. 著名建筑(光孝寺)	D. 出行马车(车辇)

2. 下列试剂保存时所选试剂瓶合理的是

A. 盛放溴化银固体	B. 盛放硫酸溶液	C. 盛放硫酸铜固体	D. 盛放氢氧化钠溶液

3. 生物体中普遍存在的有机化合物能为生命活动提供物质和能量基础,下列说法不正确的是

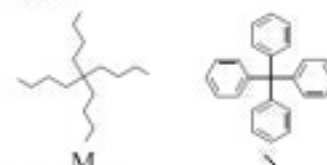
- 麦芽糖及其水解产物均能与银氨溶液发生银镜反应
- 从动物皮中提取得到的明胶属于蛋白质
- 食用油中含有的油酸易被氧化
- DNA 两条链上的碱基通过共价键配对连接

4. 劳动开创未来。下列劳动项目与所述的化学知识正确的是

选项	劳动项目	化学知识
A	工厂用铁罐车运输浓硫酸	浓硫酸很难电离出 H <sup>+</sup> ,与铁不反应
B	消防演练用泡沫灭火器灭火	Al <sup>3+</sup> 与 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 互相促进使水解反应正向进行
C	陶瓷表面上釉	隔绝空气,防止陶瓷被氧化
D	用苯酚和甲醛制备酚醛树脂	酚醛树脂为高分子化合物,该过程发生了加聚反应

5. M、N 是两种合成烃,其结构简式如图所示。下列说法不正确的是

- M、N 均不溶于水
- M、N 均能发生取代反应和氧化反应
- N 中所有碳原子可能共平面
- M 的一氯取代物有 4 种(不考虑立体异构)



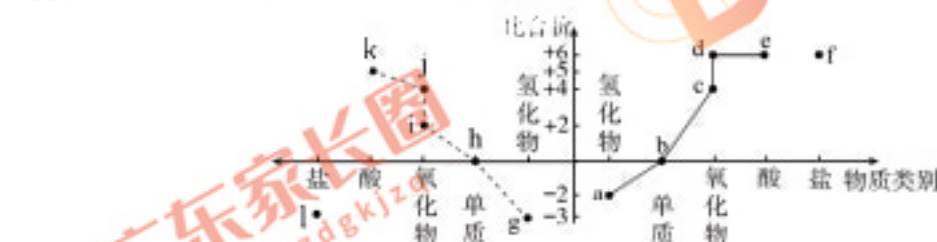
6. 用下列实验装置进行相应实验,其中装置正确且能达到实验目的的是

A. 分离碘单质和 NaCl(s)	B. 蒸发 MgCl <sub>2</sub> 溶液,制备 MgCl <sub>2</sub> 晶体	C. 制备氢氧化铁胶体	D. 乙醇脱水制乙烯

7. 硅与碳同主族,是构成地壳的主要元素之一。下列说法正确的是

- 单质硅和金刚石中的键能: Si-Si < C-C
- CH<sub>4</sub> 和 SiH<sub>4</sub> 中 C、Si 化合价均为 -4 价
- SiO<sub>2</sub> 中 Si 原子的杂化方式为 sp
- 碳化硅硬度很大,属于分子晶体

8. 物质的类别和核心元素的化合价是研究物质性质的两个重要维度,下图为氮、硫及其部分化合物的价类二维图。下列说法不正确的是



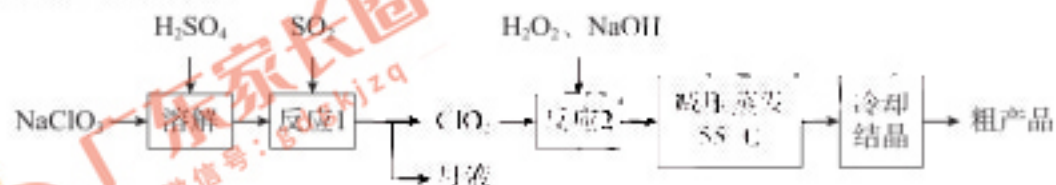
- 坐标轴左侧区域代表的是氮及其化合物
- a→b→c→d→e 的转化均能一步实现
- c、d 和 i、j 均属于酸性氧化物
- f 与 l 可以是同一种物质



9. X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的前四周期元素，X 与 Y、Z 均能形成多种常见二元化合物，Y、Z 形成的某化合物是参与光合作用的主要气体，基态原子中 X、Y、Z 的价电子数之和等于 W 的价电子数。下列说法正确的是

- A. W 属于 d 区元素  
B. 原子半径： $X < Y < Z$   
C. 氢化物沸点： $Y < Z$   
D. X 与 W 的最外层电子数相等

10. 化学工业为疫情防控提供了强有力的物质支撑。亚氯酸钠( $\text{NaClO}_2$ )具有强氧化性，受热易分解，可作漂白剂、食品消毒剂等，以氯酸钠等为原料制备亚氯酸钠的工艺流程如下图所示。



下列说法不正确的是

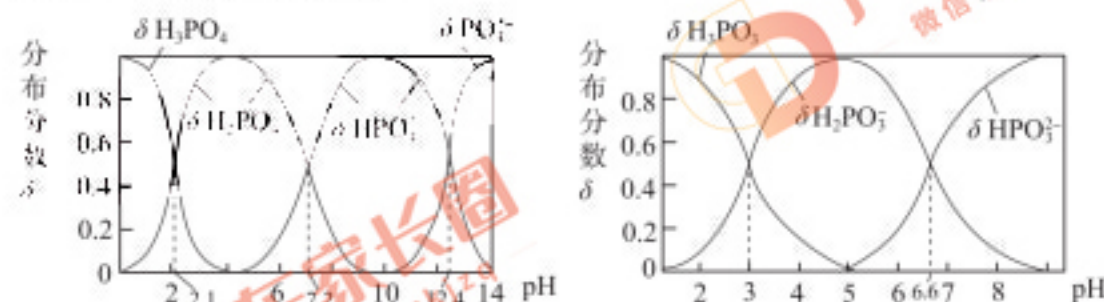
- A. “母液”中主要成分是  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
B. “反应 2”中氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2:1  
C. “减压蒸发”可以降低蒸发时的温度，提高产品产率  
D. 以生成  $\text{Cl}^-$  时转移电子数目来衡量，相同质量  $\text{ClO}_2$  的消毒能力是  $\text{Cl}_2$  的 2.5 倍
11. 乙二胺( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ )是一种重要的有机化工原料，下列关于乙二胺的说法不正确的是

- A. 易溶于水，其水溶液显碱性  
B.  $\text{H}-\text{C}-\text{H}$  键角大于  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  键角  
C. 第二周期中第一电离能大于 C 小于 N 的元素只有一种  
D.  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_2]^{2+}$  中，提供孤电子对形成配位键的是  $\text{Cu}^{2+}$

12. 下列实验操作所观察到的实验现象正确且能得出相应实验结论的是

选项	实验操作	实验现象	实验结论
A	向盛有 3.0 mL 无水乙醇的试管中加入一小块金属钠	缓慢产生气泡	乙醇分子中羟基氢的活泼性小于水分子中的氢
B	向盛有 2.0 mL 甲苯的试管中加入 3 滴酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液，用力振荡	紫色褪去	甲苯中含有碳碳双键，可被酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液氧化
C	向含有少量 $\text{CuCl}_2$ 的 $\text{MgCl}_2$ 溶液中滴加少量稀 $\text{NaOH}$ 溶液	产生白色沉淀	$K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] > K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]$
D	用玻璃棒蘸取 $\text{NaClO}$ 溶液滴在 pH 试纸上	试纸先变蓝，后褪色	$\text{NaClO}$ 溶液呈中性

13. 常温下， $\text{H}_3\text{PO}_4$  和  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  溶液中含磷微粒的物质的量分数与溶液 pH 的关系分别如图所示。向等物质的量浓度的  $\text{H}_3\text{PO}_4$  和  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  混合溶液中加入适量的  $\text{NaOH}$  溶液，下列说法不正确的是



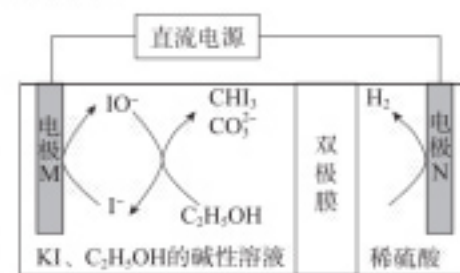
- A. 由图可知  $\text{H}_3\text{PO}_4$  是二元酸  
B.  $\text{pH} = 7.2$  时， $c(\text{HPO}_4^{2-}) > c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$   
C. 常温下， $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$  的反应平衡常数  $K = 10^{-6.7}$   
D. 溶液 pH 由 3 变为 6.6 的过程中，水的电离程度增大

14. 宏观辨识与微观探析是化学学科核心素养之一。下列关于次氯酸盐性质实验对应的反应方程式书写正确的是

- A. 将足量的二氧化碳通入  $\text{NaClO}$  溶液中： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{ClO}^- = 2\text{HClO} + \text{CO}_3^{2-}$   
B. 特征“84”消毒液与洁厕剂不能混合的原因： $2\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{ClO}^- = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
C. 用  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  溶液吸收废气中的  $\text{SO}_2$  制石膏乳： $\text{ClO}^- + \text{SO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$   
D. 将硫酸铬溶液滴入含  $\text{NaClO}$  的强碱性溶液中： $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{ClO}^- + 8\text{OH}^- = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$

15. 双极膜在电化学中应用广泛，它是由阳离子交换膜和阴离子交换膜复合而成。双极膜内层为水层，工作时水层中的  $\text{H}_2\text{O}$  解离成  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$ ，并分别通过离子交换膜向两侧发生迁移。二碘甲烷( $\text{CHI}_3$ )又名碘仿，在医药和生物化学中用作防腐剂和消毒剂。电解法制取碘仿的工作原理如图所示，反应原理为  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 5\text{IO}^- = \text{CHI}_3 + \text{CO}_3^{2-} + 3\text{I}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法不正确的是

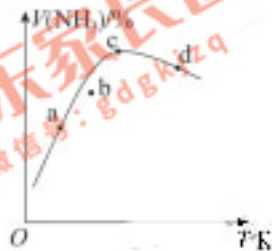
- A. 电极 N 连接直流电源的负极  
B. 电解一段时间后，硫酸溶液浓度降低  
C. 电极 M 上的主要反应为  $\text{I}^- - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{IO}^- + \text{H}_2\text{O}$   
D. 每制备 1 mol 三碘甲烷，理论上双极膜内解离 180 g  $\text{H}_2\text{O}$





16. 氨气在工业上应用广泛, 已知反应  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ , 反应相同时间,  $\text{NH}_3$  的体积百分数随温度的变化情况如图所示, 下列相关描述正确的是

- A. 线上的点均代表平衡时刻的点  
 B. 逆反应速率:  $v_{\text{逆}} > v_{\text{正}}$   
 C. b 点时  $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$   
 D. 平衡常数值:  $K_c > K_d$



二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 56 分。

17. (14 分) 某实验小组为探究含硫化合物  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  的性质, 设计如下实验探究  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  的氧化性。

实验操作: 向小试管中加入 2 mL  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液, 并滴入两滴淀粉溶液, 无明显变化, 再加入少量  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液, 试管中溶液立即变蓝。取上层清液检验, 证明溶液中存在  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

- (1)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  与 KI 反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。  
 (2) 检验该溶液中存在  $\text{SO}_4^{2-}$  的具体操作及现象为\_\_\_\_\_。  
 (3) 实验结论:  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  的氧化性\_\_\_\_\_ (填“强于”或“弱于”)  $\text{I}_2$ 。

已知:  $\text{I}_2$  可与  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  发生反应:  $2\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^-$ 。

为了进一步探究  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  与 KI 的反应速率, 小组同学设计下表实验:

实验编号	$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液/mL	$0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液/mL	蒸馏水/mL	$0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 淀粉溶液/滴	$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液/mL	变色时间/s
I	1.0	0	1.0	2	2.0	立即
II	1.0	1.0	3.0	2	2.0	30

(1) 上述两实验中均加入了不同体积的蒸馏水, 其目的为\_\_\_\_\_。

加入  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  溶液后溶液变蓝的时间明显增长, 小组同学对此提出两种猜想。

- 猜想 1:  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  先与  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  反应,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  消耗完后才与  $\text{I}^-$  反应;  
 猜想 2:  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  与 KI 反应的速率远低于  $\text{I}_2$  与  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  反应的速率。

为验证上述猜想, 小组同学补充下表实验:

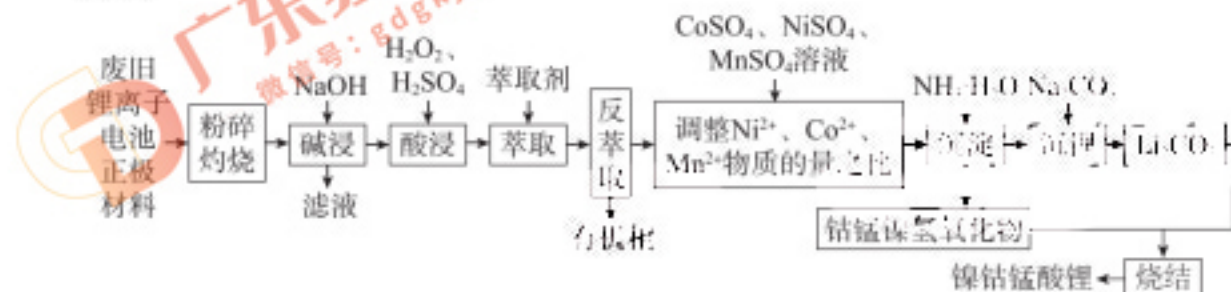
实验编号	$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液/mL	$0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘水/mL	$0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液/mL	$\text{CCl}_4$ /mL	$0.4\%$ 的淀粉溶液/滴	$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液/mL	实验现象
III	2	2	20	10	0	0.2	下层溶液显浅紫色
IV	2	2	20	0	2	20	溶液先变蓝, 后迅速褪色, 一段时间后又变蓝

(5) 验证猜想 1 的实验设计为\_\_\_\_\_ (填“实验 III”或“实验 IV”)。验证猜想 2 的实验设计为\_\_\_\_\_。

(6) 下层溶液显浅紫色的原因为\_\_\_\_\_。

(7) 由上述实验可知\_\_\_\_\_ (填“猜想 1”或“猜想 2”) 成立。

18. (14 分) 镍钴锰酸锂材料是近年来开发的一类新型锂离子电池正极材料, 具有容量高, 循环稳定性好, 成本中等等优点, 这类材料可以同时有效克服钴酸锂材料成本过高, 磷酸铁锂容量低等问题, 工业上可由废旧的钴酸锂、磷酸铁锂、镍酸锂、锰酸锂电池正极材料 (还含有铝箔、炭黑、有机黏合剂等), 经过一系列工艺流程制备镍钴锰酸锂材料, 该材料可用于三元锂电池的制备, 实现电池的回收再利用, 工艺流程如下图所示:



已知: ① 粉碎灼烧后主要成分是  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{Co}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

② 萃取剂对  $\text{Fe}^{3+}$  选择性很高, 且生成的物质很稳定, 有机相中的  $\text{Fe}^{3+}$  很难被反萃取。

请回答下列问题:

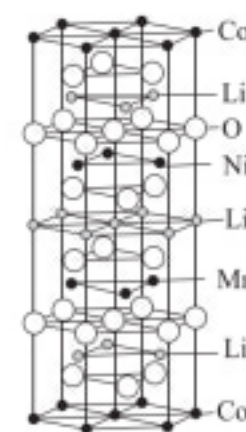
- (1) 正极材料在“灼烧”前先粉碎的目的是\_\_\_\_\_。  
 (2) “碱浸”的目的是\_\_\_\_\_, 涉及的化学方程式是\_\_\_\_\_。  
 (3) “酸浸”时加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  的作用是\_\_\_\_\_。  
 (4) 上述工艺流程中采用萃取法净化除去了  $\text{Fe}^{3+}$ , 若采用沉淀法除去铁元素, 结合下表, 最佳的 pH 范围是\_\_\_\_\_。

	$\text{Fe}^{3+}$	Al	$\text{Fe}^{2+}$	Co	Ni	$\text{Mn}^{2+}$
开始沉淀时 pH	1.5	3.1	6.2	6.6	6.7	7.8
完全沉淀时 pH	3.5	4.7	8.3	9.2	9.5	10.4

(5) 镍钴锰酸锂材料中根据镍钴锰的比例不同, 可有不同的结构, 其中一种底面为正六边形结构的晶胞如图所示。

① 该物质的化学式为\_\_\_\_\_, 写出基态 Mn 原子价层电子的轨道表示式\_\_\_\_\_。

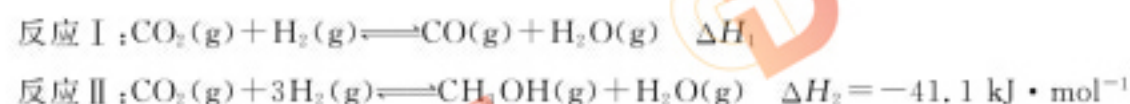
② 已知晶胞底面边长是  $a \text{ nm}$ , 高是  $b \text{ nm}$ , 一个晶胞的质量为  $M \text{ g}$ , 计算该晶胞的密度  $\rho =$  \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (用计算式表示)。



镍钴锰酸锂晶胞图



19. (14分) 碳达峰、碳中和是现在需要继续完成的环保任务,  $\text{CO}_2$  的综合利用成为热点研究对象,  $\text{CO}_2$  作为碳源加氢是再生能源的有效方法,  $\text{CO}_2$  加氢可以合成甲醇, Olah 提出“甲醇经济”概念, 认为甲醇会在不久的将来扮演不可或缺的角色, 通过  $\text{CO}_2$  加氢生产甲醇是有希望的再生路线之一, 该过程主要发生如下反应:



(1) ① 相关键能如下表, 则  $\Delta H_1 =$  \_\_\_\_\_, 该反应的活化能  $E_{a(正)}$  \_\_\_\_\_  $E_{a(逆)}$  (填“大于”“小于”或“等于”).

化学键	H-H	C=O	O-H	C-O
键能/( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	436	1071	464	803

② 若  $K_1$ 、 $K_2$  分别表示反应 I、反应 II 的平衡常数, 则  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_ (用含  $K_1$ 、 $K_2$  的代数式表示).

③ 已知  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的正反应速率  $v_{正} = k \cdot c(\text{CO}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)$  ( $k$  为正反应的速率常数), 某温度时测得数据如下:

	$c(\text{CO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$v_{正}/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$
1	0.02	0.01	$2.0 \times 10^{-4}$
2	0.02	0.01	$a$

则此温度下表中  $a =$  \_\_\_\_\_.

(2) 据文献报道, Cu 基纳米材料作为高性能催化剂可将  $\text{CO}_2$  电还原为高能量密度的  $\text{CH}_3\text{OH}$ , 不同催化剂对生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的法拉第效率与电极电势的变化如图 1 所示 (已知法拉第效率是指实际生成物和理论生成物的百分比), 为了保证生成甲醇的法拉第效率, 最合适的电势及最佳催化剂是 \_\_\_\_\_.

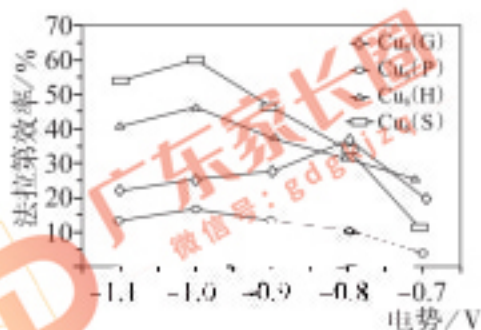


图 1

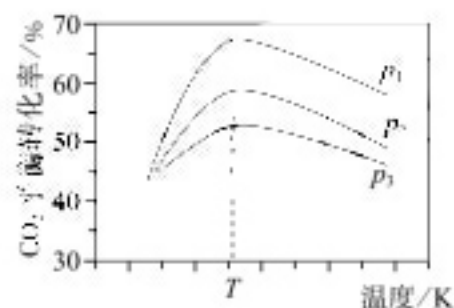
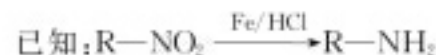
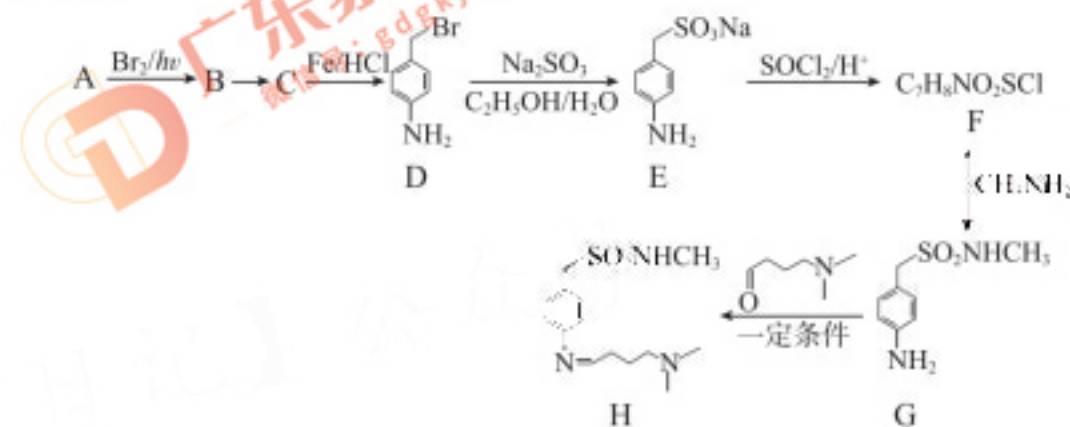


图 2

(3) 在催化剂作用下, 发生上述反应 I、II, 达平衡时  $\text{CO}_2$  的转化率随温度和压强的变化如图 2, 判断  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$  的大小关系: \_\_\_\_\_, 解释压强一定时,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率呈现如图变化的原因: \_\_\_\_\_.

(4) 某温度下, 初始压强为  $p$ , 向容积为 2 L 的恒容密闭容器中充入 2 mol  $\text{CO}_2$ 、3 mol  $\text{H}_2$  发生反应 I、II, 平衡时  $\text{CO}$  的转化率是 50%, 体系内剩余 1 mol  $\text{H}_2$ , 反应 II 的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_  $\text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$ .

20. (11分) 化合物 H 是用于合成某种镇痛药的医药中间体, 利用烃 A 合成 H 的某路线如下图所示:



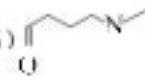
回答下列问题:

(1) A 的化学名称为 \_\_\_\_\_; D 中的官能团名称为 \_\_\_\_\_.

(2) 由 B 生成 C 时需要加入的试剂和反应条件为 \_\_\_\_\_.

(3) 由 C 生成 D 的反应类型为 \_\_\_\_\_.

(4) 由 G 生成 H 的化学方程式为 \_\_\_\_\_.

(5)  的同分异构体中含六元碳环的有 \_\_\_\_\_ 种 (不考虑立体异构), 写出其中一种核磁共振氢谱有 6 组峰的结构简式 \_\_\_\_\_.

(6) 参照上述合成路线设计以 D 为原料合成高分子化合物  $[\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}]_n$  的路线 (无机试剂任选).