

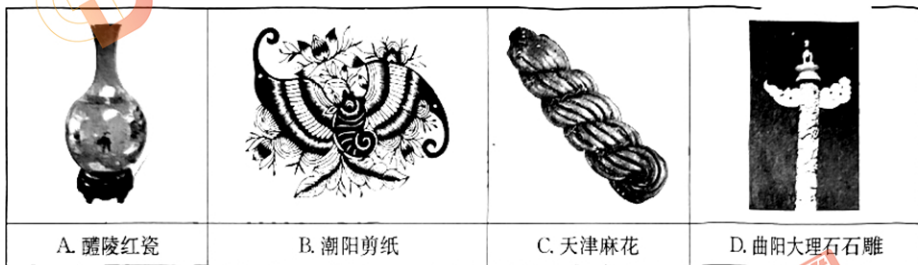
本试卷满分 100 分, 考试用时 75 分钟。

注意事项:

1. 答题前, 考生务必将自己的姓名、考生号、考场号、座位号填写在答题卡上。
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。
4. 可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 O 16 Na 23 P 31 K 39

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. 中华民族有着深厚的艺术文化底蕴, 特别是在非物质文化遗产方面。下列有关非遗项目中涉及的物质主要由硅酸盐组成的是



2. 新型材料在各领域中的应用越来越广泛, 下列相关说法不正确的是

- A. 电子芯片使用的新型半导体材料砷化镓属于金属材料
- B. 北京冬奥会中硅橡胶是制作冰墩墩外壳的主要原料: 合成有机硅橡胶的单体是 CH_3

$\text{HO}-\text{Si}-\text{OH}$, 则有机硅橡胶是通过缩聚反应制得的



- C. “嫦娥五号”组装机材料中使用钛合金, ${}_{22}^{48}\text{Ti}$ 的中子数为 26

- D. 2021 年诺贝尔化学奖的手性有机催化剂属于有机物

3. 科学技术是第一生产力, 下列有关说法不正确的是

- A. 冠醚(18-冠-6)分离 K^+ 与 Na^+ 体现了超分子的分子识别功能
- B. CO_2 人工合成淀粉, 有利于实现“碳中和”的战略目标
- C. 利用人体细胞化学重编程体系成功制备了胰岛细胞, 其控制基因表达的 DNA 是核糖核酸
- D. “鲲龙”水陆两栖飞机实现海上首飞, 其所用燃料航空煤油属于混合物

化学实验是中学化学学习的重要途径,下列有关实验的描述正确的是

- A. 中学实验室可将未用完的 NaCl 溶液放回原试剂瓶
 B. 用 pH 试纸测定新制氯水的 pH 为 3.7
 C. 盐酸滴定氨水进行中和实验时,可选择甲基橙作为指示剂
 D. 化学实验室可用乙醇萃取溴水中的溴

联氨(N_2H_4)是一种二元弱碱,结构性质与氨气相似,可与一定量的盐酸反应生成盐酸盐 N_2H_5Cl 或 $N_2H_6Cl_2$,则下列说法正确的是

- A. N_2H_4 中氮原子的杂化类型均为 sp^3
 B. $0.01 \text{ mol} \cdot L^{-1} N_2H_6Cl_2$ 水溶液加水稀释,pH 升高
 C. N_2H_5Cl 在水溶液中的水解方程式为 $N_2H_5^+ + H_2O \rightleftharpoons N_2H_6^+ + OH^-$
 D. N_2H_5Cl 水溶液中 $c(OH^-) + c(Cl^-) = c(N_2H_5^+) + c(H^+)$

劳动创造幸福,劳动项目与所述化学知识均正确,但两者没有关联的是

选项	劳动项目	化学知识
A	工程师用 Na_2S 除去污水中的 Cu^{2+}	Na_2S 具有还原性
B	分析员用 X 射线衍射仪区分石英玻璃和水晶	石英玻璃属于非晶体,水晶属于晶体
C	实验员用萃取的方法分离 I_2 和 NH_4Cl 的混合溶液	I_2 可溶于 CCl_4
D	厨师用 NaCl 腌制食物	NaCl 可以防腐

结构决定性质是化学学科的核心观念,下列有关性质的比较正确的是

- A. 键角的大小: $NH_3 > CH_4$ B. 第一电离能: $C > N > O$
 C. 熔点: $SiO_2 > NaCl > H_2O$ D. 酸性: $CH_3COOH > HCOOH$

8. 超电位指电流通过电极时,电极电位偏离平衡电位的差值,从而增大电解池的耗能。近日我国科学家研发的介孔 Ni_3FeN 基可充电 Zn-O₂ 碱性电池的充电电压低,输出效率高,具有较高的商业价值,下列说法不正确的是

- A. 放电时,Zn 作负极
 B. 放电时,电流从 Zn 电极流出
 C. 介孔 Ni_3FeN 基可以降低 Zn-O₂ 碱性电池充电时的超电位
 D. 充电时,阴极电极方程式: $[Zn(OH)_4]^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons Zn + 4OH^-$

9. 2022 年诺贝尔化学奖授予研究“点击化学”的科学家,图 1 是利用点击化学方法,设计的一种新型的 1,2,3-三唑类杀菌剂的合成路线。下列有关说法正确的是

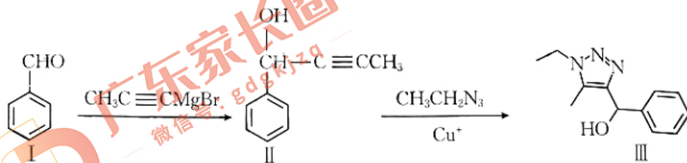


图 1

- A. 有机物 I 中含有手性碳
 B. 有机物 I 中所有碳原子一定共平面
 C. 1 mol 有机物 II 最多能与 2 mol H_2 发生加成反应
 D. 有机物 III 有两性,既能和酸反应又能和碱反应

10. 分类观和价态观是学习化学的重要观念,某短周期元素的价类二维图如图2所示,下列说法正确的是

- A. 可存在 $a \rightarrow b \rightarrow d$ 的直接转化
- B. c 可以使紫色石蕊溶液先变红后褪色
- C. b 能溶于 CS_2
- D. g, h 一定均能促进水的电离

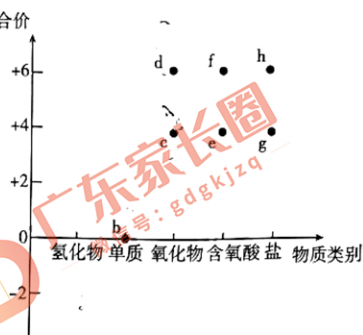


图2

11. 1704年,普鲁士人狄斯巴赫在染料作坊中为寻找蓝色染料,将兽皮、兽血同 Na_2CO_3 在铁锅中强烈煮沸,得到了人工合成的第一种配合物亚铁氰化铁 $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ 。设 N_A 为阿伏加德罗常数的值,

- 下列叙述正确的是
- A. 体积为 1 L 的 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} Na_2CO_3$ 溶液中, CO_3^{2-} 的数目为 N_A
- B. 1 mol $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ 中, Fe^{2+} 的数目为 $4N_A$
- C. 1 mol $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ 中,配体的数目为 $18N_A$
- D. 1 mol 基态 Fe^{2+} 中,未成对电子的数目为 $5N_A$

12. 陈述 I 和 II 均正确且具有因果关系的是

选项	陈述 I	陈述 II
A	装有 NO_2 的密闭烧瓶置于热水中颜色变深	NO_2 转化为 N_2O_4 为吸热反应
B	浓氨水可检验氯气管道泄漏	浓氨水具有碱性
C	久置空气中的 Na_2O_2 遇盐酸产生气泡	Na_2O_2 已全部转化为 Na_2CO_3
D	$CuSO_4$ 溶液呈蓝色	Cu^{2+} 可与 H_2O 形成蓝色配合物

13. 按图3装置进行实验(a~d中均为浸有相应试液的棉花,夹持装置省略)。下列说法正确的是

- A. 产生 Cl_2 的化学方程式为 $NaClO + 2HCl = NaCl + Cl_2 + H_2O$, 该反应中 $n(\text{氧化剂}) : n(\text{还原剂}) = 1 : 1$
- B. 若 a 处变为橙色, b 处变为蓝色, 说明还原性: $I^- > Br^- > Cl^-$
- C. 若 c, d 处褪色, 均说明 Cl_2 具有漂白性
- D. 可用澄清石灰水吸收尾气

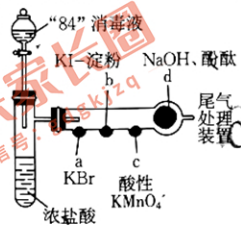
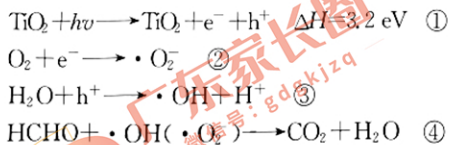


图3

14. 某课题组研究 TiO_2 光催化降解甲醛的机理如图4所示。则下列说法正确的是



- A. h^+ 有强还原性
- B. TiO_2 通过改变反应历程改变了降解甲醛反应的平衡常数 K
- C. $\cdot O_2^-$ 可以与 e^- 结合生成氧气
- D. TiO_2 每吸收 32 eV 太阳能, 理论上可以产生 10 个 h^+

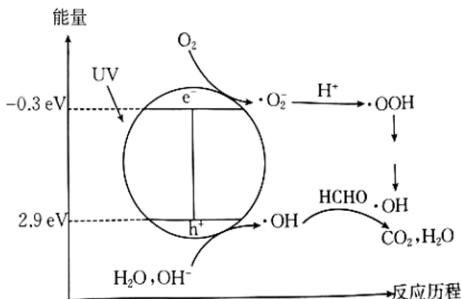


图4

15. 已知 X、Y、Z、W 为前 20 号元素，且原子序数依次增大，其中 X、Y、Z 可以形成一种光敏涂料，其结构式如图 5 所示，Y 的基态原子核外有三个未成对电子，该光敏涂料遇水易水解生成一种含元素 X 的可腐蚀玻璃的物质。则下列说法正确的是

- A. 简单氢化物的沸点: $X < Y$
- B. 第一电离能: $Z > W$
- C. X 与 W 形成的化合物中既有离子键又有共价键
- D. Y 与氧元素可以形成空间构型为正四面体的阴离子



图 5

16. 某化工厂废水中存在大量污染环境的氰根和磷酸根，可用电解法（铁、石墨作电极）去除。电解时，用如图 6 所示原理除去氰根，翻转电源正负极可利用 Fe^{2+} 将 PO_4^{3-} 转化为 $Fe_3(PO_4)_2$ 沉淀而除去磷酸根。下列说法正确的是

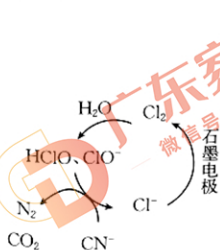


图 6

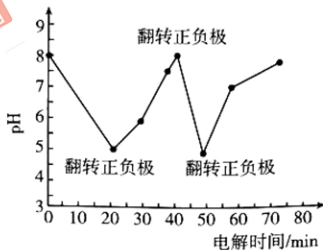


图 7

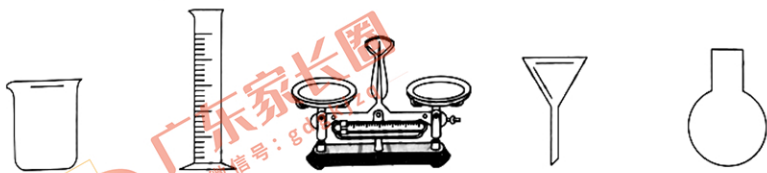
- A. 图 7 中 0~20 min，石墨接外电源的负极
- B. 图 7 中 0~20 min 内去除的是氰根，此时阳极的电极反应式为 $2CN^- - 10e^- + 4H_2O = 2CO_2 \uparrow + N_2 \uparrow + 8H^+$
- C. 在废水中加入适量的 Na_2CO_3 或 $NaHCO_3$ ，会使除氰根效果降低
- D. 图 7 中 20~40 min 内去除的是 PO_4^{3-} ，理论上去除 95 g PO_4^{3-} ，阴极产生标况下气体 33.6 L

二、非选择题：本题共 4 小题，共 56 分。

17. (14 分) 为探究 $FeCl_3$ 与 SO_2 的反应原理，现设计如下实验，请回答下列问题：

I. $FeCl_3$ 溶液的配制：

(1) 由 $FeCl_3$ 固体配制 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $FeCl_3$ 溶液，需要的仪器有药匙、玻璃棒、_____（从下列图中选择，写出名称）。



(2) 配制 $FeCl_3$ 溶液的过程中加入盐酸的目的是_____。

II. 探究 $FeCl_3$ 与 SO_2 的反应原理：

某实验小组在做二氧化硫性质实验时，发现将 SO_2 气体通入 $5 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $FeCl_3$ 溶液中至饱和，溶液的颜色很快由黄色变成红棕色，5 min 颜色不变，12 h 后溶液的颜色变为浅绿色。

红棕色物质的成分

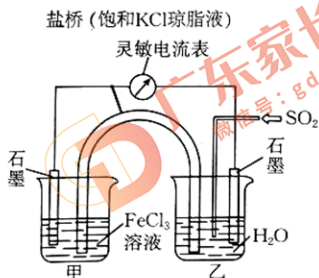
(3) 甲同学认为上述红棕色物质为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 现设计如下实验探究。

编号	操作	现象
i	取 2 mL 红棕色溶液于试管中, 用激光笔照射此溶液	_____
ii	取 2 mL 红棕色溶液于试管中, 再给溶液微热 3 分钟	微热后红棕色消失, 最终溶液变为浅绿色

综上所述, 上述红棕色物质不是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, FeCl_3 与 SO_2 的反应生成了 Fe^{2+} 。

探究二: 探究溶液变为红棕色的原因

(4) 乙同学猜测 Fe^{3+} 或 Fe^{2+} 与含硫的某种微粒发生了副反应导致异常的现象发生, 现用如下电化学装置探究 FeCl_3 与 SO_2 的反应原理:



编号	操作	现象
iii	取甲池中少量溶液于试管中, 加入 2 滴 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液	① _____
iv	取乙池中少量溶液于试管中, 加入 ② _____	产生白色沉淀

③ 综上所述, 乙池发生的电极反应为 _____; 理论上乙池每消耗标况下 22.4 L SO_2 , 此时转移电子的物质的量为 _____ mol。

(5) 乙同学发现上述电化学装置中并未出现红棕色物质, 乙同学通过查阅资料猜测上述体系中可能发生以下反应, 并设计以下实验进行验证。(限选试剂: $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$ 溶液; $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_2$ 溶液; $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸; $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液)

- i: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$;
 ii: $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$;
 iii: $\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$;
 iv: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{Fe}^{2+}$;
 v: $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{FeSO}_3 \downarrow$ (墨绿色);
 vi: $\text{Fe}^{3+} + n\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SO}_3)_n^{-(2n+3)}$ (红棕色);

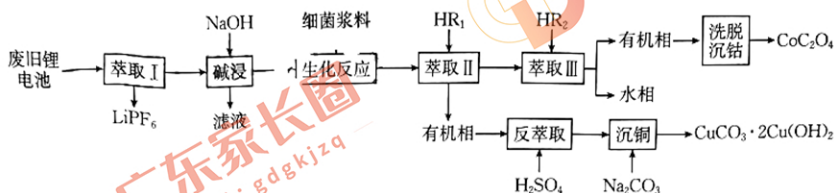
编号	操作	现象
v	将 1 mL 左右的饱和 Na_2SO_3 溶液逐滴滴加到 4 mL 新制的 ① _____ 溶液中	有墨绿色的絮状沉淀产生
vi	将 1 mL 左右的饱和 Na_2SO_3 溶液逐滴滴加到 4 mL 新制的 ② _____ 溶液中	溶液的颜色变成了红棕色

综上所述,红棕色是未反应的 Fe^{3+} 与 SO_3^{2-} 形成了配离子 $\text{Fe}(\text{SO}_3)_n^{-2n+3}$; SO_2 与 FeCl_3 溶液的反应体系中既存在我们熟悉的氧化还原反应,也存在配合反应。

③根据以上实验结果可知,加浓盐酸可以避免 FeCl_3 与 SO_2 反应时出现红棕色的原因是_____。

(6)写出 SO_2 在生产或生活中的一种应用:_____。

18. (14分)以下工艺实现了废旧锂电池中金属元素的回收利用。已知废旧锂离子电池的主要成分为 LiCoO_2 、 LiPF_6 以及 Cu 、 Al 等单质,请回答以下问题:



(1) Co 的价电子排布式是_____。

(2)“生化反应”也可使用 H_2SO_4 和 H_2O_2 还原钴,该过程中 LiCoO_2 与还原剂的物质的量之比为_____,“萃取 III”所得水相中主要的金属离子为 Na^+ 和_____。

(3) Co^{2+} 萃取率随温度变化如图 8 所示,请解释变化的原因:_____。

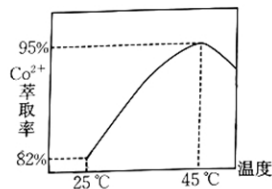


图 8

(4)沉铜过程中发生反应的离子方程式为_____。

(5)科研工作者为了提高电极材料的电化学性能,在正极材料 LiCoO_2 中掺杂元素 Ni ,当有 50%的 Co^{3+} 被 Ni^{2+} 代替后,晶体中会失去部分 O^{2-} 产生缺陷,则掺杂后 Li^+ 和 O^{2-} 的个数比为 1:_____。

(6)在正极材料 LiCoO_2 中掺杂 Ni 、 Mn 元素后的一种晶胞如图 9 所示:

①该物质的化学式为_____。

②已知晶胞底面边长是 a pm,高是 b pm,晶胞最简式的摩尔质量为 M_r ,计算该晶胞的密度 $\rho =$ _____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

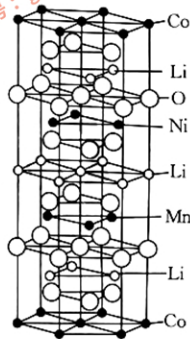
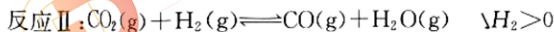
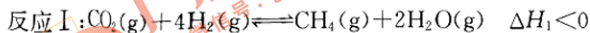


图 9

19. (14分)碳中和是我国的重要战略目标,以 H_2 和 CO_2 合成 CH_4 受到广泛关注,该过程主要涉及以下两个反应:



回答下列问题:

(1)已知: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, 反应 I: $\Delta G_1 = -165 + 0.173T$; 反应 II: $\Delta G_2 = 41 - 0.042T$; 则反应 I 的 $\Delta H_1 =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。请计算 $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$$\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

(2) CeO_2 催化 H_2 和 CO_2 转化为 CH_4 的机理如图 10 所示, 下列说法正确的有

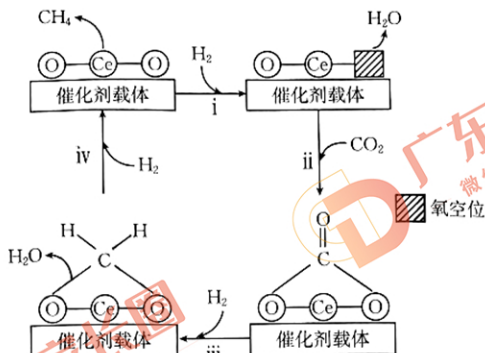
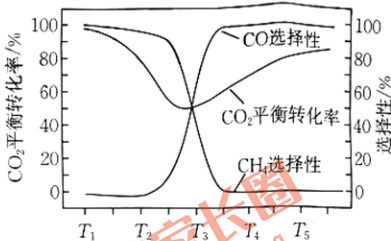


图 10

- A. 反应 i 中 Ce 化合价升高
- B. CeO_2 减小了反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 ΔH
- C. 反应一段时间后催化剂活性下降, 可能是 CeO_2 被还原成 Ce 所致
- D. 若用 C^{18}O_2 参与反应, 一段时间后, ^{18}O 可能出现在 CeO_2 中

(3) 在一定条件下, 对于反应 I 和 II 二氧化碳的平衡转化率与产物的选择性随温度的变化如图 11 所示。已知: 某产物的选择性是指生成该产物所消耗反应物的量占消耗的反应物总量的比例。



① 当温度低于 T_3 K 时, CO_2 的平衡转化率随温度升高而减小的原因是_____。

② 为同时提高合成 CH_4 的速率和选择性, 可以采取的措施是_____ (只答一条)。

③ T_1 K 时, 只发生反应 I, 向恒容密闭容器中加入一定量的 H_2 和过量的 CaCO_3 [已知: $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$; T_1 K 时 $K_p = p$ kPa], 初始和平衡时容器内的压强分别为 p_1 kPa 和 p_2 kPa, 则平衡时 CH_4 的分压为_____ kPa。(已知: 气体分压 = 总压 \times 气体的物质的量分数; 以平衡分压代替平衡浓度计算可得分压平衡常数 K_p)。

(4) 以 CeO_2 为催化剂时, $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 反应的阿伦尼乌斯公式的实验数据如图 12 中曲线 a 所示, 已知

阿伦尼乌斯公式为 $R \ln k = -\frac{E_a}{T} + C$ (E_a 为活化能, k 为速率常数, R 和 C 为常数)。当使用更高效 NiCeO_2 为催化剂时, 在图 12 中

画出 $R \ln k$ 与 $\frac{1}{T}$ 关系的示意图。

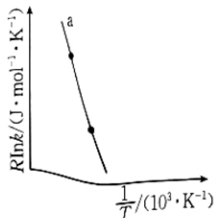
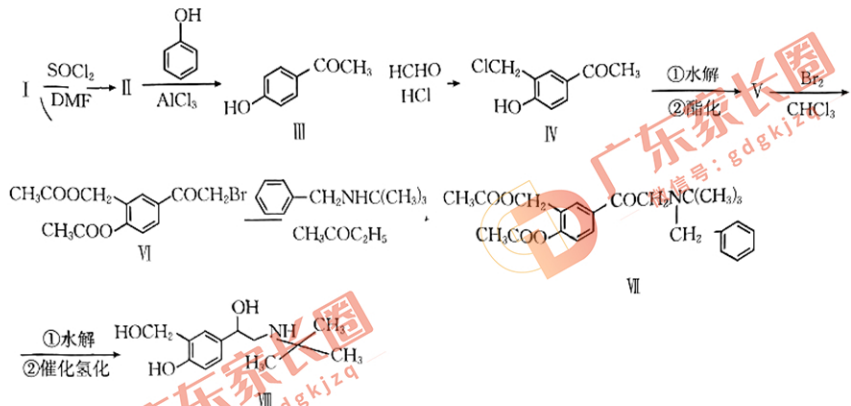
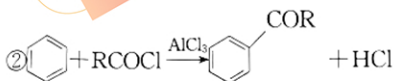


图 12

20. (14分)沙丁胺醇(VIII)是一种治疗呼吸系统疾病的重要药品,其合成路线如下图所示。



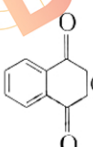
已知:



请回答下列问题:

- I的名称为_____。Ⅷ中含氧官能团的名称为_____。
- 已知V的化学式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{O}_5$,则V的结构式为_____。
- Ⅵ \rightarrow Ⅶ的反应方程式为_____。
- 根据有机物Ⅲ的结构特征,分析预测其可能的化学性质,完成下表。

序号	反应试剂及条件	反应形成的新结构	反应类型
①			加成反应
②			取代反应

- (5)以苯和 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 为主要原料合成 (模仿已知①②):

- 生成最终产物时,参与反应的有机物是_____和_____。
- 合成路线中有“醇制醛”,写出该反应的化学方程式:_____。
- 写出 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 在合成路线中第一步反应的化学方程式:_____。