
2021 年河北省普通高中学业水平选择性考试

化学

注意事项:

- 1.答卷前,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。

可能用到的相对原子质量: H-1 Li-7 B-11 C-12 O-16 Na-23

P-31 S-32 Cl-35.5 K-39 Pb-207

一、单项选择题: 本题共 9 小题, 每小题 3 分, 共 27 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。

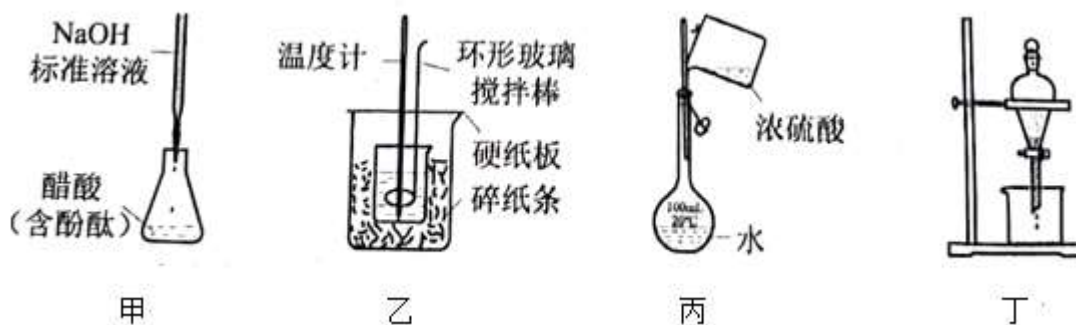
1. “灌钢法”是我国古代劳动人民对钢铁冶炼技术的重大贡献, 陶弘景在其《本草经集注》中提到“钢铁是杂炼生铁作刀镰者”。“灌钢法”主要是将生铁和熟铁(含碳量约 0.1%)混合加热, 生铁熔化灌入熟铁, 再锻打成钢。下列说法错误的是

- A. 钢是以铁为主的含碳合金
- B. 钢的含碳量越高, 硬度和脆性越大
- C. 生铁由于含碳量高, 熔点比熟铁高
- D. 冶炼铁的原料之一赤铁矿的主要成分为 Fe_2O_3

2. 高分子材料在生产生活中应用广泛。下列说法错误的是

- A. 芦苇可用于制造黏胶纤维, 其主要成分为纤维素
- B. 聚氯乙烯通过加聚反应制得, 可用于制作不粘锅的耐热涂层
- C. 淀粉是相对分子质量可达几十万的天然高分子物质
- D. 大豆蛋白纤维是一种可降解材料

3. 下列操作规范且能达到实验目的的是



- A. 图甲测定醋酸浓度
B. 图乙测定中和热
C. 图丙稀释浓硫酸
D. 图丁萃取分离碘水中的碘

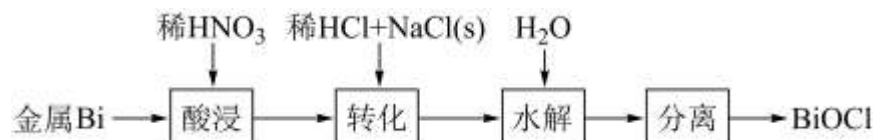
4. 硫和氮及其化合物对人类生存和社会发展意义重大，但硫氧化物和氮氧化物造成的环境问题也日益受到关注，下列说法正确的是

- A. NO_2 和 SO_2 均为红棕色且有刺激性气味的气体，是酸雨的主要成因
B. 汽车尾气中的主要大气污染物为 NO 、 SO_2 和 $\text{PM}_{2.5}$
C. 植物直接吸收利用空气中的 NO 和 NO_2 作为肥料，实现氮的固定
D. 工业废气中的 SO_2 可采用石灰法进行脱除

5. 用中子轰击 ${}_Z^N\text{X}$ 原子产生 α 粒子(即氦核 ${}_2^4\text{He}$)的核反应为: ${}_Z^N\text{X} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_p^7\text{Y} + {}_2^4\text{He}$ 。已知元素 Y 在化合物中呈+1 价。下列说法正确的是

- A. H_3XO_3 可用于中和溅在皮肤上的 NaOH 溶液
B. Y 单质在空气中燃烧的产物是 Y_2O_2
C. X 和氢元素形成离子化合物
D. ${}^6\text{Y}$ 和 ${}^7\text{Y}$ 互为同素异形体

6. BiOCl 是一种具有珠光泽的材料，利用金属 Bi 制备 BiOCl 的工艺流程如图:



下列说法错误的是

- A. 酸浸工序中分次加入稀 HNO_3 可降低反应剧烈程度
B. 转化工序中加入稀 HCl 可抑制生成 BiONO_3
C. 水解工序中加入少量 $\text{CH}_3\text{COONa}(\text{s})$ 可提高 Bi^{3+} 水解程度

D. 水解工序中加入少量 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ 有利于 BiOCl 的生成

7. N_A 是阿伏加德罗常数的值，下列说法错误的是

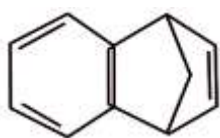
A. 22.4L(标准状况)氟气所含的质子数为 $18N_A$

B. 1mol 碘蒸气和 1mol 氢气在密闭容器中充分反应，生成的碘化氢分子数小于 $2N_A$

C. 电解饱和食盐水时，若阴阳两极产生气体的总质量为 73g，则转移电子数为 N_A

D. 1L $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 溴化铵水溶液中 NH_4^+ 与 H^+ 离子数之和大于 N_A

8. 苯并降冰片烯是一种重要的药物合成中间体，结构简式如图。关于该化合物，下列说法正确的是



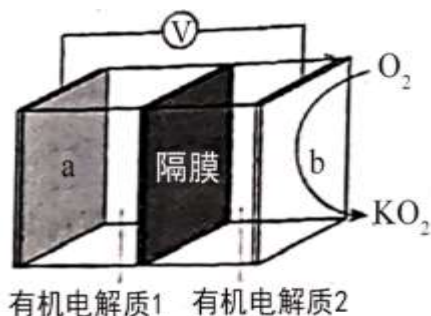
A. 是苯的同系物

B. 分子中最多 8 个碳原子共平面

C. 一氯代物有 6 种(不考虑立体异构)

D. 分子中含有 4 个碳碳双键

9. $\text{K}-\text{O}_2$ 电池结构如图，a 和 b 为两个电极，其中之一为单质钾片。关于该电池，下列说法错误的是



A. 隔膜允许 K^+ 通过，不允许 O_2 通过

B. 放电时，电流由 b 电极沿导线流向 a 电极；充电时，b 电极为阳极

C. 产生 1Ah 电量时，生成 KO_2 的质量与消耗 O_2 的质量比值约为 2.22

D. 用此电池为铅酸蓄电池充电，消耗 3.9g 钾时，铅酸蓄电池消耗 0.9g 水

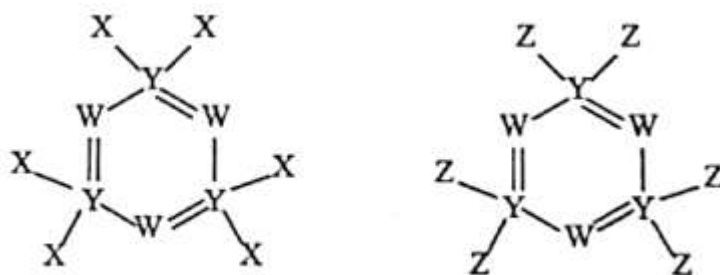
二、不定项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。在每小题给出的四个选项中，有一项或两项符合题目要求。若正确答案只包括一个选项，多选时，该小题得 0 分；若正确答案包括两个选项，只选一个且正确的得 2 分，选两个且

都正确的得 4 分，但只要选错一个，该小题得 0 分。

10. 关于非金属含氧酸及其盐的性质，下列说法正确的是

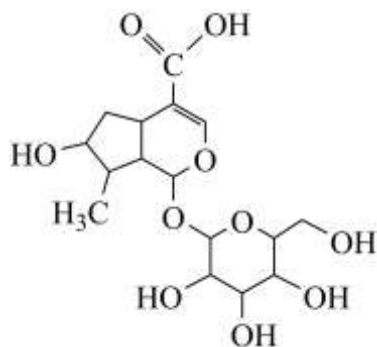
- A. 浓 H_2SO_4 具有强吸水性，能吸收糖类化合物中的水分并使其炭化
- B. NaClO 、 KClO_3 等氯的含氧酸盐的氧化性会随溶液的 pH 减小而增强
- C. 加热 NaI 与浓 H_3PO_4 混合物可制备 HI ，说明 H_3PO_4 比 HI 酸性强
- D. 浓 HNO_3 和稀 HNO_3 与 Cu 反应的还原产物分别为 NO_2 和 NO ，故稀 HNO_3 氧化性更强

11. 如图所示的两种化合物可应用于阻燃材料和生物材料的合成。其中 W、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期元素，X 和 Z 同主族，Y 原子序数为 W 原子价电子数的 3 倍。下列说法正确的是



- A. X 和 Z 的最高化合价均为 +7 价
- B. HX 和 HZ 在水中均为强酸，电子式可表示为 $\text{H}:\ddot{\text{X}}:$ 与 $\text{H}:\ddot{\text{Z}}:$
- C. 四种元素中，Y 原子半径最大，X 原子半径最小
- D. Z、W 和氢三种元素可形成同时含有离子键和共价键的化合物

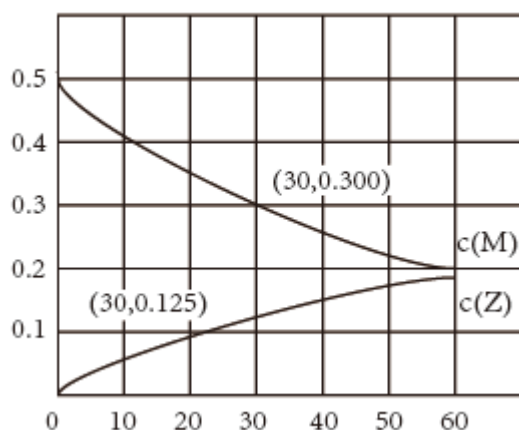
12. 番木鳖酸具有一定的抗炎、抗菌活性，结构简式如图。下列说法错误的是



- A. 1mol 该物质与足量饱和 NaHCO_3 溶液反应，可放出 22.4L(标准状况) CO_2
- B. 一定量 该物质分别与足量 Na 、 NaOH 反应，消耗二者物质的量之比为 5: 1
- C. 1mol 该物质最多可与 2mol H_2 发生加成反应
- D. 该物质可被酸性 KMnO_4 溶液氧化

13. 室温下，某溶液初始时仅溶有 M 和 N 且浓度相等，同时发生以下两个反应：

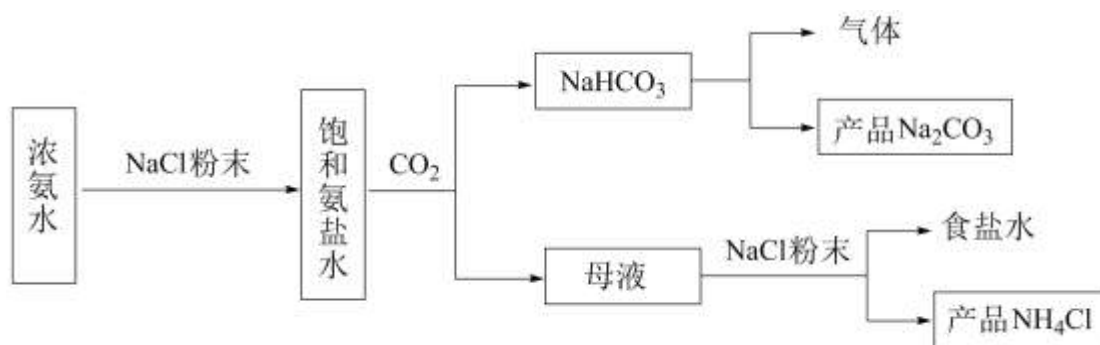
① $M+N=X+Y$ ；② $M+N=X+Z$ ，反应①的速率可表示为 $v_1=k_1c(M)$ ，反应②的速率可表示为 $v_2=k_2c^2(M)$ (k_1 、 k_2 为速率常数)。反应体系中组分 M、Z 的浓度随时间变化情况如图，下列说法错误的是



- A. 0~30min 时间段内，Y 的平均反应速率为 $6.67 \times 10^{-8} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 反应开始后，体系中 Y 和 Z 的浓度之比保持不变
- C. 如果反应能进行到底，反应结束时 62.5% 的 M 转化为 Z
- D. 反应①的活化能比反应②的活化能大

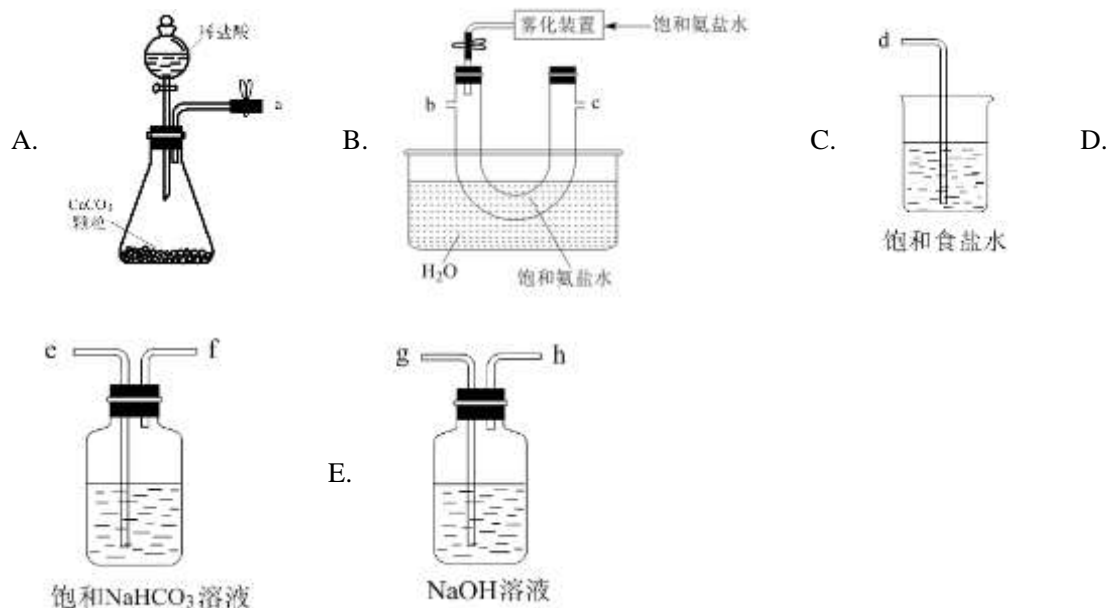
三、非选择题：共 57 分，第 14~16 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 17~18 题为选考题，考生根据要求作答。

14. 化工专家侯德榜发明的侯氏制碱法为我国纯碱工业和国民经济发展做出了重要贡献，某化学兴趣小组在实验室中模拟并改进侯氏制碱法制备 NaHCO_3 ，进一步处理得到产品 Na_2CO_3 和 NH_4Cl ，实验流程如图：



回答下列问题：

(1) 从 A~E 中选择合适的仪器制备 NaHCO_3 ，正确的连接顺序是___(按气流方向，用小写字母表示)。为使 A 中分液漏斗内的稀盐酸顺利滴下，可将分液漏斗上部的玻璃塞打开或___。



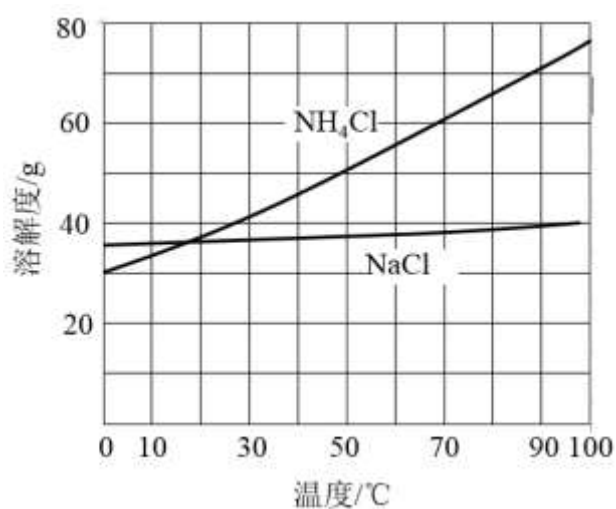
(2) B 中使用雾化装置的优点是__。

(3) 生成 NaHCO_3 的总反应的化学方程式为__。

(4) 反应完成后，将 B 中 U 形管内的混合物处理得到固体 NaHCO_3 和滤液：

① 对固体 NaHCO_3 充分加热，产生的气体先通过足量浓硫酸，再通过足量 Na_2O_2 ， Na_2O_2 增重 0.14g，则固体 NaHCO_3 的质量为__g。

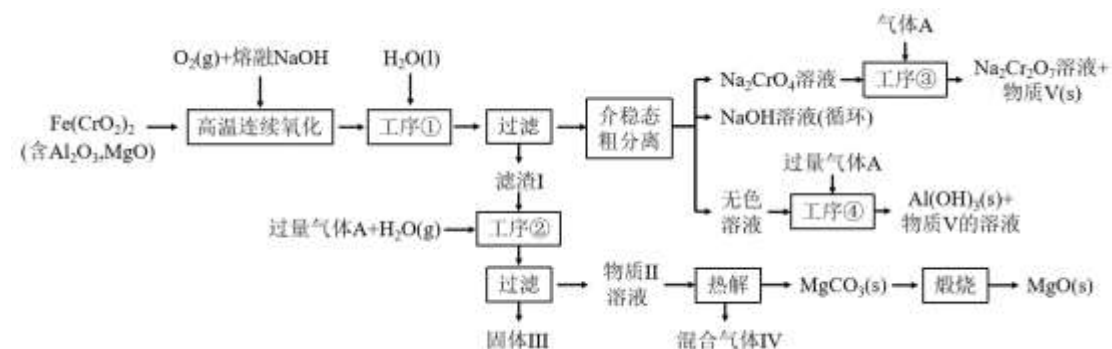
② 向滤液中加入 NaCl 粉末，存在 $\text{NaCl}(\text{s}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 过程。为使 NH_4Cl 沉淀充分析出并分离，根据 NaCl 和 NH_4Cl 溶解度曲线，需采用的操作为__、__、洗涤、干燥。



(5) 无水 NaHCO_3 可作为基准物质标定盐酸浓度。称量前，若无水 NaHCO_3 保存不当，吸收了一定量水分，用其标定盐酸浓度时，会使结果__(填标号)。

A.偏高 B.偏低 不变

15. 绿色化学在推动社会可持续发展中发挥着重要作用。某科研团队设计了一种熔盐液相氧化法制备高价铬盐的新工艺，该工艺不消耗除铬铁矿、氢氧化钠和空气以外的其他原料，不产生废弃物，实现了 Cr—Fe—Al—Mg 的深度利用和 Na⁺内循环。工艺流程如图：



回答下列问题：

- (1)高温连续氧化工序中被氧化的元素是_____ (填元素符号)。
- (2)工序①的名称为_____。
- (3)滤渣的主要成分是_____ (填化学式)。
- (4)工序③中发生反应的离子方程式为_____。
- (5)物质 V 可代替高温连续氧化工序中的 NaOH，此时发生的主要反应的化学方程式为_____，可代替 NaOH 的化学试剂还有_____ (填化学式)。
- (6)热解工序产生的混合气体最适宜返回工序_____ (填“①”或“②”或“③”或“④”)参与内循环。
- (7)工序④溶液中的铝元素恰好完全转化为沉淀的 pH 为_____。(通常认为溶液中离子浓度小于 $10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 为沉淀完全； $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_4^-$ ； $K=10^{0.63}$ ， $K_w=10^{-14}$ ， $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3]=10^{-33}$)

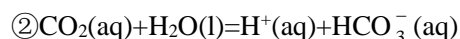
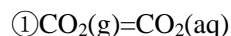
16. 当今，世界多国相继规划了碳达峰、碳中和的时间节点。因此，研发二氧化碳利用技术，降低空气中二氧化碳含量成为研究热点。

(1)大气中的二氧化碳主要来自于煤、石油及其他含碳化合物的燃烧。已知 25℃ 时，相关物质的燃烧热数据如表：

| 物质 | H ₂ (g) | C(石墨，s) | C ₆ H ₆ (l) |
|---|--------------------|---------|-----------------------------------|
| 燃烧热 $\Delta H(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ | -285.8 | -393.5 | -3267.5 |

(1)则 25℃ 时 H₂(g) 和 C(石墨，s) 生成 C₆H₆(l) 的热化学方程式为_____。

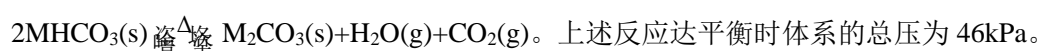
(2)雨水中含有来自大气的 CO_2 ，溶于水中的 CO_2 进一步和水反应，发生电离：



25℃时，反应②的平衡常数为 K_2 。

溶液中 CO_2 的浓度与其在空气中的分压成正比(分压=总压×物质的量分数)，比例系数为 $\text{y mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ ，当大气压强为 p kPa ，大气中 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的物质的量分数为 x 时，溶液中 H^+ 浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (写出表达式，考虑水的电离，忽略 HCO_3^- 的电离)

(3)105℃时，将足量的某碳酸氢盐(MHCO_3)固体置于真空恒容容器中，存在如下平衡：



保持温度不变，开始时在体系中先通入一定量的 $\text{CO}_2(\text{g})$ ，再加入足量 $\text{MHCO}_3(\text{s})$ ，欲使平衡时体系中水蒸气的分压小于 5 kPa， $\text{CO}_2(\text{g})$ 的初始压强应大于 _____ kPa。

(4)我国科学家研究 $\text{Li}-\text{CO}_2$ 电池，取得了重大科研成果，回答下列问题：

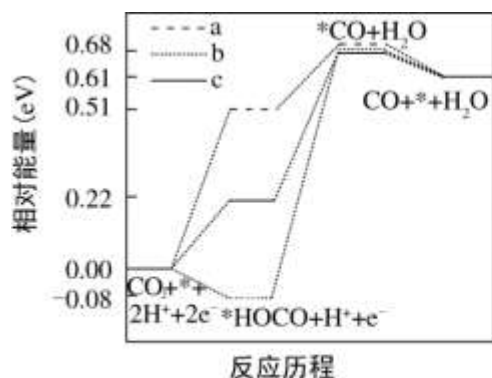
① $\text{Li}-\text{CO}_2$ 电池中， Li 为单质锂片，则该电池中的 CO_2 在 _____ (填“正”或“负”)极发生电化学反应。研究表明，该电池反应产物为碳酸锂和单质碳，且 CO_2 电还原后与锂离子结合形成碳酸锂按以下 4 个步骤进行，写出步骤Ⅲ的离子方程式。



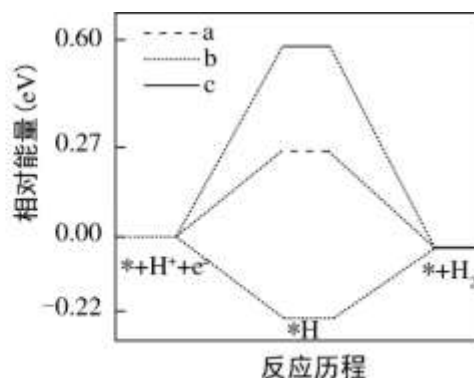
②研究表明，在电解质水溶液中， CO_2 气体可被电化学还原。

I. CO_2 在碱性介质中电还原为正丙醇($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)的电极反应方程式为 _____。

II. 在电解质水溶液中，三种不同催化剂(a、b、c)上 CO_2 电还原为 CO 的反应进程中(H^+ 被还原为 H_2 的反应可同时发生)，相对能量变化如图。由此判断， CO_2 电还原为 CO 从易到难的顺序为 _____ (用 a、b、c 字母排序)。



(a) CO_2 电还原为CO



(b) H^+ 电还原为 H_2

(二)选考题：共 15 分。请考生从 2 道题中任选一题作答，并用 2B 铅笔将答题卡上所选题目对应的题号右侧方框涂黑，按所涂题号进行评分；多涂、多答，按所涂的首题进行评分；不涂，按本选考题的首题进行评分。

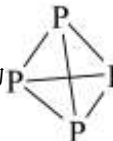
17. KH_2PO_4 晶体具有优异的非线性光学性能。我国科学工作者制备的超大 KH_2PO_4 晶体已应用于大功率固体激光器，填补了国家战略空白。回答下列问题：

(1)在 KH_2PO_4 的四种组成元素各自所能形成的简单离子中，核外电子排布相同的是___(填离子符号)。

(2)原子中运动 电子有两种相反的自旋状态，若一种自旋状态用 $+\frac{1}{2}$ 表示，与之相反的用 $-\frac{1}{2}$ 表示，称为电子的自旋磁量子数.对于基态的磷原子，其价电子自旋磁量子数的代数和为___。

(3)已知有关氮、磷的单键和三键的键能($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)如表：

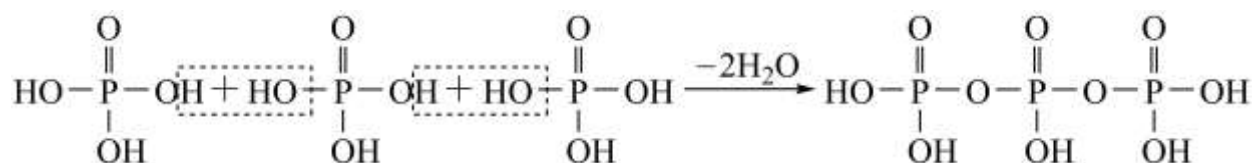
| N—N | $\text{N}\equiv\text{N}$ | P—P | $\text{P}\equiv\text{P}$ |
|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| 193 | 946 | 197 | 489 |

从能量角度看，氮以 N_2 、而白磷以 P_4 (结构式可表示为)形式存在的原因是___。

(4)已知 KH_2PO_4 是次磷酸的正盐， H_3PO_2 的结构式为___，其中 P 采取___杂化方式。

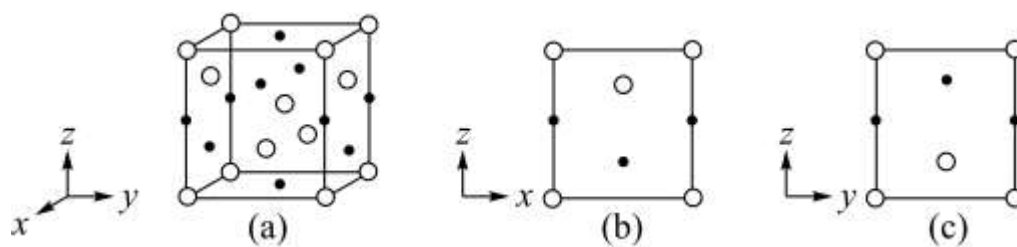
(5)与 PO_4^{3-} 电子总数相同的等电子体的分子式为___。

(6)磷酸通过分子间脱水缩合形成多磷酸，如：



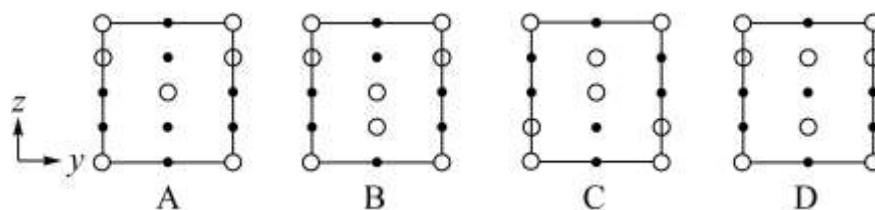
如果有 n 个磷酸分子间脱水形成环状的多磷酸，则相应的酸根可写为_____。

(7) 分别用 \circ 、 \bullet 表示 H_2PO_4^- 和 K^+ ， KH_2PO_4 晶体的四方晶胞如图(a)所示，图(b)、图(c)分别显示的是 H_2PO_4^- 、 K^+ 在晶胞 xz 面、 yz 面上的位置：

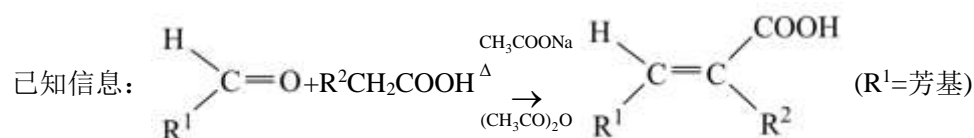
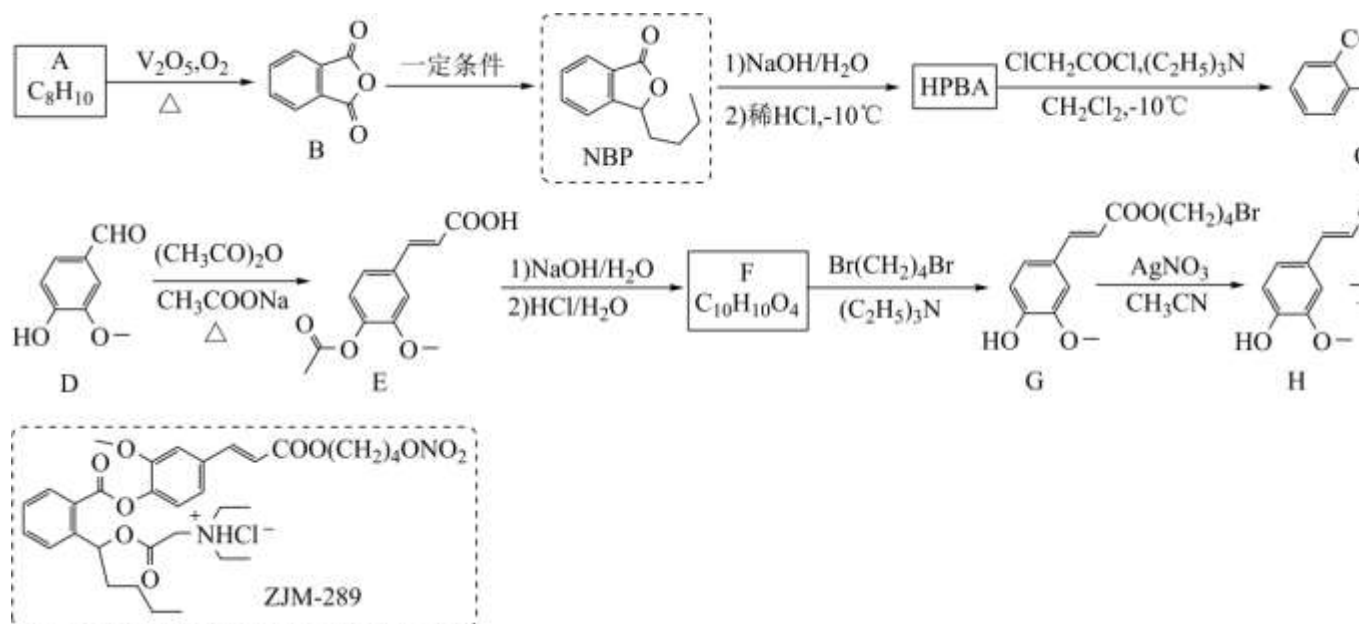


① 若晶胞底边的边长均为 $a\text{pm}$ 、高为 $c\text{pm}$ ，阿伏加德罗常数的值为 N_A ，晶体的密度 _____ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (写出表达式)。

② 晶胞在 x 轴方向的投影图为_(填标号)。



18. 丁苯酞(NBP)是我国拥有完全自主知识产权的化学药物，临床上用于治疗缺血性脑卒中等疾病。ZJM—289 是一种 NBP 开环体(HPBA)衍生物，在体内外可经酶促或化学转变成 NBP 和其它活性成分，其合成路线如图：



回答下列问题：

(1) A 的化学名称为_____。

(2) D 有多种同分异构体，其中能同时满足下列条件的芳香族化合物的结构简式为_____、_____。

①可发生银镜反应，也能与 FeCl_3 溶液发生显色反应；

②核磁共振氢谱有四组峰，峰面积比为 1 : 2 : 2 : 3。

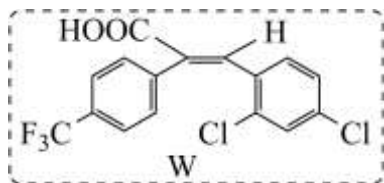
(3) E→F 中(步骤 1)的化学方程式为_____。

(4) G→H 的反应类型为_____。若以 NaNO_3 代替 AgNO_3 ，则该反应难以进行， AgNO_3 对该反应的促进作用主要是因为_____。

(5) HPBA 的结构简式为_____。通常酯化反应需在酸催化、加热条件下进行，对比 HPBA 和 NBP 的结构，说明常温下 HPBA 不稳定、易转化为 NBP 的主要原因_____。

(6) W 是合成某种抗疟疾药物的中间体类似物。设计由 2, 4—二氯甲苯()

和对三氟甲基苯乙酸()制备 W 的合成路线_____。(无机试剂和四个碳以下的有机试剂任选)。



2021 年河北省普通高中学业水平选择性考试

化学解析

一、单项选择题：

1.C

解析：

由题意可知，生铁熔化灌入熟铁，再锻打成钢，说明生铁的熔点低于熟铁，故 C 错误，故选 C。

2. B

解析：

大豆蛋白纤维的主要成分为蛋白质，能够被微生物分解，因此大豆蛋白纤维是一种可降解材料，故 D 正确。

3. A

解析：

氢氧化钠溶液呈碱性，因此需装于碱式滴定管，氢氧化钠溶液与醋酸溶液恰好完全反应后生成的醋酸钠溶液呈碱性，因此滴定过程中选择酚酞作指示剂，当溶液由无色变为淡红色时，达到滴定终点，故 A 选。

4. D

解析：

工业废气中的 SO_2 可采用石灰法进行脱除，如加入石灰石或石灰乳均可进行脱硫处理，D 正确，故选 D。

5. A

解析：

根据核反应为： ${}_Z^N\text{X} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_p^7\text{Y} + {}_2^4\text{He}$ 可知，X 的质量数 N 为 $4+7-1=10$ ，又因为 Y 在化合物中呈 +1 价，则推知 Y 位于 IA 族，质量数=质子数+中子数，Y 的质量数为 7，所以得出 Y 为 Li，其质子数 $p=3$ ，所以 X 的质子数 $Z=3+2-0=5$ ，核电荷数=原子序数=核内质子数=5，则推知 X 属于 B 元素。 H_3BO_3 为硼酸，氢氧化钠溶液具有腐蚀性，若不慎将 NaOH 溶液溅到皮肤上，则需用大量水冲洗，同时涂抹 H_3BO_3 ，以中和碱液，A 正确，故选 A。

6. D

解析：

氯化铋水解生成 BiOCl 的离子方程式为 $\text{Bi}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BiOCl} + 2\text{H}^+$ ，水解工序中加入少量 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ ，铵根离子水解生成氢离子，使氢离子浓度增大，根据勒夏特列原理分析，氯化铋水解平衡左移，不利于生成 BiOCl ，且部分铋离子与硝酸根、水也会发生反应 $\text{Bi}^{3+} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BiONO}_3 + 2\text{H}^+$ ，也不利于生成 BiOCl ，综上所述，D 错误，故选 D。

7. C

解析：

电解饱和食盐水时电极总反应为： $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow$ ，若阴阳两极产生气体分别是氢气与氯气，且物质的量之比为 1:1，若气体的总质量为 73g，则说明反应生成的氢气与氯气的物质的量各自为 1mol，根据关系式 $\text{H}_2: 2\text{e}^-$ 可知，转移的电子数为 $2N_A$ ，C 错误，故选 C

8. B

解析：

由结构简式可知，苯并降冰片烯分子中苯环上的 6 个碳原子和连在苯环上的 2 个碳原子共平面，共有 8 个碳原子，故 B 正确，故选 B。

9. D

解析：

由图可知，a 电极为原电池的负极，单质钾片失去电子发生氧化反应生成钾离子，电极反应式为 $\text{K} - \text{e}^- = \text{K}^+$ ，b 电极为正极，在钾离子作用下，氧气在正极得到电子发生还原反应生成超

氧化钾；铅酸蓄电池充电时的总反应方程式为 $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ，反应消耗 2mol 水，转移 2mol 电子，由得失电子数目守恒可知，耗 3.9g 钾时，铅酸蓄电池消耗水的质量为 $\frac{3.9\text{g}}{39\text{g/mol}} \times 18\text{g/mol} = 1.8\text{g}$ ，故 D 错误，故选 D

二、不定项选择题：

10. B

解析：

NaClO 在水溶液中会发生水解，离子方程式为： $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{OH}^-$ ，pH 减小，则酸性增强，会促使平衡向正反应方向移动，生成氧化性更强的 HClO ， ClO_3^- 在酸性条件下可生成具有强氧化性的氯气、二氧化氯等气体，增强氧化能力，B 正确，故选 B。

11. CD

解析：

结合图中所示结构可知图中两种化合物均为共价化合物，已知 X 和 Z 同主族，可得 X 和 Z 同为第 VIIA 族，Y 为第 VA 族元素，W 为第 IIIA 族或第 VA 族元素，再结合 W、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期元素，Y 原子序数为 W 原子价电子数的 3 倍推知 W、X、Y、Z 分别为 N、F、P、Cl；四种元素 W (N)、X (F)、Y (P)、Z (Cl) 中，W (N)、X (F) 有两个电子层，Y (P)、Z (Cl) 有三个电子层，半径大于 W (N) 和 X (F)，Y (P) 原子序数小于 Z (Cl)，故 Y 原子半径在这四种元素中最大；X (F) 原子序数大于 W (N)，故 X 原子半径在这四种元素中最小，C 正确；Z (Cl)、W (N) 和氢三种元素可形成氯化铵，属于同时含有离子键和共价键的化合物，D 正确；故选 CD。

12. BC

解析：

1mol 分子中含 5mol 羟基和 1mol 羧基，其中羟基和羧基均能与 Na 发生置换反应产生氢气，而只有羧基可与氢氧化钠发生中和反应，所以一定量的该物质分别与足量 Na 和 NaOH 反应，消耗二者物质的量之比为 6:1，B 错误；1mol 分子中含 1mol 碳碳双键，其他官能团不与氢气发生加成反应，所以 1mol 该物质最多可与 1mol H_2 发生加成反应，C 错误；故选 BC。

13. A

解析：

由图中数据可知，30min 时，M、Z 浓度分别为 $0.300\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.125\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，则 M 的变化量为 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}-0.300\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.200\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，其中转化为 Y 的变化量为 $0.200\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}-0.125\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}=0.075\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。因此，0~30min 时间段内，Y 的平均反应速率为 $\frac{0.075\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{30\text{ min}}=0.0025\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，A 说法不正确；故本题选 A。

三、非选择题：

14.

答案： (1). aefbcgh (2). 将玻璃塞上的凹槽对准漏斗颈部的小孔 (3). 使氨盐水雾化，可增大与二氧化碳的接触面积，从而提高产率（或其他合理答案） (4).

$\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{CO}_2=\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NaHCO}_3\downarrow$ (5). 0.84 (6). 蒸发浓缩 (7). 冷却结晶

(8). A

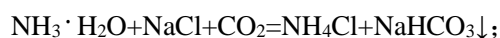
解析：

根据工艺流程知，浓氨水中加入氯化钠粉末形成饱和氨盐水后，再通入二氧化碳气体，发生反应： $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{CO}_2=\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NaHCO}_3\downarrow$ ，得到的碳酸氢钠晶体烘干后受热分解会生成碳酸钠、二氧化碳和水，从而制备得到纯碱；另一方面得到的母液主要溶质为 NH_4Cl ，再从加入氯化钠粉末，存在反应 $\text{NaCl}(\text{s})+\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})=\text{NaCl}(\text{aq})+\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ ，据此分析解答。

(1)根据分析可知，要制备 NaHCO_3 ，需先选用装置 A 制备二氧化碳，然后通入饱和碳酸氢钠溶液中除去二氧化碳中的 HCl，后与饱和氨盐水充分接触来制备 NaHCO_3 ，其中过量的二氧化碳可被氢氧化钠溶液吸收，也能充分利用二氧化碳制备得到少量 NaHCO_3 ，所以按气流方向正确的连接顺序应为：aefbcgh；为使 A 中分液漏斗内的稀盐酸顺利滴下，可将分液漏斗上部的玻璃塞打开或将玻璃塞上的凹槽对准漏斗颈部的小孔，故答案为：aefbcgh；将玻璃塞上的凹槽对准漏斗颈部的小孔；

(2)B 中使用雾化装置使氨盐水雾化，可增大与二氧化碳的接触面积，从而提高产率；

(3)根据上述分析可知，生成 NaHCO_3 的总反应的化学方程式为



(4)①对固体 NaHCO_3 充分加热，产生二氧化碳和水蒸气，反应的化学方程式为：

$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 将气体先通过足量浓硫酸，吸收水蒸气，再通过足量

Na_2O_2 ， Na_2O_2 与二氧化碳反应生成碳酸钠和氧气，化学方程式为：

$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ，根据方程式可知，根据差量法可知，当增重 0.14g（ 2CO

的质量）时，消耗的二氧化碳的质量为 $0.14\text{g} \times \frac{44}{28} = 0.22\text{g}$ ，其物质的量为

$\frac{22\text{g}}{44\text{g/mol}} = 0.005\text{mol}$ ，根据关系式 $2\text{NaHCO}_3 : \text{CO}_2$ 可知，消耗的 NaHCO_3 的物质的量

为 $2 \times 0.005\text{mol} = 0.01\text{mol}$ ，所以固体 NaHCO_3 的质量为 $0.01\text{mol} \times 84\text{g/mol} = 0.84\text{g}$ ；

②根据溶解度虽温度的变化曲线可以看出，氯化铵的溶解度随着温度的升高而不断增大，而氯化钠的溶解度随着温度的升高变化并不明显，所以要想使 NH_4Cl 沉淀充分析出并分离，需采用蒸发浓缩、冷却结晶、洗涤、干燥的方法，故答案为：蒸发浓缩、冷却结晶；

(5)称量前，若无水 NaHCO_3 保存不当，吸收了一定量水分，标准液被稀释，浓度减小，所

以用其标定盐酸浓度时，消耗的碳酸氢钠的体积 $V(\text{标})$ 会增大，根据 $c(\text{测}) = \frac{c(\text{标})V(\text{标})}{c(\text{测})}$ 可

知，最终会使 $c(\text{测})$ 偏高，A 项符合题意，故答案为：A。

15.

答案： (1). Fe、Cr (2). 溶解浸出 (3). MgO 、 Fe_2O_3 (4).

$2\text{Na}^+ + 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$ (5). $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 +$

$7\text{O}_2 + 16\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 16\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ (6). Na_2CO_3 (7). ② (8).

8.37

解析：

由题给流程可知，铬铁矿、氢氧化钠和空气在高温下连续氧化发生的反应为，在熔融氢氧化钠作用下， $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ 被氧气高温氧化生成铬酸钠和氧化铁，氧化铝与熔融氢氧化钠反应转化为偏铝酸钠，氧化镁不反应；将氧化后的固体加水溶解，过滤得到含有氧化镁、氧化铁的滤渣 1 和含有过量氢氧化钠、铬酸钠、偏铝酸钠的滤液；将滤液在介稳态条件下分离得到铬酸钠溶液、氢氧化钠溶液和偏铝酸钠溶液；向铬酸钠溶液中通入过量的二氧化碳得到重铬酸

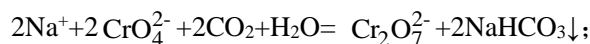
钠和碳酸氢钠沉淀；向偏铝酸钠溶液中通入过量的二氧化碳气体得到氢氧化铝沉淀和碳酸氢钠；向滤渣 1 中通入二氧化碳和水蒸气，氧化镁与二氧化碳和水蒸气反应转化为碳酸氢镁溶液；碳酸氢镁溶液受热分解得到碳酸镁固体和二氧化碳、水蒸气，二氧化碳、水蒸气可以在工序②循环使用；碳酸镁高温煅烧得到氧化镁。

(1)由分析可知，高温连续氧化工序中被氧化的元素是铁元素和铬元素，故答案为：Fe、Cr；

(2)由分析可知，工序①为将氧化后的固体加水溶解浸出可溶性物质，故答案为：溶解浸出；

(3)由分析可知，滤渣I的主要成分是氧化铁和氧化镁，故答案为：MgO、Fe₂O₃；

(4)工序③中发生的反应为铬酸钠溶液与过量的二氧化碳反应生成重铬酸钠和碳酸氢钠沉淀，反应的离子方程式为 $2\text{Na}^+ + 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{NaHCO}_3\downarrow$ ，故答案为：



(5)碳酸氢钠代替高温连续氧化工序中的氢氧化钠发生的主要反应为高温下，Fe(CrO₂)₂与氧气和碳酸氢钠反应生成铬酸钠、氧化铁、二氧化碳和水，反应的化学方程式为 $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 7\text{O}_2 + 16\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 16\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ；若将碳酸氢钠换为碳酸钠也能发生

类似的反应，故答案为： $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 7\text{O}_2 + 16\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 16\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ；

(6)热解工序产生的混合气体为二氧化碳和水蒸气，将混合气体通入滤渣 1 中可以将氧化镁转化为碳酸氢镁溶液，则混合气体最适宜返回工序为工序②，故答案为：②；

(7)工序④溶液中的铝元素恰好完全转化为沉淀的反应为

$\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，反应的平衡常数为

$$K_1 = \frac{1}{c[\text{Al}(\text{OH})_4^-]c(\text{H}^+)} = \frac{c(\text{OH}^-)}{c[\text{Al}(\text{OH})_4^-]c(\text{H}^+)c(\text{OH}^-)} = \frac{1}{K \cdot K_w} = 10^{13.37}$$

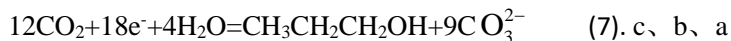
当 $c[\text{Al}(\text{OH})_4^-]$ 为 10^{-5}mol/L 时，溶液中氢离子浓度为 $\frac{1}{c[\text{Al}(\text{OH})_4^-]K_1} = \frac{1}{10^{-5} \times 10^{13.37}} \text{mol/L} = 10^{-8.37}\text{mol/L}$ ，则

溶液的 pH 为 8.37，故答案为：8.37。

16.

答案：(1). $6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$ $\Delta H = 49.1\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2). $\sqrt{K_2 p_{xy}}$ (3).

100.8 (4). 正 极 (5). $2\text{C} + \text{O}_2^{2-} + \text{CO}_2 = 2\text{C} + \text{O}_3^{2-} + \text{C}$ (6).



解析:

(1)根据表格燃烧热数据可知, 存在反应① $\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H_1 = -393.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,
 ② $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H_2 = -285.8\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, ③ $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) + \frac{15}{2} \text{O}_2(\text{g}) = 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H_3 = -3267.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据盖斯定律, $[\text{①} \times 12 + \text{②} \times 6] \times \frac{1}{2} - \text{③}$ 得反应: $6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) =$
 $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$,
 $\Delta H = [(-393.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 12 + (-285.8\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 6] \times \frac{1}{2} - (-3267.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 49.1\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故答
 案为: $6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$ $\Delta H = 49.1\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

(2)由题可知, ① $\text{CO}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq})$, ② $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$,

$$K_2 = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_2)}, \text{ 又因为 } p(\text{CO}_2) = p(\text{kPa}) \cdot x, \text{ 则 } c(\text{CO}_2) = y(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1})p(\text{CO}_2) = p \cdot x \cdot y$$

mol/L , 在忽略 HCO_3^- 的电离时, $c(\text{H}^+) = c(\text{HCO}_3^-)$, 所以可得 $c(\text{H}^+) = \sqrt{K_2 pxy}$, 故答案为:

$$\sqrt{K_2 pxy};$$

V

(3) $2\text{MHCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{M}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, 等温等容条件下, 压强之比等于物质的量之比,

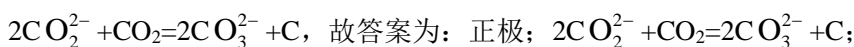
可用分压表示物质的量浓度, 平衡常数 $K_p = p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_{\text{CO}_2} = \frac{1}{2} \times 46 \times \frac{1}{2} \times 46 = 529\text{kPa}^2$ 。温度不

变化学平衡常数 K_p 不变, 设平衡时, 平衡体系中 CO_2 的分压为 x , 则 $K = p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_{\text{CO}_2} = 529\text{kPa}^2$,

$p_{\text{CO}_2} = \frac{529}{5} \text{kPa} = 105.8\text{kPa}$, CO_2 的初始压强等于平衡压强减去碳酸氢盐分解产生的 CO_2 的分

压, 即 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的初始压强应大于 $105.8\text{kPa} - 5\text{kPa} = 100.8\text{kPa}$, 故答案为: 100.8;

(4)①由题意知, Li-CO_2 电池的总反应式为: $4\text{Li} + 3\text{CO}_2 = 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$, CO_2 发生得电子的还原反应, 则 CO_2 作为电池的正极; CO_2 还原后与 Li^+ 结合成 Li_2CO_3 , 按 4 个步骤进行, 由步骤 II 可知生成了 C O_2^{2-} , 而步骤 IV 需要 C O_2^{2-} 参加反应, 所以步骤 III 的离子方程式为:



②I. CO_2 在碱性条件下得电子生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, 根据电子守恒和电荷守恒写出电极反应式为: $12\text{CO}_2 + 18\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 9\text{C O}_3^{2-}$, 故答案为:



II. c 催化剂条件下, CO_2 电还原的活化能小于 H^+ 电还原的活化能, 更容易发生 CO_2 的电还原; 而催化剂 a 和 b 条件下, CO_2 电还原的活化能均大于 H^+ 电还原的活化能, 相对来说, 更易发生 H^+ 的电还原。其中 a 催化剂条件下, H^+ 电还原的活化能比 CO_2 电还原的活化能小的更多, 发生 H^+ 电还原的可能性更大, 因此反应从易到难的顺序为 c、b、a, 故答案为: c、b、a。

(二)选考题:

17.

答案: (1). K^+ 和 P^{3-} (2). $+\frac{3}{2}$ 或 $-\frac{3}{2}$ (3). 在原子数目相同的条件下, N_2 比 N_4

具有更低的能量, 而 P_4 比 P_2 具有更低的能量, 能量越低越稳定 (4). $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{O}-\text{P}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ (5).

sp^3 (6). SiF_4 、 SO_2F_2 等 (7). $\text{P}_n\text{O}_{3n}^{n-}$ (8). $\frac{4 \times 136}{10^{-30} N_A a^2 c}$ (9). B

解析:

(1) 在 KH_2PO_4 的四种组成元素各自所能形成的简单离子分别为 H^+ (或 H^-)、 O^{2-} 、 K^+ 和 P^{3-} , 其中核外电子排布相同的是 K^+ 和 P^{3-} 。

(2) 对于基态的磷原子, 其价电子排布式为 $3s^2 3p^3$, 其中 3s 轨道的 2 个电子自旋状态相反, 自旋磁量子数的代数和为 0; 根据洪特规则可知, 其 3p 轨道的 3 个电子的自旋状态相同, 因此, 基态磷原子的价电子的自旋磁量子数的代数和为 $+\frac{3}{2}$ 或 $-\frac{3}{2}$ 。

(3) 根据表中的相关共价键的键能可知, 若 6mol N 形成类似白磷分子结构的 N_4 分子, 可以释放出的能量为 $193\text{kJ} \times 6 = 1158\text{kJ}$; 若 6mol N 形成 N_2 分子, 则可释放的能量为 $946\text{kJ} \times 2 = 1892\text{kJ}$, 显然, 形成 N_2 分子放出的能量更多, 故在 N 数目相同的条件下, N_2 具有更低的能量, 能量越低越稳定。同理, 若 6mol P 形成 P_4 分子, 可以释放出的能量为 $197\text{kJ} \times 6 = 1182\text{kJ}$; 若 6mol P 形成 P_2 分子, 则可释放的能量为 $489\text{kJ} \times 2 = 978\text{kJ}$, 显然, 形成 P_4 分子放出的能量更多, 故在 P 数目相同的条件下, P_4 具有更低的能量, 能量越低越稳定。

(4) 含氧酸分子中只有羟基上的 H 可以电离; 由 KH_2PO_2 是次磷酸的正盐可知, H_3PO_2 为

一元酸，其分子中只有一个羟基，另外 2 个 H 与 P 成键，还有一个 O 与 P 形成双键，故其

结构式为 $\text{H}-\text{O}-\text{P}(\text{H})_2=\text{O}$ ，其中 P 共形成 4 个 σ 键、没有孤电子对，故其价层电子对数为 4，

其采取 sp^3 杂化。

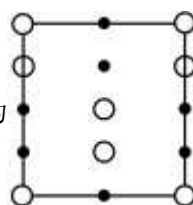
(5) 等电子体之间的原子总数和价电子总数都相同，根据前加后减、前减后加、总数不变的原则，可以找到与 PO_4^{3-} 电子总数相同的等电子体分子为 SiF_4 、 SO_2F_2 等。

(6) 由题中信息可知，n 个磷酸分子间脱去 (n-1) 个水分子形成链状的多磷酸，因此，如果有 n 个磷酸分子间脱水形成环状的多磷酸，则可脱去 n 个水分子得到 $(\text{HPO}_3)_n$ ，其失去 H^+ 后得到相应的酸根，故该酸根可写为 $\text{P}_n\text{O}_{3n}^{n-}$ 。

(7) ①由晶胞结构可知， H_2PO_4^- 位于晶胞的顶点、面上和体心，顶点上有 8 个、面上有 4 个，体心有 1 个，故晶胞中 H_2PO_4^- 的数目为 $8 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{2} + 1 = 4$ ； K^+ 位于面上和棱上，面上有 6 个，棱上 4 个，故晶胞中 K^+ 的数目为 $6 \times \frac{1}{2} + 4 \times \frac{1}{4} = 4$ 。因此，平均每个晶胞中占有的 H_2PO_4^- 和 K^+ 的数目均为 4，若晶胞底边的边长均为 $a\text{pm}$ 、高为 $c\text{pm}$ ，则晶胞的体积为

$10^{-30}a^2c\text{ cm}^3$ ，阿伏加德罗常数的值为 N_A ，晶体的密度为 $\frac{4 \times 136}{10^{-30} N_A a^2 c} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

②由图 (a)、(b)、(c) 可知，晶胞在 x 轴方向的投影图为



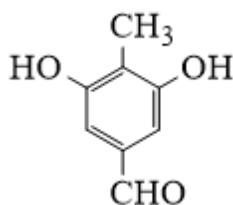
，选 B。

18.

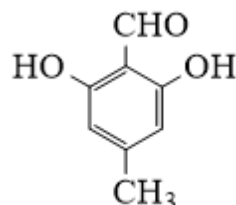
答案：

(1). 邻二甲苯

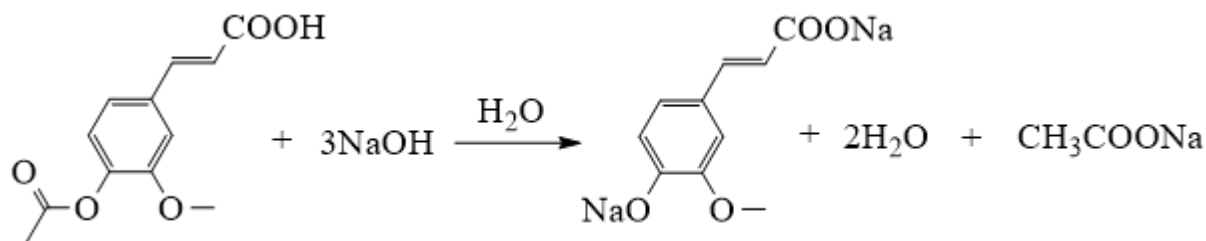
(2).



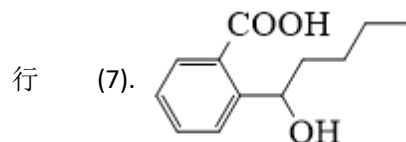
(3).



(4).

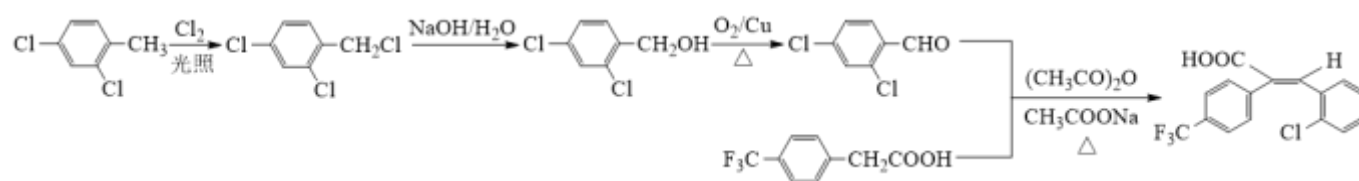


(5). 取代反应 (6). AgNO_3 反应生成的 AgBr 难溶于水, 使平衡正向移动促进反应进



(8). HPBA 中烃基的空间位阻较大, 使得羟基较为活

泼, 常温下不稳定、易转化为 NBP (9).



解析:

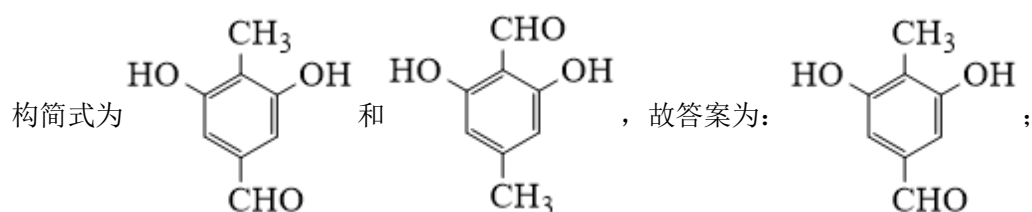
(1)A 的分子式为 C_8H_{10} , 不饱和度为 4, 说明取代基上不含不饱和键, A 与 O_2 在 V_2O_5 作催

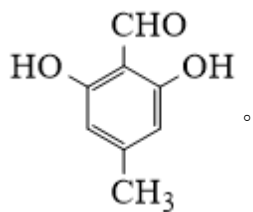
化剂并加热条件下生成 , 由此可知 A 的结构简式为 , 其名称为

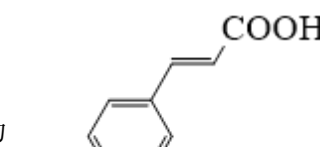
邻二甲苯, 故答案为: 邻二甲苯。

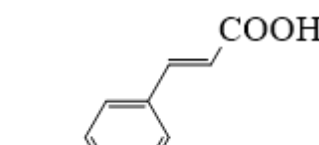
(2) 的同分异构体满足: ①可发生银镜反应, 也能与 FeCl_3 溶液发生显色反应,

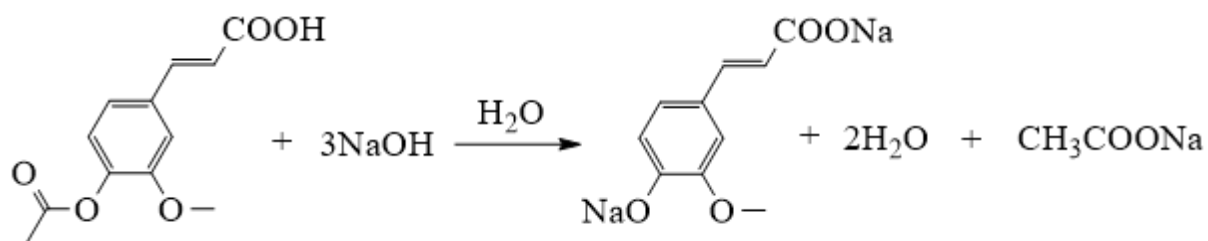
说明结构中含有醛基和酚羟基, 根据不饱和度可知该结构中除醛基外不含其它不饱和键, ②核磁共振氢谱有四组峰, 峰面积比为 1: 2: 2: 3, 说明该结构具有对称性, 根据该结构中氧原子数可知该结构中含有 1 个醛基、2 个酚羟基、1 个甲基, 满足该条件的同分异构体结



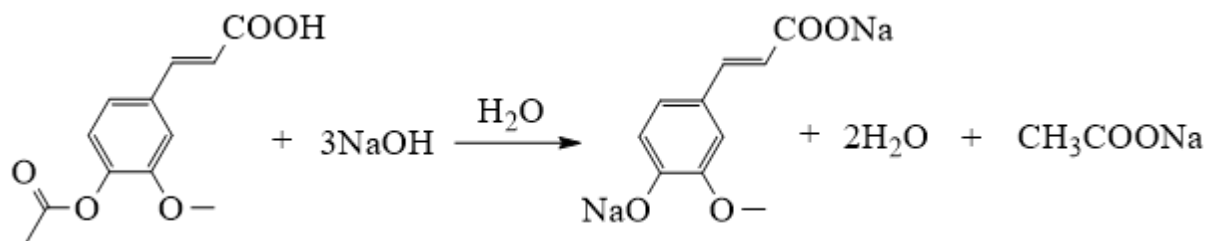


(3)E→F 中步骤 1)为  与 NaOH 的水溶液反应，

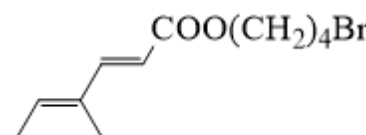
 中酯基、羧基能与 NaOH 反应，反应方程式为

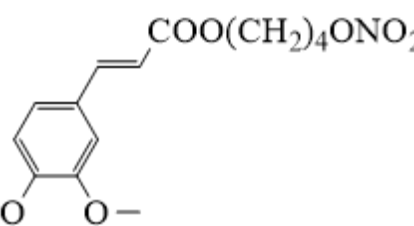


，故答案为：

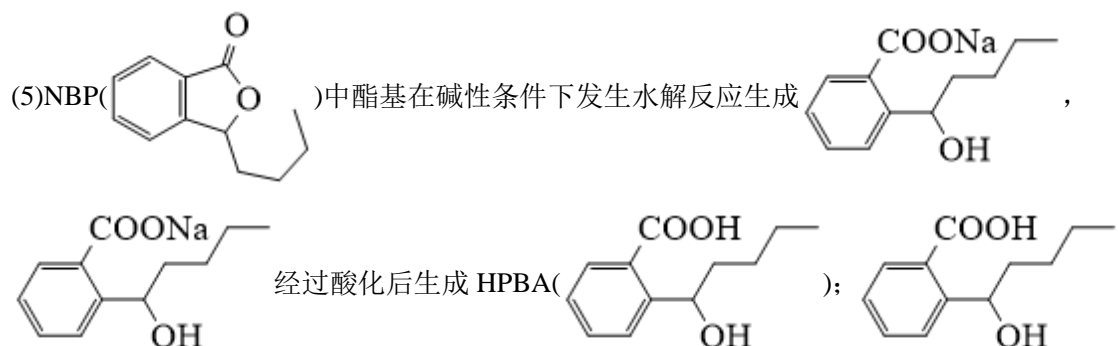


。

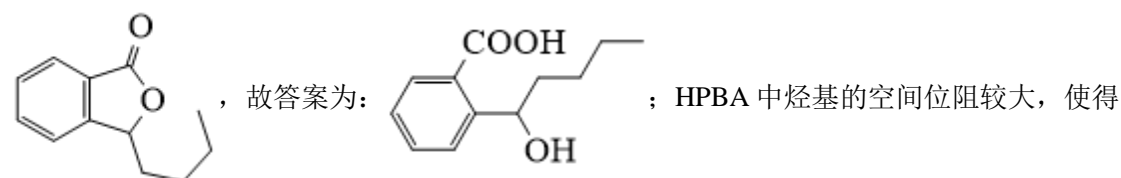
(4)观察流程可知，G→H 的反应为  中 Br 原子被 AgNO₃ 中

-O-NO₂取代生成  和 AgBr，反应类型为取代反应；若

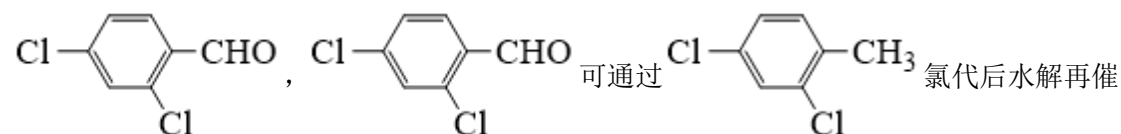
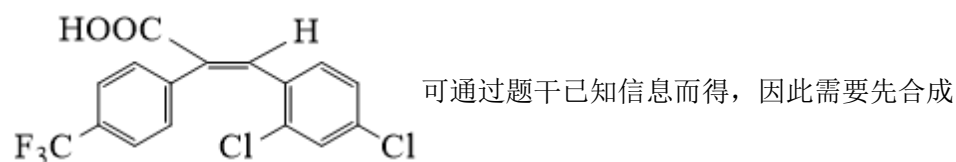
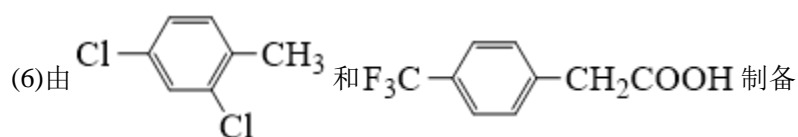
以 NaNO_3 代替 AgNO_3 ，则该反应难以进行，其原因是 NaNO_3 反应生成的 NaNO_3 易溶于水，而 AgNO_3 反应生成的 AgBr 难溶于水，使平衡正向移动促进反应进行，故答案为：取代反应； AgNO_3 反应生成的 AgBr 难溶于水，使平衡正向移动促进反应进行。



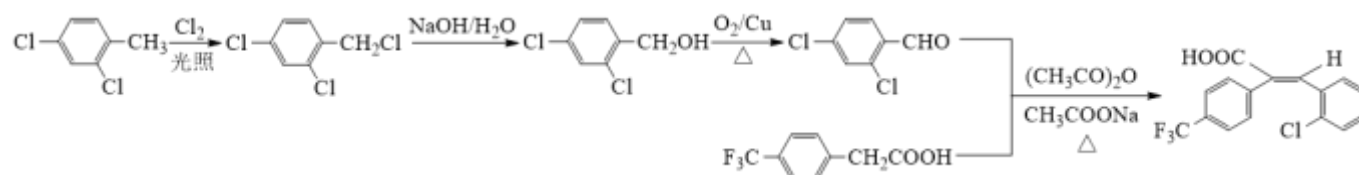
中烷基体积较大，对羟基的空间位阻较大使得羟基较为活泼，容易与羧基发生酯化反应生成



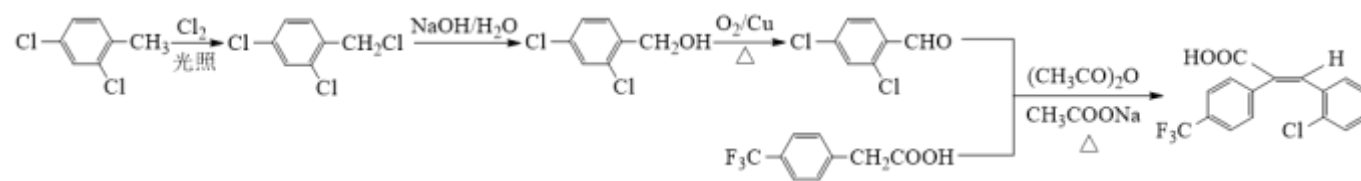
羟基较为活泼，常温下不稳定、易转化为 NBP。



化氧化而得，因此合成路线为



，故答案为：



。