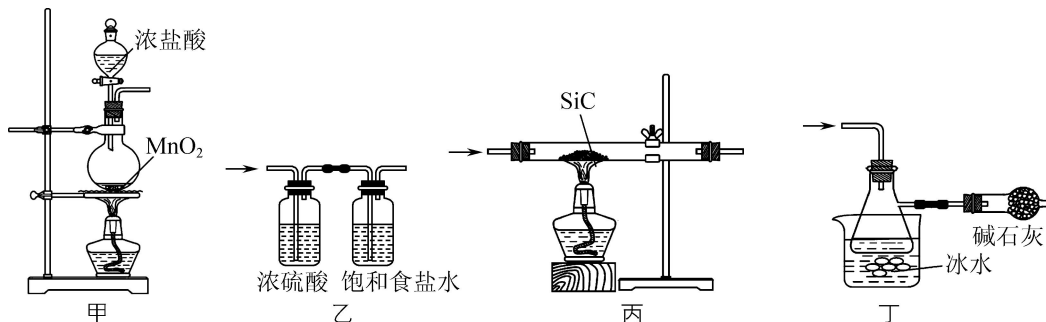


可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Ca—40 As—75 I—127

一、单项选择题: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

1. 稀土金属是元素周期表ⅢB 族中部分元素的总称, 中国是生产稀土金属的主要国家。下列元素属于ⅢB 族元素的是()
A. Sc B. Al C. Si D. V
2. 反应 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 可用于制取硫单质。下列说法正确的是()
A. H_2S 的电子式为 $\text{H}^+ [\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}]^{2-} \text{H}^+$ B. SO_2 分子的空间构型为平面三角形
C. S_6 、 S_8 、 S_{12} 等硫单质互为同素异形体 D. 冰是含极性键的共价晶体
3. 嫦娥石发现于嫦娥五号采回的月壤中, 是新发现矿物, 属于磷钠镁钙石。下列说法正确的是()
A. 原子半径: $r(\text{Na}) < r(\text{Mg}) < r(\text{P})$ B. 金属性: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$
C. 电负性: $\chi(\text{P}) > \chi(\text{Ca}) > \chi(\text{Mg})$ D. 第一电离能: $I_1(\text{P}) > I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Na})$
4. 实验室可用 SiC 与 Cl_2 反应($\text{SiC} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SiCl}_4 + \text{C}$)制取少量 SiCl_4 (沸点为 57.6°C , 易水解)。下列实验原理和装置不能达到实验目的的是()

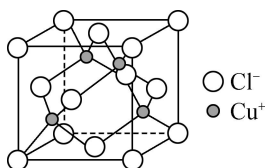


- A. 用装置甲制取氯气
- B. 用装置乙得到纯净干燥的 Cl_2
- C. 用装置丙制取四氯化硅
- D. 用装置丁收集四氯化硅并吸收尾气

阅读下列材料, 完成 5~8 题。

Cu 和 CuCl 是许多有机反应的催化剂。 Cu 可作由 CO_2 制 CH_3OH 反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$; $\Delta H < 0$ 的催化剂。 CuCl 是一种难溶于水、乙醇的白色固体, 可溶于浓氨水, 潮湿的环境中易被氧气氧化为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ 。 CuCl 制备实验过程为将硫酸铜与氯化钠加水溶解, 并用盐酸调节酸度, 再加入铜粉一起加热, 得到可溶性的配合物 $\text{Na}[\text{CuCl}_2]$, 经加水稀释、过滤、洗涤、干燥即得 CuCl 产品。

5. 下列有关说法正确的是()

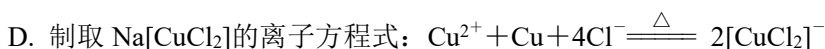
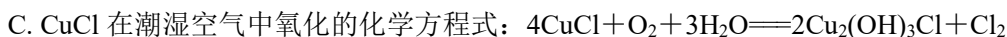
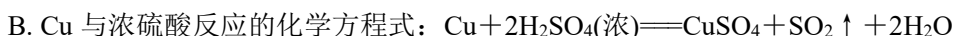


- A. 基态 Cu^+ 的电子排布式为 $[\text{Ar}]3\text{d}^94\text{s}^1$
- B. NH_3 中所含键角大于 H_2O 中所含键角

- C. $[\text{CuCl}_2]^-$ 中的配位键可以表示为 $[\text{Cl} \leftarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cl}]^-$
- D. CuCl 晶胞(如右图所示)中距离每个 Cl^- 最近的 Cu^+ 有 2 个
6. 关于 Cu 催化 CO_2 制 CH_3OH 的反应, 下列说法正确的是()
- A. 该反应在任意条件下均能自发进行

B. 该反应的平衡常数表达式为 $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}$

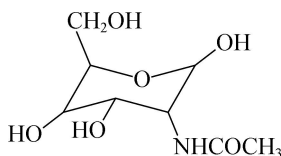
- C. 反应物所含的键能总和大于生成物所含的键能总和
- D. 使用 Cu 作催化剂可以提高一定时间内 CO_2 的转化率
7. 下列化学用语正确的是()



8. 关于 CuCl 的制取实验过程, 下列说法不正确的是()

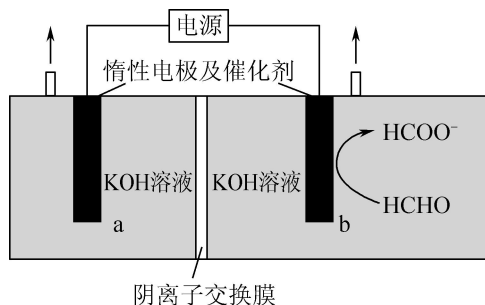
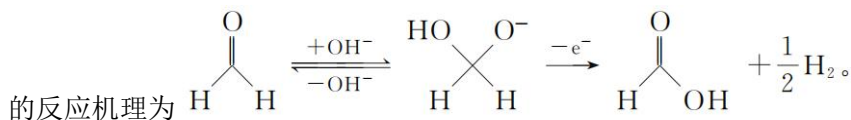
- A. 适当增大 NaCl 的用量可以提高铜元素的利用率
- B. 加水稀释时反应为 $[\text{CuCl}_2]^- = \text{CuCl} \downarrow + \text{Cl}^-$
- C. 过滤后所得滤液中的溶质为 NaCl
- D. 洗涤 CuCl 时可以先用冷水, 再用无水乙醇

9. D 乙酰胺葡萄糖是一种天然存在的特殊单糖, 其结构如图所示。下列关于 D 乙酰胺葡萄糖的说法正确的是()



- A. 与葡萄糖互为同分异构体
- B. 分子中存在两种含氧官能团
- C. 每个分子中含有 5 个手性碳原子
- D. 不能发生水解反应

10. 科技工作者设计耦合 HCHO 制甲酸同时高效制 H_2 的方法, 装置如图所示。阳极处



- 下列关于该方法的说法正确的是()

- A. 相同电量下所制 H_2 产量是传统电解水的 2 倍

B. 阳极的电极反应式为 $\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 3\text{OH}^- = \text{HCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$

C. 电解时 OH^- 通过阴离子交换膜向 a 极方向移动

D. 电路中每转移 1 mol 电子，阴极生成 11.2 L 气体

11. 室温下，下列实验探究方案能达到探究目的的是()

选项	探究方案	探究目的
A	向滴有酚酞的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液中滴加少量 NaOH 溶液，观察现象	证明 Na_2CO_3 溶液中存在水解平衡
B	向 Zn 和稀硫酸反应的试管中加入少量铜粉，观察现象	证明形成原电池可以加快 Zn 的腐蚀
C	用饱和 Na_2CO_3 溶液浸泡 CaSO_4 沉淀，观察现象	比较 $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)$ 和 $K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)$ 的大小
D	将石油裂解后产生的气体通入高锰酸钾溶液，观察现象	证明石油裂解气中含乙烯

12. 已知 25°C 时， $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.9 \times 10^{-2}$ ， $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 6.4 \times 10^{-5}$ ， $K_{\text{a}}(\text{HF}) = 3.5 \times 10^{-4}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2) = 4 \times 10^{-11}$ ，进行如下实验：

① 向 $5 \text{ mL } 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaF}$ 溶液中，滴加 5 滴 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液；

② 将 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液与 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水等体积混合；

③ 向 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHC}_2\text{O}_4$ 溶液中滴加 KOH 溶液至中性；

④ 将浓度均为 $0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HF 溶液和 CaCl_2 溶液等体积混合。

下列说法正确的是()

A. 实验①反应的化学方程式为 $2\text{NaF} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{HF} + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

B. 实验②所得溶液中存在： $c(\text{H}^+) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{OH}^-)$

C. 实验③所得溶液中存在： $c(\text{K}^+) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

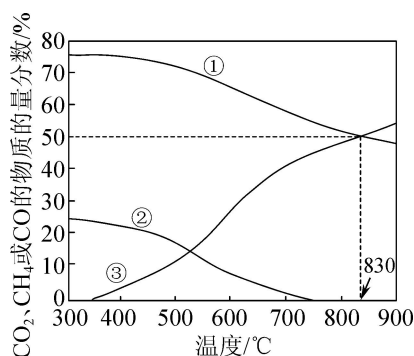
D. 实验④混合后溶液中有沉淀生成

13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中发生如下反应：

反应 I： $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H_1 = -164.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应 II： $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\Delta H_2 = +41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

在 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下，按 $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 1$ 投料比进行反应，平衡时 CO_2 、 CH_4 和 CO 占有所有含碳物质的物质的量分数随温度的变化如图所示。



下列说法不正确的是()

A. 曲线①对应的物质是 CO_2

B. 800°C 时，反应 II 的化学平衡常数小于 1

C. 温度低于 300°C ，曲线②对应的纵坐标数值可能大于 30%

二、非选择题：本题共 4 题，共 61 分。

浸出液 \rightarrow $\downarrow \text{Ca(OH)}_2$ 沉砷 \rightarrow 过滤 \rightarrow 还原 $\rightarrow \text{As}_4$
 滤液

(1) 雄黄(As_4S_4)在加热的条件下会被氧气氧化。 $1\text{ mol As}_4\text{S}_4$ 氧化生成 As_2O_3 和 SO_2 , 转移电子的物质的量为 $\quad\quad\quad\text{mol}$ 。

(2) “沉砷”时, 控制所加 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与溶液中 AsO_4^{3-} 的物质的量之比为 6, 调节起始溶液的 pH 不同, 常温反应 24 h, 测得溶液中砷的去除率与起始 pH 的关系如图 1 所示。pH 大于 12 时, pH 越大, 溶液中砷的去除率越低的原因是



① 溶液中砷的去除率与温度的关系如图 2 所示。温度越高, 溶液中砷的去除率越低的原因是_____。

② 其他条件一定, 若同时加入少量 FeCl_3 溶液, 所得溶液中砷的去除率将进一步增大, 原因除生成 FeAsO_4 沉淀进一步减小 AsO_4^{3-} 浓度外, 还有

(4) “还原”时反应在高温条件进行，所得产物除 As_4 外，还有 CO 和 CaO 生成，写出该反应的化学方程式：

步骤 1: 称取一定质量样品, 加入盐酸至固体完全溶解, 冷却后稀释至 500 mL。

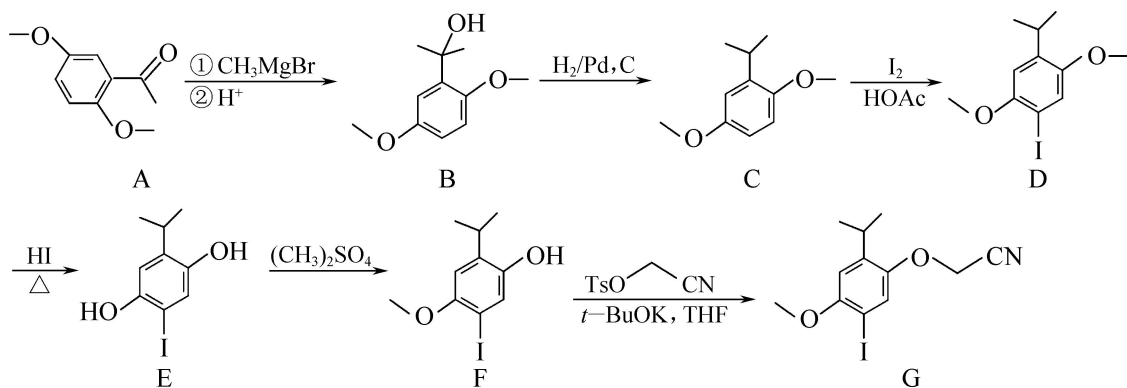
步骤 2: 取步骤 1 所得 25.00 mL 溶液于锥形瓶中, 加入指示剂, 用 $0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA

标准液滴定(EDTA 与 Ca^{2+} 反应的物质的量之比为 1 : 1), 终点时消耗 EDTA 标准液的体积为 17.50 mL。

步骤3: 取步骤1所得 25.00 mL 溶液于锥形瓶中, 加入适量还原剂将 As(V) 完全还原为 As(III)。加入指示剂, 用 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘标准溶液滴定, 终点时消耗碘标准溶液体积为 21.00 mL。滴定过程发生反应为 $\text{AsO}_3^{3-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^-$ 。

计算 $\text{Ca}_x(\text{AsO}_4)_y(\text{OH})_z$ 的组成，并写出计算过程。

15. (16 分) 化合物 G 的一种合成路线如下图所示：



(1) A→B 的反应①中有 生成，则 A→B 的反应①的类型为_____反应。

(2) 制取 CH_3MgBr 须在无活性氢(酸、水、醇均含有活性氢)的环境中， CH_3MgBr 与水会发生水解反应，所得产物为 CH_4 和_____。

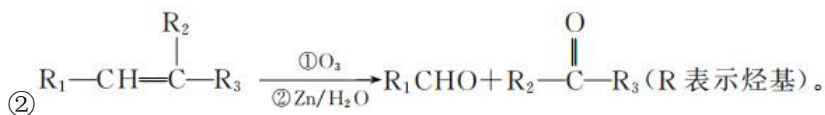
(3) 设计检验有机物 C 中是否存在有机物 B 的实验方案：

(4) 已知 Ts— 为 的简写，则 1 mol 中所含 σ 键的数目为_____。

(5) G 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：

- ① 分子中含有苯环，核磁共振氢谱中有 3 个吸收峰；
- ② 能发生银镜反应，不能发生水解反应。

(6) 已知：① $\text{RBr} + \text{Mg} \xrightarrow{\text{乙醚}} \text{RMgBr}$ ；

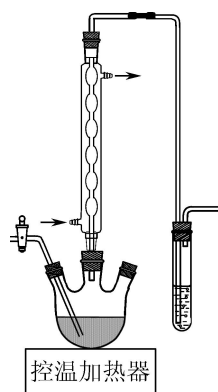


请设计以 为原料制备 的合成路线流程图(无机试剂和有机溶剂任用，合成路线示例见本题题干)。

16. (17 分) I_2 和 AlI_3 在有机反应中应用广泛。

(1) I_2 与 CH_3COCH_3 在碱性条件下反应可生成 CHI_3 沉淀、 CH_3COO^- 、 I^- 和水。写出该反

应的离子方程式：_____。



(2) AlI_3 为无色晶体，易升华和潮解，可溶于正丁烷和热的正己烷，在空气中受热易被氧化。实验室可用如右图所示装置制取 AlI_3 。

① 将 0.01 mol I_2 、 0.02 mol Al 和少量正丁烷加入烧瓶中，排尽空气后，加热烧瓶一段时间。判断反应已完成的实验现象为_____。

② 反应后，将烧瓶内混合物过滤，所得滤液在通风橱内浓缩冷却后有晶体析出。浓缩时不能等到出现晶膜才停止，原因是_____。

③ 变质的 AlI_3 中会混有 Al_2O_3 和 I_2 ，设计用正己烷提纯 AlI_3 的实验方案：_____。

(3) 实验室常用滴定法测定 AlI_3 样品的纯度(杂质不参与反应)。

① 补充完整测定的实验方案：称取一定质量样品，加水溶解后定容至 100 mL ，取 25.00 mL 于锥形瓶中，加入 $10 \text{ mL } 0.0100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液(过量)，充分反应后静置，_____, 读数, 计算, _____。[已知 $K_{\text{sp}}(\text{AgSCN}, \text{白色})=1.0\times 10^{-12}$ 。实验中须使用的试剂： $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液、 $0.0100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{SCN}$ 标准液]

② 终点读数时，若俯视装有 NH_4SCN 标准液的滴定管，则最终所测样品的纯度将_____ (填“偏大”“偏小”或“无影响”)。

17. (14 分) 甲醛是室内装修常见污染物，可通过光触媒氧化法和催化氧化法等多种方法去除。

(1) 将 KMnO_4 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 和 KOH 按一定比例混合充分反应，可得一种用于去除甲醛的复合催化剂 $x\text{MnO}_2\cdot y\text{CeO}_2$ (反应后锰元素均转化为 MnO_2)。若 $x:y=5:4$ ，则反应消耗的 KMnO_4 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 的物质的量之比为_____。

(2) 一种以 AgC_3N_4 为催化剂、多孔 SiO_2 为催化剂载体，去除空气中甲醛的机理如图 1 所示。

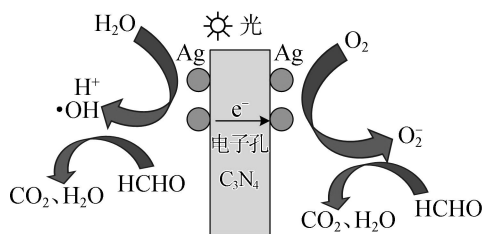


图 1

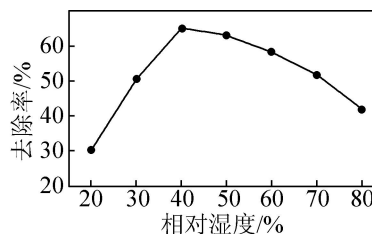


图 2

① 该催化剂去除甲醛的机理可描述为_____。

② 写出酸性条件下， O_2^- 与 HCHO 反应的离子方程式：

③ 空气的湿度会影响甲醛的去除率，其他条件一定，测得甲醛的去除率与相对湿度的关系如图 2 所示。(相对湿度 = $\frac{\text{单位体积空气中含水蒸气的实际质量}}{\text{单位体积空气中含水蒸气达饱和时的质量}} \times 100\%$)

I. 相对湿度从 20% 增大到 40%，甲醛的去除率增大的主要原因是

_____。

II. 相对湿度从 40% 增大到 80%，甲醛的去除率降低的主要原因是

_____。

(3) 一种 Au 氧化物催化去除甲醛的机理如图 3 所示。根据信息，将方框中所缺部分补全。

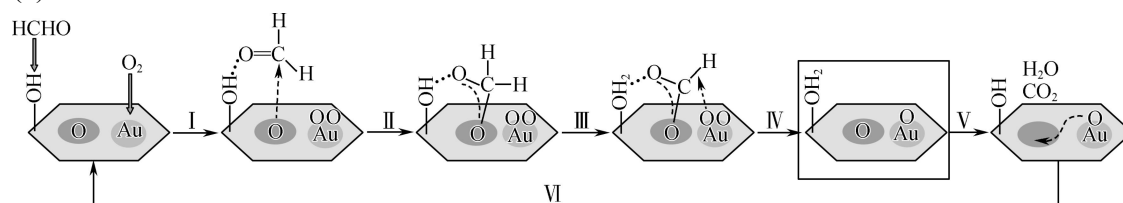


图 3

化学参考答案及评分标准

1. A 2. C 3. D 4. B 5. B 6. D 7. D 8. C 9. C 10. A 11. B 12. D 13. C

14. (14 分)

(1) 28(2 分)

(2) pH 越大, Ca^{2+} 形成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 析出, Ca^{2+} 浓度减小, 生成的 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀减少[或 pH 越大, 吸收空气中 CO_2 生成的 CO_3^{2-} 浓度越大, 部分 Ca^{2+} 被 CO_3^{2-} 沉淀从而导致 Ca^{2+} 浓度减小, 生成的 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀减少或部分 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀转化为 CaCO_3 从而使溶液中砷含量增大](2 分)

(3) ① 温度升高, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶解度减小, Ca^{2+} 浓度减小, 生成的 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀减少[或升高温度 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 溶解度增大](2 分)

② 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体吸附并沉淀溶液中的含砷物质(2 分)

(4) $2\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 + 10\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{As}_4 + 10\text{CO} \uparrow + 6\text{CaO}$ (2 分)

(5) 25.00 mL 溶液中:

由题意可知: $n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) = 0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 17.50 \times 10^{-3} \text{ L} = 3.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (1 分)

$n(\text{AsO}_4^{3-}) = n(\text{AsO}_3^{3-}) = n(\text{I}_2) = 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 21.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (1 分)

由电荷守恒可知: $n(\text{Ca}^{2+}) \times 2 = n(\text{AsO}_4^{3-}) \times 3 + n(\text{OH}^-)$

$n(\text{OH}^-) = 7 \times 10^{-4} \text{ mol}$ (1 分)

所以 $n(\text{Ca}^{2+}) : n(\text{AsO}_4^{3-}) : n(\text{OH}^-) = 5 : 3 : 1$ (1 分)

化学式为 $\text{Ca}_5(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})$

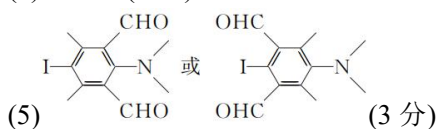
15. (16 分)

(1) 加成(2 分)

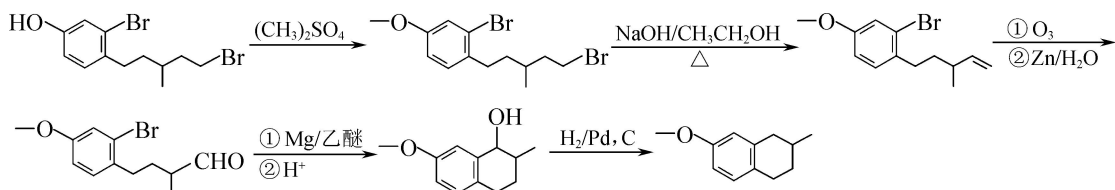
(2) $\text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$ [或 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 HBr](2 分)

(3) 取少量样品, 加入金属钠, 若有气体产生, 则说明存在有机物 B(2 分)

(4) 12 mol(2 分)



(6)



(5 分)

16. (17 分)

(1) $\text{CH}_3\text{COCH}_3 + 3\text{I}_2 + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CHI}_3 \downarrow + \text{CH}_3\text{COO}^- + 3\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ (3 分)

(2) ① 烧瓶内液体变为无色(2 分)

② 晶膜中 AlI_3 会被空气中氧气氧化(2 分)

③ 向变质的固体中加入热的正己烷至固体不再溶解, 趁热过滤, 将所得滤液冷却至析出大量固体, 过滤, 用冷的正己烷洗涤、干燥得 AlI_3 晶体(3 分)

(3) ① 滴加 2~3 滴 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液, 用 $0.010\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{SCN}$ 标准液滴定, 至溶液恰好变为浅红色且半分钟内不变色(3 分)

重复滴定操作和计算三次, 求平均值(2 分)

② 偏大(2 分)

17. (14 分)

(1) $14:20:11$ (3 分)

(2) ① 在光照条件下, H_2O 在 Ag 表面失电子生成 $\cdot\text{OH}$ 和 H^+ , 电子通过 C_3N_4 中的电子孔到达另一侧银表面, O_2 在 Ag 表面得电子生成 O_2^- , 甲醛被 $\cdot\text{OH}$ 和 O_2^- 氧化为 CO_2 和 H_2O (3 分)

② $4\text{O}_2^- + 3\text{HCHO} + 4\text{H}^+ = 5\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$ (2 分)

③ I. 相对湿度增大, 催化剂吸附的水增多, 催化剂表面产生更多的 $\cdot\text{OH}$, 使甲醛去除率增大(2 分)

II. 相对湿度增大, 催化剂表面吸附的 H_2O 增多, 吸附的甲醛减小, 使甲醛去除率降低(2 分)

