

## 昆山市 2026~2027 学年第一学期高三化学期中考试模拟试题

可能用到的相对原子质量：

H 1 C 12 N 14 O 16 Na 23 S 32 Cl 35.5 Fe 56 Cu 64

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

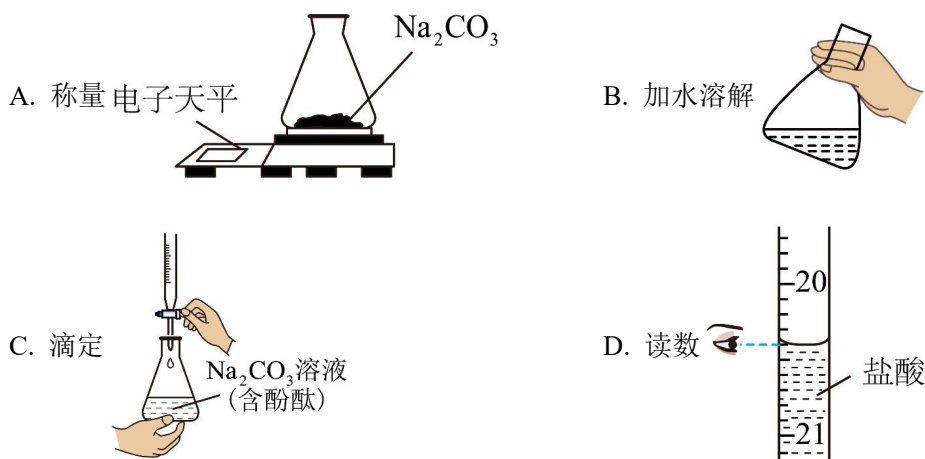
1. 下列属于新型无机非金属材料的是

- A. 光导纤维                      B. 醋酸纤维                      C. 大豆纤维                      D. 黏胶纤维

2. 反应  $\text{H}_2 + \text{NaHCO}_3 = \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$  可用于储氢。下列说法正确的是

- A.  $\text{H}_2$  是极性分子                      B.  $\text{NaHCO}_3$  中只含离子键  
C.  $\text{HCOONa}$  中 C 元素的化合价为 +2                      D.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间构型为直线型

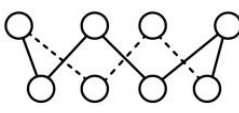
3. 实验室称量一定质量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固体以测定盐酸的浓度。下列相关原理、装置及操作不正确的是



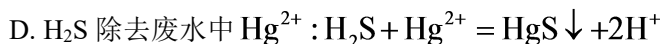
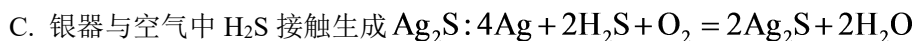
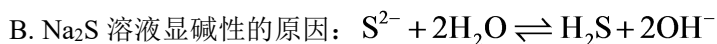
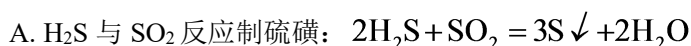
阅读下列资料，完成下面小题：

氢硫酸是二元弱酸，具有强还原性。用  $\text{NaOH}$  溶液吸收  $\text{H}_2\text{S}$  可制备  $\text{Na}_2\text{S}$  或  $\text{NaHS}$ ； $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{SO}_2$  反应可用于工业制高纯度硫磺；银器与空气中  $\text{H}_2\text{S}$  接触后会产生黑褐色的  $\text{Ag}_2\text{S}$ ； $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  与  $\text{H}_2\text{S}$  反应可制备难闻的  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ （乙硫醇）用于警示家用煤气泄露； $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{CO}_2$  反应生成的  $\text{COS}$ （羰基硫）用于粮食熏蒸； $\text{H}_2\text{S}$  可除去废水中  $\text{Hg}^{2+}$  等重金属离子。

4. 下列说法正确的是

- A.  $\text{S}_8$  (  ) 是共价晶体                      B.  $\text{SO}_2$  中 S 原子杂化类型为  $\text{sp}^3$   
C.  $\text{H}_2\text{S}$  的热稳定性比  $\text{H}_2\text{O}$  大                      D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  的沸点比  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  低

5. 下列反应表示不正确的是



6. 制备羰基硫的反应:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H > 0$ 。下列说法正确的是

A. 已知该反应在高温条件下能自发进行, 则  $\Delta S > 0$

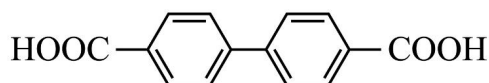
B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2\text{S})}{c(\text{COS}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$

C. 反应的  $\Delta H = 2E(\text{O}-\text{H}) + E(\text{C}=\text{S}) - E(\text{C}=\text{O}) - 2E(\text{S}-\text{H})$  ( $E$  表示键能,  $\text{CO}_2$  和  $\text{COS}$  中的化学键可分别视为  $\text{C}=\text{O}$  和  $\text{C}=\text{S}$ )

D. 高温或使用催化剂均可提高  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡转化率

7. 金属有机框架 (MOFs) 是一类由金属离子与有机物配体形成的具有孔洞结构的材料, 可用于  $\text{H}_2$ 、

$\text{CO}_2$  等分子的吸附、储存和分离; 孔洞尺寸与有机物配体的长度有关。一种 MOFs 材料由  $\text{Zn}^{2+}$  与对苯二甲酸构成, 下列说法不正确的是



A. 对苯二甲酸分子中所有碳原子一定共平面

B.  $\text{Zn}^{2+}$  与对苯二甲酸之间以离子键结合形成稳定的框架结构

C. 若将对苯二甲酸换成联苯-4,4'-二甲酸 (结构如图), 孔洞尺寸会增大

D. MOFs 通过合适的内部空间实现对特定分子的吸附、储存和分离

8. 下列物质组成或性质与分离提纯方法对应关系正确的是

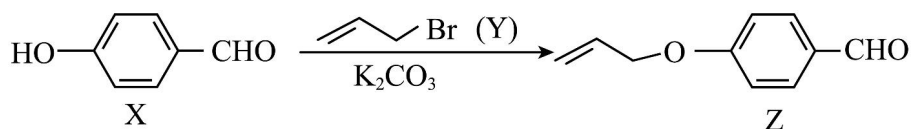
A.  $\text{KNO}_3$  熔点高, 可用冷却热饱和溶液的方法提纯混有少量  $\text{KCl}$  的  $\text{KNO}_3$

B. 酯能水解, 可用分液法分离乙酸乙酯和水溶液

C. 乙醚和青蒿素 ( $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$ ) 组成元素相同, 可用乙醚萃取青蒿素

D. 不同的烃沸点不同, 可通过分馏从石油中获得汽油、柴油

9. 化合物 Z 是一种有机合成中的重要中间体, 合成路线如下。下列说法不正确的是

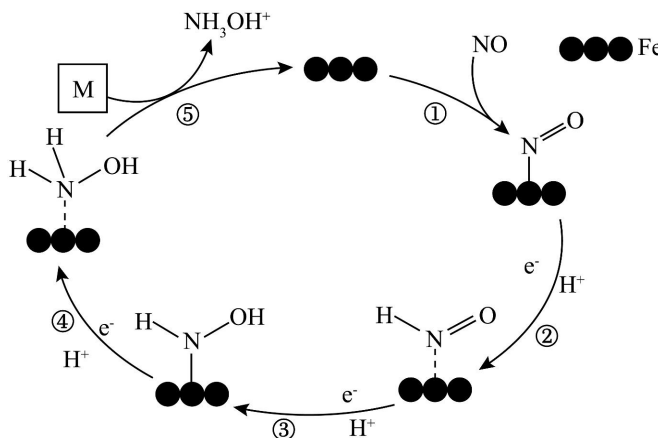
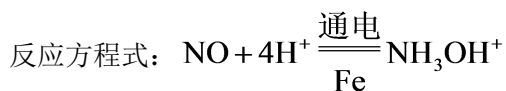


- A. X 和 Z 可以用  $\text{FeCl}_3$  溶液鉴别      B. Y 存在顺反异构
- C.  $1\text{mol Z}$  最多能和  $5\text{mol H}_2$  发生加成      D. 转化过程中  $\text{K}_2\text{CO}_3$  可用  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$  代替

10. NO 与盐酸在 Fe 催化电极上生成盐酸羟胺 ( $\text{NH}_3\text{OHCl}$ , 化学性质类似于  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )。可能的反应

机理如图所示, 下列说法正确的是

- A. 过程①~④中 N 的化合价均发生变化
- B. 过程②和③中都有极性键形成
- C. 过程⑤中 M 为  $\text{H}^+$  和  $\text{e}^-$
- D. 电催化 NO 与盐酸生成  $\text{NH}_3\text{OH}^+$  的



11. 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能得到相应实验结论的是

| 选项 | 实验过程及现象                                                                                                                                                                            | 实验结论                                                             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| A  | 向某黄色溶液中加入淀粉-KI 溶液, 溶液呈蓝色                                                                                                                                                           | 溶液中一定含有 $\text{Br}_2$                                            |
| B  | 用 pH 试纸分别测定 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液和 $\text{NaNO}_2$ 溶液的 pH, $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液 pH 大                                                                                | 结合 $\text{H}^+$ 能力:<br>$\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$ |
| C  | 向 $2\text{mL}$ 浓度为 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{NaCl}$ 溶液中滴加少量 $\text{AgNO}_3$ 溶液, 产生白色沉淀, 继续滴加 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{KI}$ 溶液, 振荡, 产生黄色沉淀 | 溶度积常数:<br>$\text{AgCl} > \text{AgI}$                             |
| D  | 分别向甲苯和甲基环己烷中滴加酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液, 前者溶液颜色褪去                                                                                                                                      | 甲基使苯环上的氢更活泼                                                      |

A. A

B. B

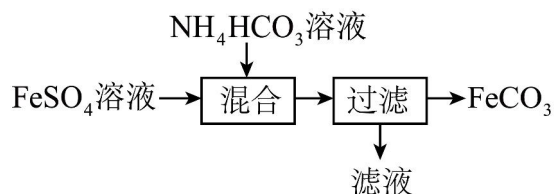
C. C

D. D

12. 一种制备  $\text{FeCO}_3$  的流程如图所示, 混合过程中有气体产生。下列说法正确的是 (已知: 常温下,

$$K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}, \quad K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.4 \times 10^{-7}, \quad K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11},$$

$$K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 8.0 \times 10^{-16}, \quad K_{sp}(\text{FeCO}_3) = 3.2 \times 10^{-11})$$



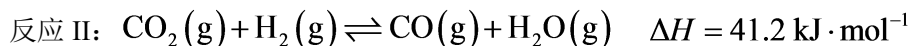
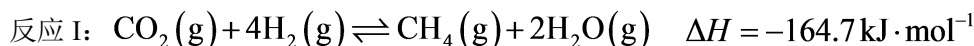
A.  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) < c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

B.  $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 混合时应控制溶液  $\text{pH} > 7$

C. “滤液”中  $c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) \geq 3.2 \times 10^{-11}$

D. 反应  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3$  的  $K = \frac{K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_{sp}(\text{FeCO}_3)}$

13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应:



向恒压、密闭容器中通入  $1 \text{ mol CO}_2$  和  $4 \text{ mol H}_2$ , 平衡时  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  的物质的量随温度的变化

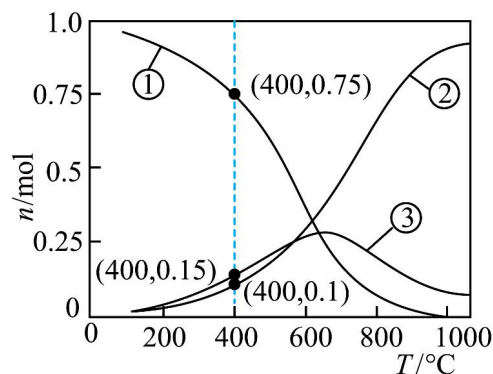
化如图所示。  $\text{CH}_4$  的选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是

A.  $400^\circ\text{C}$  时,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率为 85%

B.  $400^\circ\text{C}$  反应达到平衡状态时,  $n(\text{CO}_2):n(\text{CO}) = 1:5$

C.  $\text{CH}_4$  的平衡选择性随着温度的升高而增大

D. 其他条件不变, 加压有利于增大平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量



二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14. 氯化亚铜 ( $\text{CuCl}$ ) 晶体微溶于水, 难溶于乙醇, 易溶于浓盐酸生成  $\text{H}[\text{CuCl}_2]$  (络合酸), 露置于空气中易被氧化, 常用作催化剂、杀菌剂。

(1) 制备  $\text{CuCl}$ 。将一定浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的混合水溶液 M 和一定浓度的  $\text{CuSO}_4$  与  $\text{NaCl}$  的混合

水溶液 N 分别加入到烧瓶中，混合后充分反应，抽滤，依次用无氧水及无水乙醇洗涤产品。

①写出该方法中制备氯化亚铜的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②反应中加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的作用是\_\_\_\_\_。

③制备  $\text{CuCl}$  时，溶液 M 与溶液 N 的混合方式为\_\_\_\_\_（填字母）。

A. 搅拌下将溶液 M 缓慢加入溶液 N 中      B. 搅拌下将溶液 N 缓慢加入溶液 M 中

(2)  $\text{CuCl}$  制备条件的选择与控制。其他条件相同， $\text{CuCl}$  的收率与氯铜物质的量比、反应温度的关系分别如图 1 和图 2 所示。

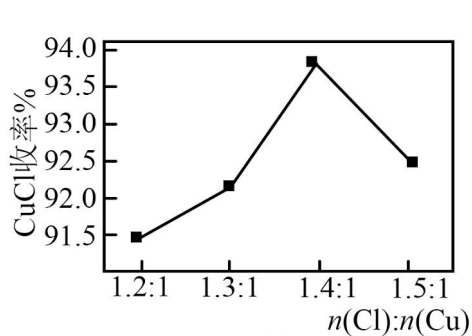


图1

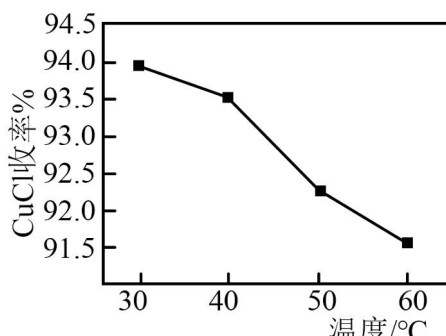


图2

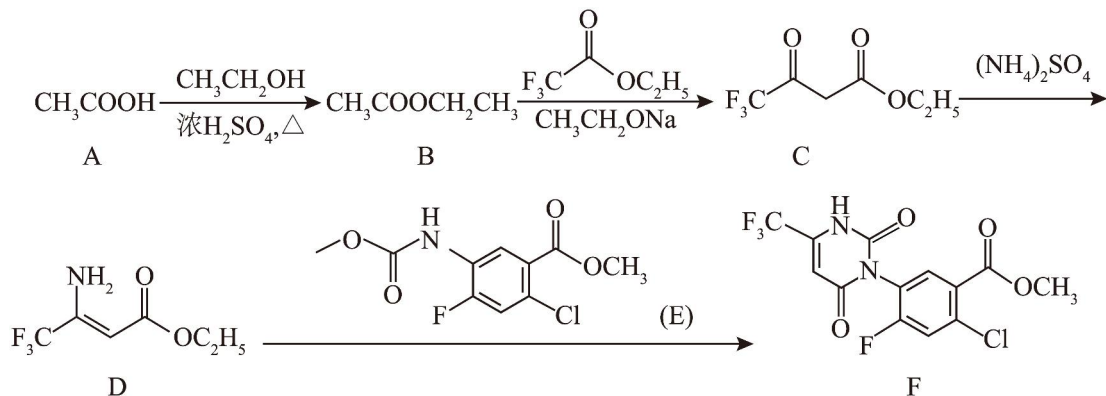
①当氯铜物质的量比大于 1.4 时， $\text{CuCl}$  收率减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

②当反应温度高于  $30^{\circ}\text{C}$  时， $\text{CuCl}$  收率减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{CuCl}$  样品纯度的测定。称取  $0.2500\text{g}$   $\text{CuCl}$  样品，加到装有  $0.5000\text{mol/L}$   $\text{FeCl}_3$  溶液（稍过量）的锥形瓶中，待样品溶解后，加入  $50.00\text{mL}$  水和 2 滴邻菲罗啉指示剂，立即用  $0.1560\text{mol/L}$   $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  标准溶液滴定至终点（溶液由红色变绿色），滴定反应为  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ 。平行滴定三次，平均消耗  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  标准溶液  $15.00\text{mL}$ 。计算  $\text{CuCl}$  样品的纯度（写出计算过程，结果精确到  $0.01\%$ ）。

\_\_\_\_\_。

15. 化合物 F 是合成除草剂苯嘧磺草胺的重要中间体，其合成路线如下：



(1) C 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。

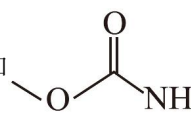
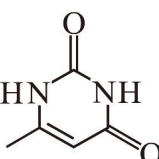
(2)  $\text{B} \rightarrow \text{C}$  的转化过程中，产物除了 C 之外，另一产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

- (3) 1mol D 分子中  $sp^2$  和  $sp^3$  杂化的碳原子个数比为\_\_\_\_\_。
- (4)  $D \rightarrow F$  的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (5) 写出同时满足下列条件的 E 的一种芳香族同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。

①核磁共振氢谱有 4 组峰，且峰面积之比为 3:2:2:2；

②分子中有一个手性碳原子；

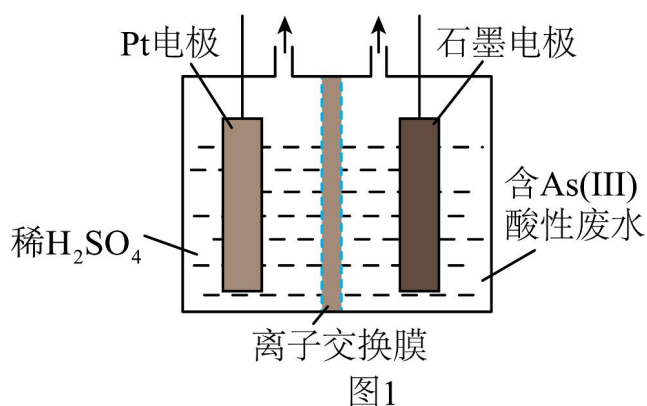
③碱性条件下水解后酸化，生成 X、Y、Z 三种有机物，其中 X 的相对分子质量为 32，Y 能与  $NaHCO_3$  溶液反应也能与  $FeCl_3$  溶液发生显色反应。

- (6) 写出以乙醇和  为原料制备  的合成路线流程图 ( $CH_3CH_2ONa$  和无机试剂任用，合成路线流程图示例见本题题干)。\_\_\_\_\_。

16. 酸性废水中三价砷  $As(III)$  主要以弱酸  $H_3AsO_3$  形式存在，处理达标后才能排放。

(1) 电解除砷

电解含  $As(III)$  的酸性废水，将砷转化为  $AsH_3$  气体去除。原理如图 1 所示。



- ①写出  $H_3AsO_3$  转化为  $AsH_3$  的电极反应式：\_\_\_\_\_。
- ②离子交换膜应选择\_\_\_\_\_交换膜（填“阴离子”或“阳离子”）。

(2) 硫化沉砷

向含  $As(III)$  的酸性废水中加入适量硫化钠，将  $H_3AsO_3$  转化为  $As_2S_3$  沉淀去除。

已知：i.  $As_2S_3(s) + 3S^{2-}(aq) \rightleftharpoons 2AsS_3^{3-}(aq)$ ；ii.  $As_2S_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2H_3AsO_3 + 3H_2S$ 。

①“硫化沉砷”的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②硫化钠不能过量，主要的原因是\_\_\_\_\_。

③除砷率随 pH 变化的曲线如图 2 所示。pH>7.0 时，除砷率下降的原因是\_\_\_\_\_。

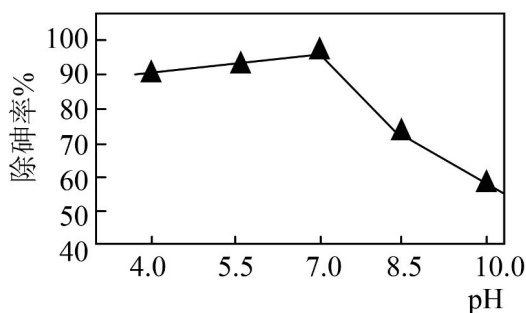


图2

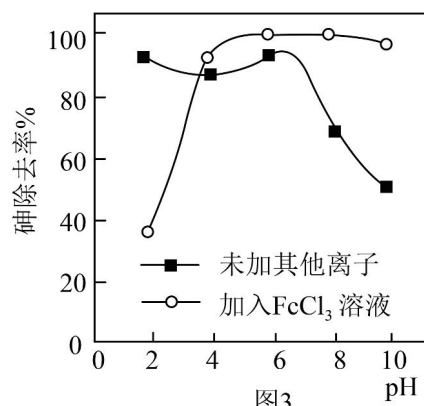


图3

## (3) 氧化吸附除砷

新生态  $\text{MnO}_2$  悬浊液具有较强的氧化性和吸附性，能将酸性废水中  $\text{As(III)}$  氧化为  $\text{As(V)}$  后吸附去除。

已知：常温下， $K_{a1}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-2.2}$ ， $K_{a2}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-7.0}$ ，

$K_{a3}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-11.5}$ ， $K_{sp}(\text{FeAsO}_4) = 5.7 \times 10^{-21}$ 。

①写出  $\text{MnO}_2$  将废水中  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②结合  $K_a(\text{H}_3\text{AsO}_4)$  分析， $\text{pH} = 5.0$  时  $\text{MnO}_2$  吸附的  $\text{As(V)}$  的主要微粒为\_\_\_\_\_。

③砷去除率随  $\text{pH}$  变化的曲线如图 3 所示。加入  $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3$  溶液的体系中，当  $\text{pH} > 6.5$  时，砷去除率提高到接近 100%。可能的原因是\_\_\_\_\_。

17. 甲烷热值高、储量大，是重要的碳氢资源。

## (1) 甲烷热催化裂解制氢

①在  $101\text{kPa}$  下， $1\text{mol}$  物质完全燃烧的反应热叫做该物质的标准燃烧热。根据下表所列的一些物质标准燃烧热 ( $25^\circ\text{C}$ )，写出甲烷裂解为碳和氢气的热化学方程式：\_\_\_\_\_。

| 名称 | 化学式                     | $\Delta H / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ |
|----|-------------------------|------------------------------------------------|
| 甲烷 | $\text{CH}_4(\text{g})$ | -890.3                                         |
| 氢气 | $\text{H}_2(\text{g})$  | -285.8                                         |
| 碳  | $\text{C}(\text{s})$    | -393.5                                         |

②研究发现甲烷热催化裂解制氢过程中存在着副反应。若只考虑以下一个副反应：

$2\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , 当  $\text{H}_2$  产率为  $186.2\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  产率为  $4.6\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}$  时, 甲烷

热催化过程中  $\text{C}_2\text{H}_6$  的选择性为\_\_\_\_\_ (填计算结果)。

[已知:  $\text{C}_2\text{H}_6$  的选择性 =  $\frac{\text{生成}\text{C}_2\text{H}_6\text{所消耗反应物的量}}{\text{反应物总消耗量}} \times 100\%$ ]

③甲烷热催化实验中测得氢气的产率随时间变化的曲线如图 1 所示。氢气的产率随时间变化缓慢下降的原因为\_\_\_\_\_。

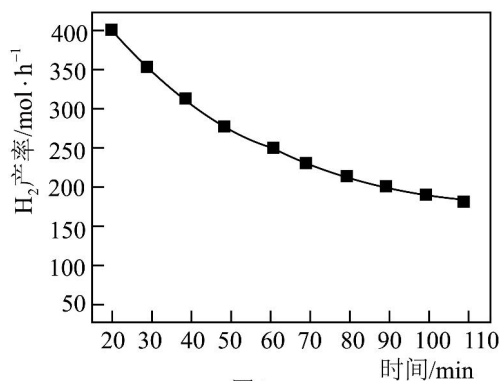


图1

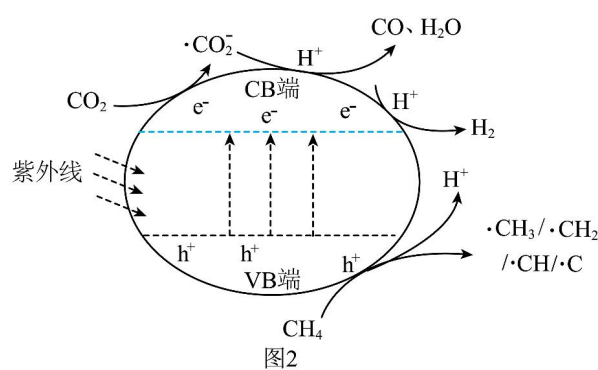
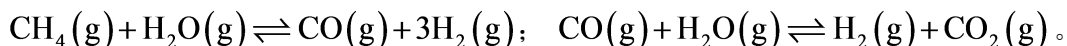


图2

(2) 甲烷与水催化重整制氢

500℃时,  $\text{CH}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  催化重整主要发生的反应为:



①反应体系中过量  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  能有效防止催化剂活性下降, 原因为\_\_\_\_\_。

②已知  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \quad \Delta H = -178.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。向反应体系中加入适量多孔  $\text{CaO}$ , 其优点是\_\_\_\_\_。

(3) 甲烷光催化重整制合成气 ( $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ )

研究发现,  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  在紫外线和  $\text{Rh}/\text{TiO}_2-\text{B}$  光催化剂作用下制得合成气的部分机理如

图 2 所示 ( $\text{h}^+$  表示光生空穴, 是有很强得电子能力的活性位点)。

①光生空穴在活化甲烷分子时,  $\text{H}$  原子比  $\text{C}$  原子更易被攻击的原因是\_\_\_\_\_。

②制备合成气的过程可描述为:  $\text{Rh}/\text{TiO}_2-\text{B}$  光催化剂在紫外线作用下将电子激发到 CB 端, 在 VB 端留下光生空穴, \_\_\_\_\_。

参考答案:

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

1. 下列属于新型无机非金属材料的是

- A. 光导纤维                      B. 醋酸纤维                      C. 大豆纤维                      D. 黏胶纤维

【答案】A

【解析】

【详解】A. 光导纤维以二氧化硅为主要成分, 属于新型无机非金属材料, 符合题意, A 正确;

B. 醋酸纤维是纤维素衍生物, 为有机高分子材料, 不符合题意, B 错误;

C. 大豆纤维以天然成分(大豆蛋白纤维)为原料加工而成, 为有机高分子材料, 不符合题意, C 错误;

D. 黏胶纤维是人造纤维的主要品种, 以天然成分(纤维素)为原料加工而成, 为有机高分子材料, 不符合题意, D 错误;

故答案选 A。

2. 反应  $\text{H}_2 + \text{NaHCO}_3 = \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$  可用于储氢。下列说法正确的是

- A.  $\text{H}_2$  是极性分子                      B.  $\text{NaHCO}_3$  中只含离子键  
C.  $\text{HCOONa}$  中 C 元素的化合价为 +2                      D.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间构型为直线型

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{H}_2$  是由两个 H 原子构成的非极性分子, 结构对称, 正负电荷中心重合, 因此是非极性分子, A 错误;

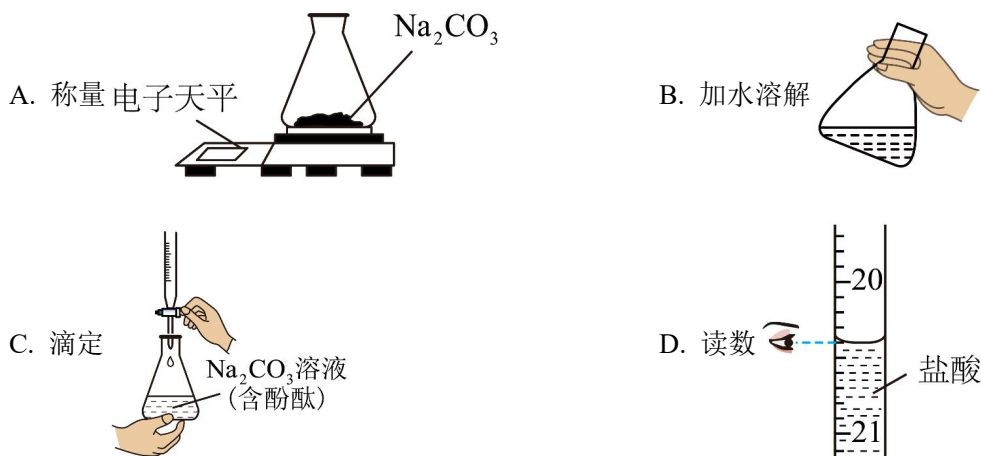
B.  $\text{NaHCO}_3$  中  $\text{Na}^+$  与  $\text{HCO}_3^-$  之间为离子键, 同时  $\text{HCO}_3^-$  内部存在 C—O、O—H 等共价键, 因此  $\text{NaHCO}_3$  中并非只含离子键, B 错误;

C.  $\text{HCOONa}$  中, 根据  $\overset{+1}{\text{H}}\overset{-2}{\text{C}}\overset{-2}{\text{O}}\overset{+1}{\text{O}}\overset{+1}{\text{Na}}$  化合价代数和为 0 的原则, 可计算出碳元素化合价为 +2 价, C 正确;

D.  $\text{H}_2\text{O}$  分子的价层电子对数是:  $2 + \frac{1}{2} \times (6 - 1 \times 2) = 4$ , O 有两对孤对电子, 空间构型为 V 形, 而非直线型, D 错误;

故选 C。

3. 实验室称量一定质量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固体以测定盐酸的浓度。下列相关原理、装置及操作不正确的是



【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  具有腐蚀性，称量时为防止腐蚀托盘，需要放在玻璃器皿中进行称量，A 正确；

B. 可直接向锥形瓶中加水溶解  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，B 正确；

C. 在进行滴定操作时，规范操作是左手控制活塞，右手摇动锥形瓶，C 错误；

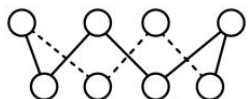
D. 滴定管读数时视线与凹液面最低处相切，D 正确；

故答案选 C。

阅读下列资料，完成下面小题：

氢硫酸是二元弱酸，具有强还原性。用  $\text{NaOH}$  溶液吸收  $\text{H}_2\text{S}$  可制备  $\text{Na}_2\text{S}$  或  $\text{NaHS}$ ； $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{SO}_2$  反应可用于工业制高纯度硫磺；银器与空气中  $\text{H}_2\text{S}$  接触后会产生黑褐色的  $\text{Ag}_2\text{S}$ ； $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  与  $\text{H}_2\text{S}$  反应可制备难闻的  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ （乙硫醇）用于警示家用煤气泄露； $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{CO}_2$  反应生成的  $\text{COS}$ （羰基硫）用于粮食熏蒸； $\text{H}_2\text{S}$  可除去废水中  $\text{Hg}^{2+}$  等重金属离子。

4. 下列说法正确的是

A.  $\text{S}_8$  (  ) 是共价晶体

B.  $\text{SO}_2$  中 S 原子杂化类型为  $\text{sp}^3$

C.  $\text{H}_2\text{S}$  的热稳定性比  $\text{H}_2\text{O}$  大

D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  的沸点比  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  低

5. 下列反应表示不正确的是

A.  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{SO}_2$  反应制硫磺：  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

B.  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液显碱性的原因：  $\text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + 2\text{OH}^-$

C. 银器与空气中  $\text{H}_2\text{S}$  接触生成  $\text{Ag}_2\text{S}$ ：  $4\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

D.  $\text{H}_2\text{S}$  除去废水中  $\text{Hg}^{2+}$ :  $\text{H}_2\text{S} + \text{Hg}^{2+} = \text{HgS} \downarrow + 2\text{H}^+$

6. 制备羰基硫的反应:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ 。下列说法正确的是

A. 已知该反应在高温条件下能自发进行, 则  $\Delta S > 0$

B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2\text{S})}{c(\text{COS}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$

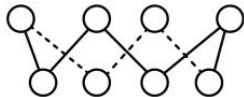
C. 反应的  $\Delta H = 2E(\text{O}-\text{H}) + E(\text{C}=\text{S}) - E(\text{C}=\text{O}) - 2E(\text{S}-\text{H})$  ( $E$  表示键能,  $\text{CO}_2$  和  $\text{COS}$  中的化学键可分别视为  $\text{C}=\text{O}$  和  $\text{C}=\text{S}$ )

D. 高温或使用催化剂均可提高  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡转化率

【答案】4. D    5. B    6. A

【解析】

【4 题详解】

A. 由题干  $\text{S}_8$  的结构式 () 可知,  $\text{S}_8$  是由分子构成的, 故属于分子晶体而不是共价晶体, A 错误;

B.  $\text{SO}_2$  中心原子 S 周围的价层电子对数为:  $2 + \frac{1}{2}(6 - 2 \times 2) = 3$ , 故 S 原子杂化类型为  $\text{sp}^2$ , B 错误;

C. 已知 O 的非金属性强于 S, 故  $\text{H}_2\text{S}$  的热稳定性比  $\text{H}_2\text{O}$  小, C 错误;

D. 已知  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  和  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  均为分子晶体,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  分子间存在氢键, 而  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  分子间不能形成氢键, 导致  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$  的沸点比  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  低, D 正确;

故答案为: D;

【5 题详解】

A.  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{SO}_2$  反应制硫磺即 S 元素发生归中反应, 反应方程式为:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , A 正确;

B. 已知  $\text{H}_2\text{S}$  是二元弱酸, 则  $\text{S}^{2-}$  水解是分步进行, 分布书写的, 即  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液显碱性的原因:

$\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ 、 $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{OH}^-$ , B 错误;

C. 银器与空气中  $\text{H}_2\text{S}$  接触生成  $\text{Ag}_2\text{S}$ , 即 Ag 与  $\text{O}_2$  反应生成  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$  再与  $\text{H}_2\text{S}$  发生复分解反应, 总反应方程式为:  $4\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ , C 正确;

D. 已知  $\text{H}_2\text{S}$  是弱酸, 离子方程式书写时不能拆, 则  $\text{H}_2\text{S}$  除去废水中  $\text{Hg}^{2+}$  的离子方程式为:

$\text{H}_2\text{S} + \text{Hg}^{2+} = \text{HgS} \downarrow + 2\text{H}^+$ , D 正确;

故答案为：B；

【6 题详解】

A. 已知该反应的  $\Delta H > 0$ ，根据自由能变判据可知， $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$  时反应自发，该反应在高温条件下能自发进行，则  $\Delta S > 0$ ，A 正确；

B. 根据平衡常数的定义可知，该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{COS}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2\text{S})}$ ，B 错误；

C. 已知反应的反应热  $\Delta H$  等于反应物的键能总和减去生成物的键能总和，故该反应的

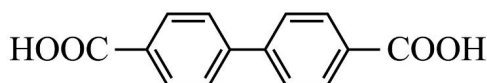
$$\Delta H = 2E(\text{C}=\text{O}) + 2E(\text{S}-\text{H}) - E(\text{C}=\text{O}) - E(\text{C}=\text{S}) - 2E(\text{O}-\text{H}) =$$

$$\Delta H = E(\text{C}=\text{O}) + 2E(\text{S}-\text{H}) - E(\text{C}=\text{S}) - 2E(\text{O}-\text{H})，C 错误；$$

D. 由  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$  可知：升温能使平衡正向移动，即高温能提高  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡转化率，但使用催化剂只能改变反应速率，不能使平衡发生移动，即不能提高  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡转化率，D 错误；

故答案为：A。

7. 金属有机框架（MOFs）是一类由金属离子与有机物配体形成的具有孔洞结构的材料，可用于  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等分子的吸附、储存和分离；孔洞尺寸与有机物配体的长度有关。一种 MOFs 材料由  $\text{Zn}^{2+}$  与对苯二甲酸构成，下列说法不正确的是



- A. 对苯二甲酸分子中所有碳原子一定共平面
- B.  $\text{Zn}^{2+}$  与对苯二甲酸之间以离子键结合形成稳定的框架结构
- C. 若将对苯二甲酸换成联苯-4,4'-二甲酸（结构如图），孔洞尺寸会增大
- D. MOFs 通过合适的内部空间实现对特定分子的吸附、储存和分离

【答案】B

【解析】

【详解】A. 对苯二甲酸分子（ $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ ）中，苯环和羧基均为平面结构，苯环上的碳

原子及与苯环直接相连的碳原子一定共平面，故所有碳原子一定共平面，A 正确；

B.  $\text{Zn}^{2+}$  与对苯二甲酸之间是通过配位键结合形成稳定的框架结构，而非离子键，B 错误；

C. 联苯-4,4'-二甲酸的有机配体长度比对苯二甲酸长，根据“孔洞尺寸与有机配体的长度有关”，将对苯

二甲酸换成联苯-4,4'-二甲酸，孔洞尺寸会增大，C 正确；

D. MOFs 具有孔洞结构，通过合适的内部空间可实现对特定分子（如  $H_2$ 、 $CO_2$  等）的吸附、储存和分离，D 正确；

故答案选 B。

8. 下列物质组成或性质与分离提纯方法对应关系正确的是

A.  $KNO_3$  熔点高，可用冷却热饱和溶液的方法提纯混有少量  $KCl$  的  $KNO_3$

B. 酯能水解，可用分液法分离乙酸乙酯和水溶液

C. 乙醚和青蒿素（ $C_{15}H_{22}O_5$ ）组成元素相同，可用乙醚萃取青蒿素

D. 不同的烃沸点不同，可通过分馏从石油中获得汽油、柴油

【答案】D

【解析】

【详解】A. 冷却热饱和溶液法适用于溶解度随温度变化大的物质，“熔点高”与溶解度无关，A 错误；

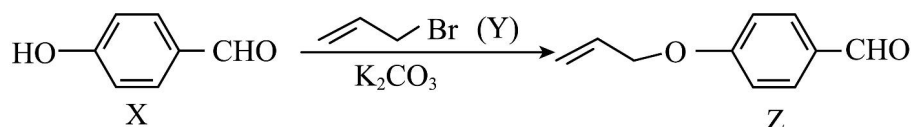
B. 分液法适用于互不相溶的液体分离，乙酸乙酯与水不混溶可用分液，“酯能水解”与分液无关，B 错误；

C. 乙醚萃取青蒿素的原因是结构相似导致青蒿素在乙醚中溶解度大，而非“组成元素相同”，C 错误；

D. 石油分馏是利用不同烃的沸点差异，分离获得汽油、柴油等，D 正确；

故选 D。

9. 化合物 Z 是一种有机合成中的重要中间体，合成路线如下。下列说法不正确的是



A. X 和 Z 可以用  $FeCl_3$  溶液鉴别

B. Y 存在顺反异构

C.  $1\text{mol Z}$  最多能和  $5\text{mol H}_2$  发生加成

D. 转化过程中  $K_2CO_3$  可用  $(C_2H_5)_3N$  代替

【答案】B

【解析】

【详解】A. X 含酚羟基，能与  $FeCl_3$  溶液发生显色反应（显紫色）；Z 中酚羟基已转化为醚键，不能与  $FeCl_3$  显色，因此可用  $FeCl_3$  溶液鉴别 X 和 Z，A 正确；

B. Y 中碳碳双键的一个碳原子连接 2 个相同的 H 原子，不满足“双键两端碳原子连接 2 个不同原子 / 基团”的顺反异构条件，因此 Y 不存在顺反异构，B 错误；

C. Z 中能与  $H_2$  加成的基团：苯环（加成  $3\text{mol H}_2$ ）、碳碳双键（加成  $1\text{mol H}_2$ ）、醛基（加成  $1\text{mol H}_2$ ）

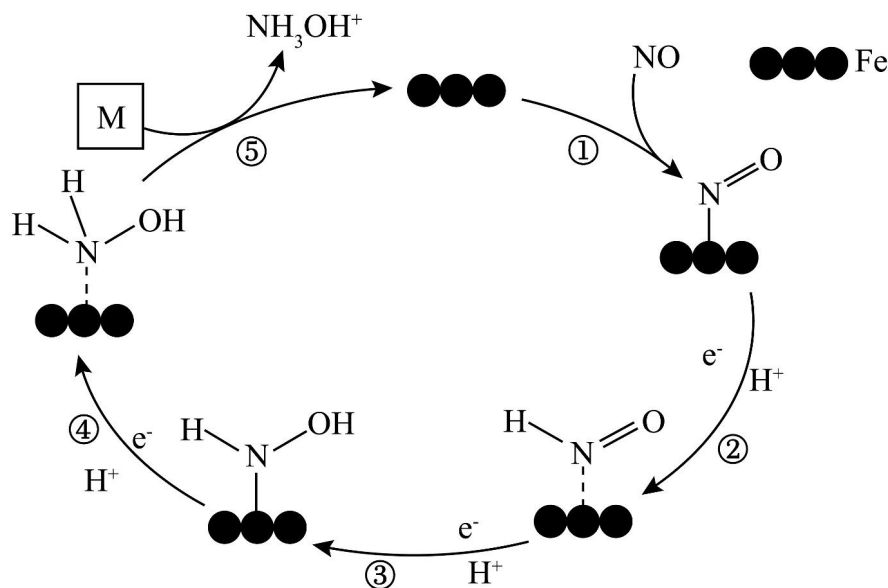
友果，专注昆震提招培训。17751295132

H<sub>2</sub>)，总计 5 mol，因此 1 mol Z 最多能和 5 mol H<sub>2</sub> 加成，C 正确；

D. 转化过程中 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 的作用是消耗反应生成的 HBr (促进反应正向进行)；(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N 是有机碱，也能与 HBr 反应 (生成盐)，因此可替代 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>，D 正确；

故选 B。

10. NO 与盐酸在 Fe 催化电极上生成盐酸羟胺 (NH<sub>3</sub>OHCl，化学性质类似于 NH<sub>4</sub>Cl)。可能的反应机理如图所示，下列说法正确的是



A. 过程①~④中 N 的化合价均发生变化

B. 过程②和③中都有极性键形成

C. 过程⑤中 M 为 H<sup>+</sup> 和 e<sup>-</sup>

D. 电催化 NO 与盐酸生成 NH<sub>3</sub>OH<sup>+</sup> 的反应方程式：
$$\text{NO} + 4\text{H}^+ \xrightarrow[\text{Fe}]{\text{通电}} \text{NH}_3\text{OH}^+$$

【答案】B

【解析】

【分析】由反应机理可知， $\text{NO} + 3\text{e}^- + 4\text{H}^+ \xrightarrow[\text{Fe}]{\text{通电}} \text{NH}_3\text{OH}^+$ ，据此分析：

【详解】A. 过程①未得失电子，化合价不变，②③④均得电子，N 的化合价均发生变化，A 错误；

B. 过程②有 H-N 极性键形成，过程③中有 H-O 极性键形成，B 正确；

C. 根据题意可知，NH<sub>2</sub>OH 具有类似 NH<sub>3</sub> 的弱碱性，可以和盐酸反应生成盐酸羟胺，所以缺少的一步反应为：NH<sub>2</sub>OH + H<sup>+</sup> = NH<sub>3</sub>OH<sup>+</sup>，过程⑤中 M 为 H<sup>+</sup>，C 错误；

D. 电催化 NO 与盐酸生成  $\text{NH}_3\text{OH}^+$  的反应方程式:  $\text{NO} + 3\text{e}^- + 4\text{H}^+ \xrightarrow[\text{Fe}]{\text{通电}} \text{NH}_3\text{OH}^+$ , D 错误;

故选 B。

11. 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能得到相应实验结论的是

| 选项 | 实验过程及现象                                                                                                                                                          | 实验结论                                                             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| A  | 向某黄色溶液中加入淀粉-KI 溶液, 溶液呈蓝色                                                                                                                                         | 溶液中一定含有 $\text{Br}_2$                                            |
| B  | 用 pH 试纸分别测定 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液和 $\text{NaNO}_2$ 溶液的 pH, $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液 pH 大                                                              | 结合 $\text{H}^+$ 能力:<br>$\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$ |
| C  | 向 2mL 浓度为 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{NaCl}$ 溶液中滴加少量 $\text{AgNO}_3$ 溶液, 产生白色沉淀, 继续滴加 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KI 溶液, 振荡, 产生黄色沉淀 | 溶度积常数:<br>$\text{AgCl} > \text{AgI}$                             |
| D  | 分别向甲苯和甲基环己烷中滴加酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液, 前者溶液颜色褪去                                                                                                                    | 甲基使苯环上的氢更活泼                                                      |

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 黄色溶液中加入淀粉-KI 溶液变蓝, 说明碘离子被氧化为碘单质, 可能由  $\text{Fe}^{3+}$  等氧化剂引起, 无法确定  $\text{Br}_2$  存在, A 错误;

B. 比较  $\text{CH}_3\text{COONa}$  和  $\text{NaNO}_2$  的 pH 需采用浓度相同的两种溶液进行测量, 未说明浓度, 无法得出结合  $\text{H}^+$  能力, B 错误;

C.  $\text{AgCl}$  沉淀后加入 KI 生成  $\text{AgI}$ , 发生了沉淀转化, 说明  $\text{AgI}$  的  $K_{\text{sp}}$  更小, C 正确;

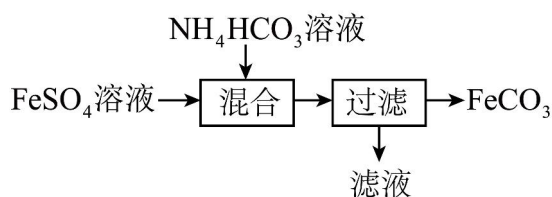
D. 甲苯被氧化是因为苯环使甲基活化了, 反应涉及甲基 C-H 键, 把甲苯转化为苯甲酸, D 错误;

故选 C。

12. 一种制备  $\text{FeCO}_3$  的流程如图所示, 混合过程中有气体产生。下列说法正确的是 (已知: 常温下,

$$K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}, \quad K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.4 \times 10^{-7}, \quad K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11},$$

$$K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 8.0 \times 10^{-16}, \quad K_{sp}(\text{FeCO}_3) = 3.2 \times 10^{-11}$$



A.  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) < c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

B.  $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.08\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 混合时应控制溶液  $\text{pH} > 7$

C. “滤液”中  $c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) \geq 3.2 \times 10^{-11}$

D. 反应  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3$  的  $K = \frac{K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_{sp}(\text{FeCO}_3)}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 根据物料守恒可知,  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中有:

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}), \quad \text{又知 } K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5},$$

$$K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.4 \times 10^{-7}, \quad \text{则 } \text{NH}_4^+ \text{ 的水解平衡常数 } K_h = \frac{K_w}{K_b} \text{ 小于 } \text{HCO}_3^- \text{ 的水解平衡常数 } K_{h2} = \frac{K_w}{K_{a1}},$$

$\text{HCO}_3^-$  的水解大于电离, 即有:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 、 $c(\text{HCO}_3^-) < c(\text{NH}_4^+)$ ,  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$ , 则

$$\text{有 } c(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) - c(\text{HCO}_3^-) - c(\text{CO}_3^{2-}) \text{ 则 } c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}), \text{ A 错}$$

误;

B. 已知混合时不能产生  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀, 则  $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.08\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,  $c(\text{Fe}^{2+})c^2(\text{OH}^-) < K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ , 则

$$\text{有 } c(\text{OH}^-) < \sqrt{\frac{K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]}{c(\text{Fe}^{2+})}} = \sqrt{\frac{8.0 \times 10^{-16}}{0.08}} = 10^{-7} \text{mol/L}, \quad \text{则 } c(\text{H}^+) \text{ 应该大于 } 10^{-7} \text{mol/L}, \quad \text{即混合时应控制溶}$$

液  $\text{pH} < 7$ , B 错误;

C. 由题干流程图可知, “滤液”即过滤出  $\text{FeCO}_3$  之后的滤液, 则滤液中达到了  $\text{FeCO}_3$  的溶解平衡, 即滤液

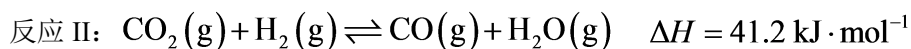
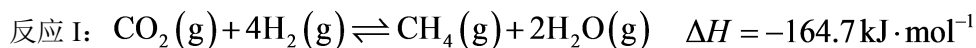
$$\text{中 } c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 3.2 \times 10^{-11}, \text{ C 错误;}$$

$$\text{D. 反应 } \text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3 \text{ 的 } K = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{Fe}^{2+})c^2(\text{HCO}_3^-)} = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{Fe}^{2+})c(\text{CO}_3^{2-})c^2(\text{HCO}_3^-)} =$$

$$\frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)c(\text{CO}_3^{2-})}{K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3)c^2(\text{HCO}_3^-)} = \frac{\frac{c(\text{CO}_3^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)}}{K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3)\frac{c(\text{HCO}_3^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}} = \frac{K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3)}, \text{ D 正确;}$$

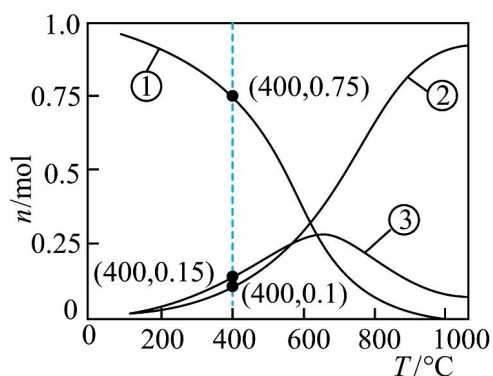
故答案为：D。

13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应：



向恒压、密闭容器中通入  $1\text{molCO}_2$  和  $4\text{molH}_2$ ，平衡时  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  的物质的量随温度的变化如图

所示。 $\text{CH}_4$  的选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是



- A.  $400^\circ\text{C}$  时， $\text{CO}_2$  的平衡转化率为 85%
- B.  $400^\circ\text{C}$  反应达到平衡状态时， $n(\text{CO}_2):n(\text{CO})=1:5$
- C.  $\text{CH}_4$  的平衡选择性随着温度的升高而增大
- D. 其他条件不变，加压有利于增大平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量

【答案】A

【解析】

【分析】反应 I 是放热反应，温度升高，平衡逆移，则  $\text{CH}_4$  的物质的量减小， $\text{CO}_2$  的转化率下降；反应 II 是吸热反应，温度升高，平衡正移，则  $\text{CO}$  的物质的量增大， $\text{CO}_2$  的转化率升高；图像中随着温度的升高，曲线①呈现单调下降的趋势，则代表的是  $\text{CH}_4$  的物质的量，曲线②呈现单调升高的趋势，则代表的是  $\text{CO}$

的物质的量，剩下的曲线③则是  $\text{CO}_2$  的物质的量。

【详解】A. 根据分析，曲线③为  $\text{CO}_2$  的物质的量，则  $400^\circ\text{C}$  时， $\text{CO}_2$  的物质的量为  $0.15\text{ mol}$ ，由起始的  $1\text{ mol}$  转化到  $0.15\text{ mol}$ ，转化率为  $\frac{0.85}{1} \times 100\% = 85\%$ ，A 正确；

B.  $400^\circ\text{C}$  反应达到平衡状态时，由图分析，曲线②为  $\text{CO}$  的物质的量  $0.1\text{ mol}$ ，则

$n(\text{CO}_2):n(\text{CO}) = 0.15:0.1 = 3:2$ ，B 错误；

C.  $\text{CH}_4$  的选择性  $= \frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\% = \frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CH}_4) + n(\text{CO})} \times 100\%$ 。由图可知，随着温度升高，曲线

①代表的  $n(\text{CH}_4)$  单调减少，而曲线②代表的  $n(\text{CO})$  单调增加，因此  $\text{CH}_4$  的选择性随温度升高而减小，

C 错误；

D. 增大压强，反应 I 平衡右移，反应 I 中等物质的量  $\text{CO}_2$  消耗更多的  $\text{H}_2$ ，故加压会降低平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量，D 错误；

故选 A。

## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. 氯化亚铜 ( $\text{CuCl}$ ) 晶体微溶于水，难溶于乙醇，易溶于浓盐酸生成  $\text{H}[\text{CuCl}_2]$  (络合酸)，露置于空气中易被氧化，常用作催化剂、杀菌剂。

(1) 制备  $\text{CuCl}$ 。将一定浓度的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的混合水溶液 M 和一定浓度的  $\text{CuSO}_4$  与  $\text{NaCl}$  的混合水溶液 N 分别加入到烧瓶中，混合后充分反应，抽滤，依次用无氧水及无水乙醇洗涤产品。

①写出该方法中制备氯化亚铜的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②反应中加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的作用是\_\_\_\_\_。

③制备  $\text{CuCl}$  时，溶液 M 与溶液 N 的混合方式为\_\_\_\_\_ (填字母)。

A. 搅拌下将溶液 M 缓慢加入溶液 N 中      B. 搅拌下将溶液 N 缓慢加入溶液 M 中

(2)  $\text{CuCl}$  制备条件的选择与控制。其他条件相同， $\text{CuCl}$  的收率与氯铜物质的量比、反应温度的关系分别如图 1 和图 2 所示。

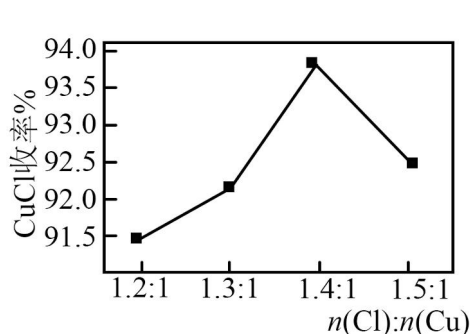


图1

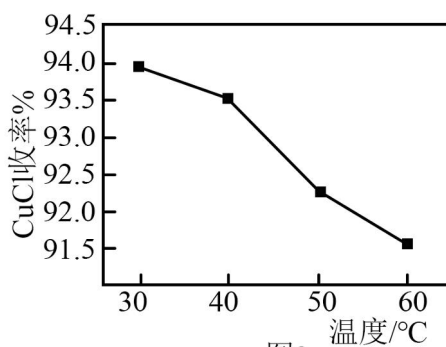


图2

①当氯铜物质的量比大于 1.4 时，CuCl 收率减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

②当反应温度高于 30°C 时，CuCl 收率减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

(3) CuCl 样品纯度的测定。称取 0.2500g CuCl 样品，加到装有 0.5000mol/L FeCl<sub>3</sub> 溶液（稍过量）的锥形瓶中，待样品溶解后，加入 50.00mL 水和 2 滴邻菲罗啉指示剂，立即用 0.1560mol/L Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 标准溶液滴定至终点（溶液由红色变绿色），滴定反应为  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ 。平行滴定三次，平均消耗 Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 标准溶液 15.00mL。计算 CuCl 样品的纯度（写出计算过程，结果精确到 0.01%）。\_\_\_\_\_。

【答案】(1) ①.  $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{CO}_3^{2-} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2\uparrow$  ②. 消耗掉反应过程中生成的  $\text{H}^+$ ，促进 CuCl 的生成 ③. A

(2) ①. Cl<sup>-</sup> 浓度增大，则将使 CuCl 与 Cl<sup>-</sup> 络合形成络合离子  $[\text{CuCl}_2]^-$  溶于水中，导致 CuCl 收率减小

②. 温度升高， $\text{SO}_3^{2-}$  的水解速率加快，从体系逸出的  $\text{SO}_2$  增多，还原  $\text{Cu}^{2+}$  的量减少

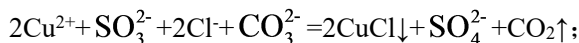
(3) 93.13%

【解析】

【小问 1 详解】

①该方法中制备氯化亚铜即  $\text{Cu}^{2+}$  被  $\text{SO}_3^{2-}$  还原为 CuCl，自身被氧化为： $\text{SO}_4^{2-}$ ，过程中产生的  $\text{H}^+$  被

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  中和，则该反应的离子方程式为： $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{CO}_3^{2-} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2\uparrow$ ，故答案为：



②加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  作用是将亚硫酸钠和硫酸铜反应生成的硫酸反应掉，控制溶液的酸碱性，有利于 CuCl 的生成，故答案为：消耗掉反应过程中生成的  $\text{H}^+$ ，促进 CuCl 的生成；

③已知溶液 M 显碱性， $\text{Cu}^{2+}$  在碱性条件下将生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀，N 溶液显酸性，故制备 CuCl 时，溶液 M 与溶液 N 的混合方式为搅拌下将溶液 M 缓慢加入溶液 N 中，否则将产生  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  沉淀，故答案为：

A；

【小问 2 详解】

①当氯铜物质的量比大于 1.4 时，即 Cl<sup>-</sup>过量，则将使 CuCl 与 Cl<sup>-</sup>络合形成络合离子[CuCl<sub>2</sub>]<sup>-</sup>溶于水，导致 CuCl 收率减小，故答案为：Cl<sup>-</sup>浓度增大，则将使 CuCl 与 Cl<sup>-</sup>络合形成络合离子[CuCl<sub>2</sub>]<sup>-</sup>溶于水，导致 CuCl 收率减小；

②已知温度越高，反应速率越快，温度升高，加速 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的水解，甚至产生 SO<sub>2</sub>，从溶液中逸出的 SO<sub>2</sub> 的量也增多，使得 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 的利用率减小，即生成 CuCl 减小，故当反应温度高于 30℃ 时，CuCl 收率减小，故答案为：温度升高，SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的水解速率加快，从体系逸出的 SO<sub>2</sub> 增多，还原 Cu<sup>2+</sup> 的量减少；

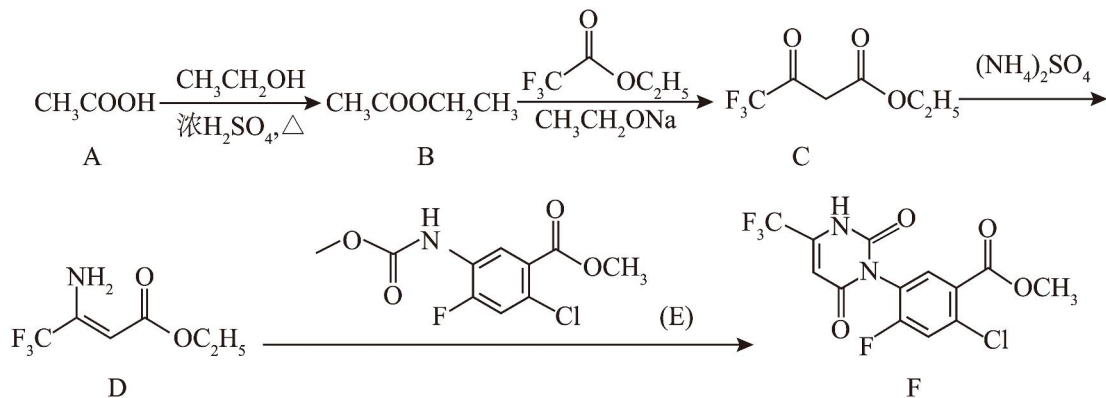
### 【小问 3 详解】

称取 0.2500g CuCl 样品，加到装有 0.5000mol/L FeCl<sub>3</sub> 溶液（稍过量）的锥形瓶中，待样品溶解后，加入 50.00mL 水和 2 滴邻菲罗啉指示剂，立即用 0.1560mol/L Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 标准溶液滴定至终点（溶液由红色变绿色），滴定反应为 Fe<sup>2+</sup>+Ce<sup>4+</sup>=Fe<sup>3+</sup>+Ce<sup>3+</sup>。平行滴定三次，平均消耗 Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 标准溶液 15.00mL，由反应方程式：CuCl+FeCl<sub>3</sub>=CuCl<sub>2</sub>+FeCl<sub>2</sub>、Fe<sup>2+</sup>+Ce<sup>4+</sup>=Fe<sup>3+</sup>+Ce<sup>3+</sup> 可知，CuCl~Fe<sup>2+</sup>~Ce<sup>4+</sup>，即

$n(\text{CuCl})=n(\text{Ce}^{4+})=0.1560\text{mol/L}\times 15.00\times 10^{-3}\text{L}=2.340\times 10^{-3}\text{mol}$ ，CuCl 样品的纯度为：

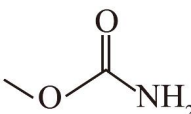
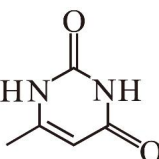
$$\frac{2.340\times 10^{-3}\text{mol}\times 99.5\text{g/mol}}{0.2500\text{g}}\times 100\%=93.13\%，\text{故答案为：}93.13\%。$$

15. 化合物 F 是合成除草剂苯嘧磺草胺的重要中间体，其合成路线如下：



- (1) C 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。
  - (2) B → C 的转化过程中，产物除了 C 之外，另一产物的结构简式为\_\_\_\_\_。
  - (3) 1mol D 分子中 sp<sup>2</sup> 和 sp<sup>3</sup> 杂化的碳原子个数比为\_\_\_\_\_。
  - (4) D → F 的反应类型为\_\_\_\_\_。
  - (5) 写出同时满足下列条件的 E 的一种芳香族同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。
- ①核磁共振氢谱有 4 组峰，且峰面积之比为 3:2:2:2；②分子中有一个手性碳原子；③碱性条件下水解后酸化，生成 X、Y、Z 三种有机物，其中 X 的相对分子质量为 32，Y 能与 NaHCO<sub>3</sub> 溶液反应也能

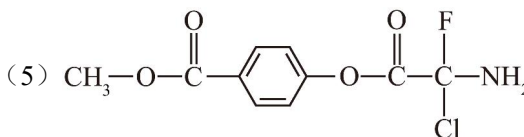
与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应。

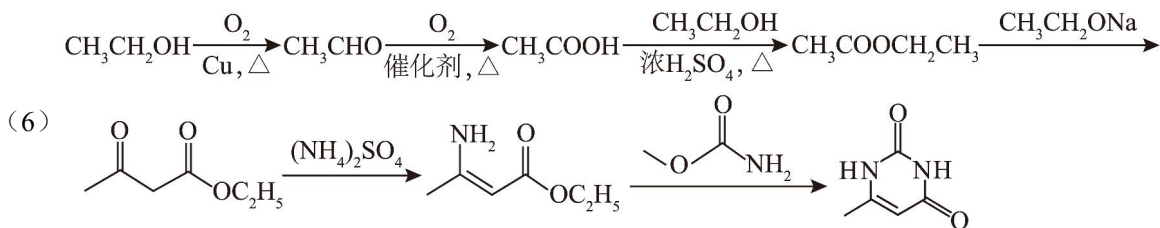
(6) 写出以乙醇和  为原料制备  的合成路线流程图 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa}$  和无机试剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

【答案】 (1) 酯基、酮羰基

(2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

(3) 1:1

(4) 取代反应 (5) 

(6) 

【解析】

【分析】乙酸与乙醇在浓硫酸催化下发生酯化反应生成乙酸乙酯, 乙酸乙酯与  $\text{CF}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  在乙醇钠作用下发生取代反应生成 C 为  $\text{CF}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$  和乙醇; C 与硫酸铵反应生成 D, D 与 E 发生反应生成 F, 据此分析;

【小问 1 详解】

C 为  $\text{CF}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ , C 中含氧官能团的名称为酯基、酮羰基;

【小问 2 详解】

根据分析可知,  $\text{B} \rightarrow \text{C}$  的转化过程中, 产物除了 C 之外, 另一产物的结构简式为  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ;

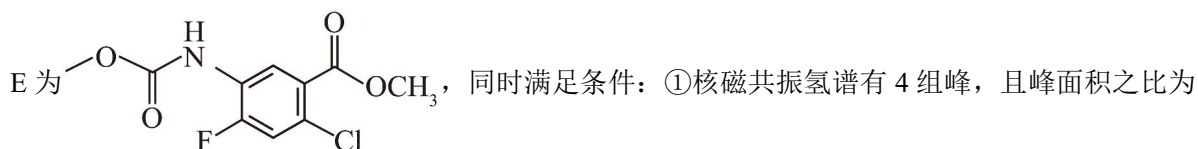
【小问 3 详解】

D 中有 3 个碳只形成单键, 有 3 个碳形成碳碳双键或碳氧双键, 故 1mol D 分子中  $\text{sp}^2$  和  $\text{sp}^3$  杂化的碳原子个数比为 3:3=1:1;

【小问 4 详解】

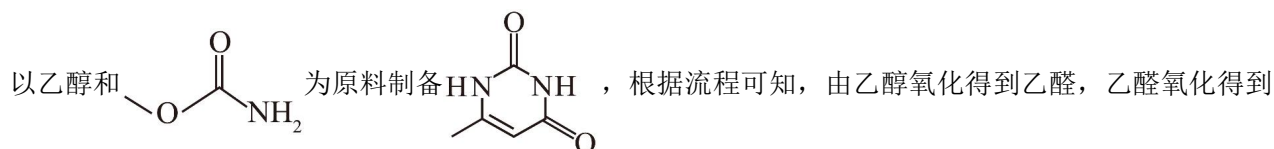
$\text{D} \rightarrow \text{F}$  是 D 与 E 发生取代反应生成 F 和乙醇、甲醇, 反应类型为取代反应;

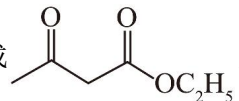
【小问 5 详解】

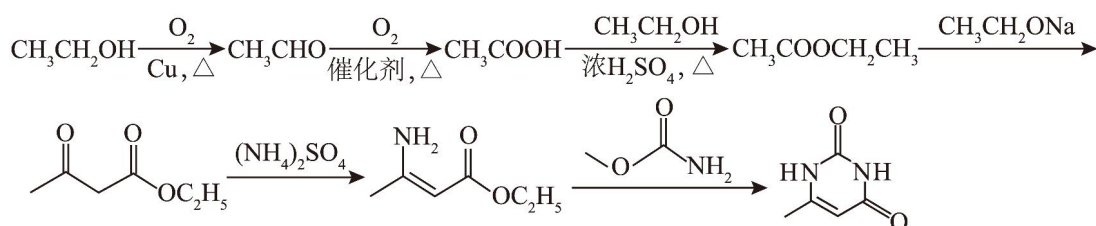
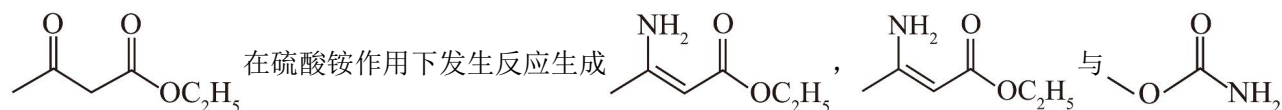


3:2:2:2，则高度对称且含有甲基，取代基在对位；②分子中有一个手性碳原子；③碱性条件下水解后酸化，生成 X、Y、Z 三种有机物，其中 X 的相对分子质量为 32，根据结构，可能为甲醇；Y 能与  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应也能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应，则含有羧基和酚羟基，则符合条件的 E 的一种芳香族同分异构体的结构简式为  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(\text{F})(\text{Cl})-\text{NH}_2$ ；

### 【小问 6 详解】



乙酸，乙酸与乙醇酯化反应生成乙酸乙酯，乙酸乙酯在乙醇钠作用下反应生成 ，



16. 酸性废水中三价砷 As(III) 主要以弱酸  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  形式存在，处理达标后才能排放。

#### (1) 电解除砷

电解含 As(III) 的酸性废水，将砷转化为  $\text{AsH}_3$  气体去除。原理如图 1 所示。

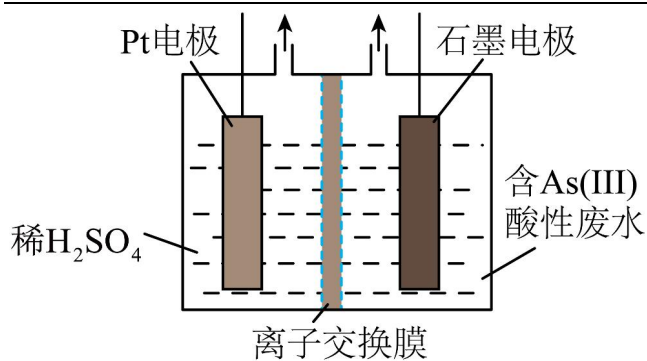


图1

①写出  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{AsH}_3$  的电极反应式：\_\_\_\_\_。

②离子交换膜应选择\_\_\_\_\_交换膜（填“阴离子”或“阳离子”）。

### （2）硫化沉砷

向含  $\text{As(III)}$  的酸性废水中加入适量硫化钠，将  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{As}_2\text{S}_3$  沉淀去除。

已知：i.  $\text{As}_2\text{S}_3(\text{s}) + 3\text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AsS}_3^{3-}(\text{aq})$ ； ii.  $\text{As}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S}$ 。

①“硫化沉砷”的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②硫化钠不能过量，主要的原因是\_\_\_\_\_。

③除砷率随 pH 变化的曲线如图 2 所示。pH>7.0 时，除砷率下降的原因是\_\_\_\_\_。

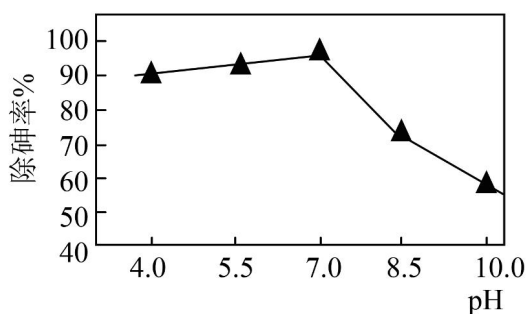


图2

### （3）氧化吸附除砷

新生态  $\text{MnO}_2$  悬浊液具有较强的氧化性和吸附性，能将酸性废水中  $\text{As(III)}$  氧化为  $\text{As(V)}$  后吸附去除。

已知：常温下， $K_{a1}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-2.2}$ ， $K_{a2}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-7.0}$ ， $K_{a3}(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 10^{-11.5}$ ，

$K_{sp}(\text{FeAsO}_4) = 5.7 \times 10^{-21}$ 。

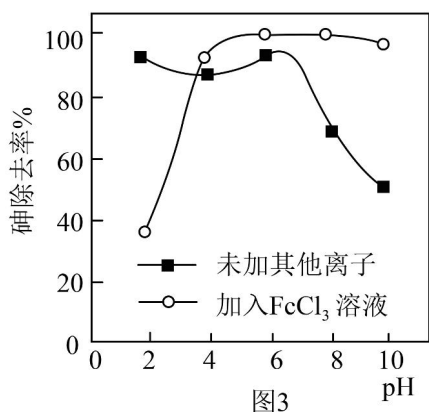


图3

①写出  $\text{MnO}_2$  将废水中  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②结合  $K_a(\text{H}_3\text{AsO}_4)$  分析， $\text{pH} = 5.0$  时  $\text{MnO}_2$  吸附的  $\text{As(V)}$  的主要微粒为\_\_\_\_\_。

③砷去除率随  $\text{pH}$  变化的曲线如图 3 所示。加入  $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{FeCl}_3$  溶液的体系中，当  $\text{pH} > 6.5$  时，砷去除率提高到接近 100%。可能的原因是\_\_\_\_\_。

【答案】 (1) ①.  $\text{H}_3\text{AsO}_3 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{AsH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$  ②. 阳离子

(2) ①.  $3\text{S}^{2-} + 2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 6\text{H}^+ = \text{As}_2\text{S}_3 \downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$  ②. 硫化钠过量，溶液中  $c(\text{S}^{2-})$  增大， $\text{As}_2\text{S}_3(\text{S}) + 3\text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AsS}_3^{3-}(\text{aq})$  正向进行程度增大，不利于沉砷 ③.  $\text{pH} > 7.0$ ，碱性增强， $\text{As}_2\text{S}_3$  水解程度增大，生成可溶性的  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  或  $\text{AsO}_3^{3-}$

(3) ①.  $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{MnO}_2 + 2\text{H}^+ = \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$  ②.  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  ③.  $\text{Fe}^{3+}$  发生水解转化为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  也能吸附  $\text{As(V)}$ ； $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{As(V)}$  转化为  $\text{FeAsO}_4$  沉淀

【解析】

【小问 1 详解】

①  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{AsH}_3$ ，As 的化合价由 +3 价降为 -3 价，得 6 个电子，在酸性条件下进行，综合电荷守恒可得电极反应式： $\text{H}_3\text{AsO}_3 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{AsH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

② 含  $\text{As(III)}$  的酸性废水发生的电极反应为  $\text{H}_3\text{AsO}_3 + 6\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{AsH}_3 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ ，反应消耗氢离子，稀硫酸的一极上氢离子通过交换膜转移过来，故离子交换膜应选择阳离子交换膜；

【小问 2 详解】

① 向含  $\text{As(III)}$  的酸性废水中加入适量硫化钠，将  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  转化为  $\text{As}_2\text{S}_3$  沉淀去除，“硫化沉砷”的离子方

程式为  $3S^{2-} + 2H_3AsO_3 + 6H^+ = As_2S_3 \downarrow + 6H_2O$ ;

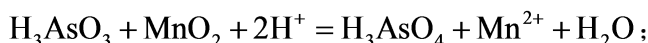
②硫化钠不能过量，主要的原因是硫化钠过量，溶液中  $c(S^{2-})$  增大，

$As_2S_3(S) + 3S^{2-}(aq) \rightleftharpoons 2AsS_3^{3-}(aq)$  正向进行程度增大，不利于沉砷；

③除砷率随 pH 变化的曲线如图 2 所示。根据图中曲线可知， $pH > 7.0$ ，碱性增强， $As_2S_3$  水解程度增大，生成可溶性的  $H_3AsO_3$  或  $AsO_3^{3-}$ ，因此  $pH > 7.0$  时，除砷率下降；

### 【小问 3 详解】

①  $MnO_2$  将废水中  $H_3AsO_3$  转化为  $H_3AsO_4$ ，同时  $MnO_2$  被还原为锰离子，反应的离子方程式为：



②  $K_{a1}(H_3AsO_4) = 10^{-2.2}$ ， $pH = 5.0$  时，

$$K_{a1}(H_3AsO_4) = \frac{c(H^+)c(H_2AsO_4^-)}{c(H_3AsO_4)} = \frac{10^{-5} \times c(H_2AsO_4^-)}{c(H_3AsO_4)} = 10^{-2.2}, \quad \frac{c(H_2AsO_4^-)}{c(H_3AsO_4)} = \frac{10^{-2.2}}{10^{-5}} = 10^{2.8},$$

$$c(H_2AsO_4^-) > c(H_3AsO_4); \quad K_{a2}(H_3AsO_4) = \frac{c(H^+)c(HAsO_4^{2-})}{c(H_2AsO_4^-)} = \frac{10^{-5} \times c(HAsO_4^{2-})}{c(H_2AsO_4^-)} = 10^{-7.0},$$

$$\frac{c(HAsO_4^{2-})}{c(H_2AsO_4^-)} = \frac{10^{-7.0}}{10^{-5}} = 10^{-2}, \quad c(HAsO_4^{2-}) < c(H_2AsO_4^-), \quad \text{因此}$$

$MnO_2$  吸附的 As(V) 的主要微粒为  $H_2AsO_4^-$ ；

③砷去除率随 pH 变化的曲线如图 3 所示。加入  $0.01mol \cdot L^{-1}FeCl_3$  溶液的体系中，当  $pH > 6.5$  时， $Fe^{3+}$  发生水解转化为  $Fe(OH)_3$  也能吸附 As(V)； $Fe^{3+}$  与 As(V) 转化为  $FeAsO_4$  沉淀，则砷去除率提高到接近 100%。

17. 甲烷热值高、储量大，是重要的碳氢资源。

(1) 甲烷热催化裂解制氢

①在  $101kPa$  下， $1mol$  物质完全燃烧的反应热叫做该物质的标准燃烧热。根据下表所列的一些物质标准燃烧热 ( $25^\circ C$ )，写出甲烷裂解为碳和氢气的热化学方程式：\_\_\_\_\_。

| 名称 | 化学式 | $\Delta H / (kJ \cdot mol^{-1})$ |
|----|-----|----------------------------------|
|    |     |                                  |

|    |                         |        |
|----|-------------------------|--------|
| 甲烷 | $\text{CH}_4(\text{g})$ | -890.3 |
| 氢气 | $\text{H}_2(\text{g})$  | -285.8 |
| 碳  | $\text{C}(\text{s})$    | -393.5 |

②研究发现甲烷热催化裂解制氢过程中存在着副反应。若只考虑以下一个副反应：

$2\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，当  $\text{H}_2$  产率为  $186.2\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}$ ， $\text{C}_2\text{H}_6$  产率为  $4.6\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}$  时，甲烷热催化过程中  $\text{C}_2\text{H}_6$  的选择性为\_\_\_\_\_（填计算结果）。

[已知： $\text{C}_2\text{H}_6$  的选择性 =  $\frac{\text{生成}\text{C}_2\text{H}_6\text{所消耗反应物的量}}{\text{反应物总消耗量}} \times 100\%$ ]

③甲烷热催化实验中测得氢气的产率随时间变化的曲线如图 1 所示。氢气的产率随时间变化缓慢下降的原因为\_\_\_\_\_。

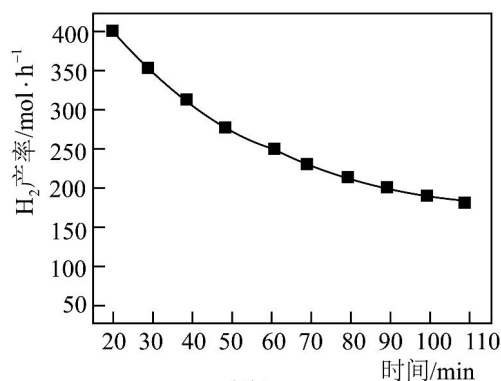
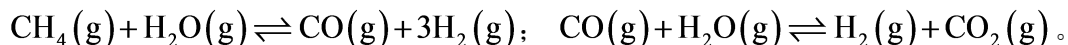


图1

## （2）甲烷与水催化重整制氢

500℃时， $\text{CH}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  催化重整主要发生的反应为：



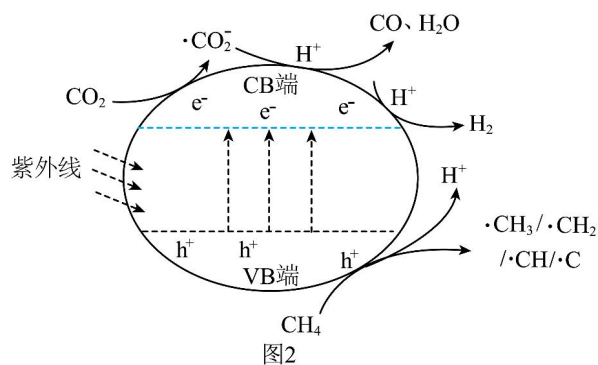
①反应体系中过量  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  能有效防止催化剂活性下降，原因为\_\_\_\_\_。

②已知  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \quad \Delta H = -178.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。向反应体系中加入适量多孔  $\text{CaO}$ ，其优点是\_\_\_\_\_。

## （3）甲烷光催化重整制合成气（CO 和 $\text{H}_2$ ）

研究发现， $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  在紫外线和  $\text{Rh}/\text{TiO}_2 - \text{B}$  光催化剂作用下制得合成气的部分机理如图 2 所示

( $h^+$  表示光生空穴, 是有很强得电子能力的活性位点)。



①光生空穴在活化甲烷分子时, H 原子比 C 原子更易被攻击的原因是\_\_\_\_\_。

②制备合成气的过程可描述为:  $Rh/TiO_2-B$  光催化剂在紫外线作用下将电子激发到 CB 端, 在 VB 端留下光生空穴, \_\_\_\_\_。

【答案】(1) ①.  $CH_4(g)=C(s)+2H_2(g) \quad \Delta H=+74.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ②. 9.2% ③. 反应过程中, 催化剂表面会积碳, 导致催化剂活性逐渐降低; 同时副反应增多, 消耗  $CH_4$  但生成  $H_2$  的效率降低, 因此氢气产率随时间缓慢下降

(2) ①. 过量  $H_2O(g)$  可与催化剂表面的积碳发生反应, 减少积碳对催化剂活性的影响, 从而防止催化剂活性下降 ②. 提高  $H_2$  产率, 加快反应速率

(3) ①.  $CH_4$  中 C 的电负性大于 H, C-H 键的电子对更偏向 C, 导致 H 原子带部分正电荷; 光生空穴 ( $h^+$ ) 具有强得电子能力, 更易攻击带正电的 H 原子 ②. 光生空穴 ( $h^+$ ) 在 VB 端攻击  $CH_4$ , 断裂 C-H 键生成  $\cdot CH_3$ 、 $\cdot CH_2$  等自由基; 光生电子 ( $e^-$ ) 转移到 CB 端, 还原  $CO_2$  生成 CO; 同时自由基进一步反应生成  $H_2$  和 CO, 最终得到合成气

【解析】

【小问 1 详解】

①表示甲烷燃烧热的热化学方程式为反应 1:  $CH_4(g)+2O_2(g)=CO_2(g)+2H_2O(l) \quad \Delta H_1$ , 氢气燃烧为反应 2:

$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)=H_2O(l) \quad \Delta H_2$ , 碳燃烧为反应 3:  $C(s)+O_2(g)=CO_2(g) \quad \Delta H_3$ , 由盖斯定律可知, 目标反应 =

反应 1 - 反应 2 - 2× 反应 3,  $\Delta H=\Delta H_1-\Delta H_2-2\Delta H_3=+74.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 甲烷裂解为碳和氢气的热化学方程式为  $CH_4(g)=C(s)+2H_2(g) \quad \Delta H=+74.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; ②由副反应可知消耗  $CH_4$  的速率=2×生成  $C_2H_6$  的速率=2×4.6=9.2  $\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ , 总氢气速率为 186.2  $\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ , 则甲烷热催化裂解生成氢气的速率为 186.2-4.6=181.6

$\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ , 消耗甲烷的速率为 90.8  $\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ , 反应总消耗甲烷的速率=90.8+9.2=100  $\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ , 乙烷的选择性

$=\frac{9.2}{100} \times 100\% = 9.2\%$ ; ③反应过程中, 催化剂表面会积碳, 导致催化剂活性逐渐降低; 同时副反应增多,

消耗  $CH_4$  但生成  $H_2$  的效率降低, 因此氢气产率随时间缓慢下降;

友果, 专注昆震提招培训。17751295132

## 【小问 2 详解】

①过量  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  可与催化剂表面的积碳发生反应，减少积碳对催化剂活性的影响，从而防止催化剂活性下降；②向反应体系中加入适量多孔  $\text{CaO}$ ，其优点是消耗  $\text{CO}_2$ ，使反应  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$  正向移动，提高  $\text{H}_2$  产率；同时多孔结构增大接触面积，加快反应速率；

## 【小问 3 详解】

①  $\text{H}$  原子比  $\text{C}$  原子更易被攻击的原因是  $\text{CH}_4$  中  $\text{C}$  的电负性大于  $\text{H}$ ， $\text{C-H}$  键的电子对更偏向  $\text{C}$ ，导致  $\text{H}$  原子带部分正电荷；光生空穴 ( $\text{h}^+$ ) 具有强得电子能力，更易攻击带正电的  $\text{H}$  原子；②  $\text{Rh}/\text{TiO}_2-\text{B}$  光催化剂在紫外线作用下将电子激发到  $\text{CB}$  端，在  $\text{VB}$  端留下光生空穴，光生空穴 ( $\text{h}^+$ ) 在  $\text{VB}$  端攻击  $\text{CH}_4$ ，断裂  $\text{C-H}$  键生成  $\cdot\text{CH}_3$ 、 $\cdot\text{CH}_2$  等自由基；光生电子 ( $\text{e}^-$ ) 转移到  $\text{CB}$  端，还原  $\text{CO}_2$  生成  $\text{CO}$ ；同时自由基进一步反应生成  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$ ，最终得到合成气。

未来参加提招的家长，可以加入交流群

群聊：昆震提招交流群2027



如果二维码过期，请添加 17751295132 邓老师添加

QQ 群：564965872