

化学试题

本试卷共 100 分,考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量: H—1 Li—7 C—12 N—14
O—16 Mg—24 S—32 Cl—35.5 K—39 V—51
Fe—56

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。

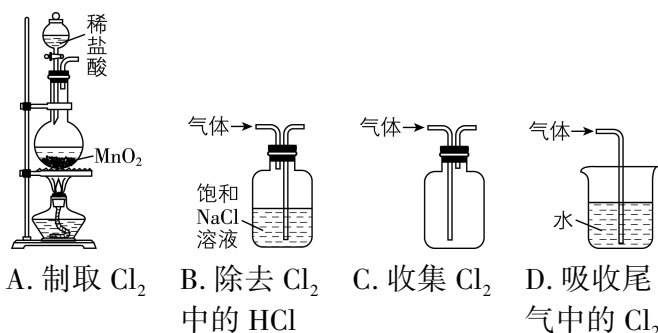
1. 我国提出 2060 年实现碳中和的目标,体现了大国担当。碳中和中的碳是指 ()

- A. 碳原子 B. 二氧化碳
C. 碳元素 D. 含碳物质

2. 反应 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 应用于石油开采。下列说法正确的是 ()

- A. NH_4^+ 的电子式为 $\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$
B. NO_2^- 中 N 元素的化合价为 +5
C. N_2 分子中存在 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键
D. H_2O 为非极性分子

3. 实验室制取 Cl_2 的实验原理及装置均正确的是 ()



4. 元素 C、Si、Ge 位于周期表中 IV A 族。下列说法正确的是 ()

- A. 原子半径: $r(\text{C}) > r(\text{Si}) > r(\text{Ge})$
B. 第一电离能: $I_1(\text{C}) < I_1(\text{Si}) < I_1(\text{Ge})$
C. 碳单质、晶体硅、SiC 均为共价晶体
D. 可在周期表中元素 Si 附近寻找新半导体材料

阅读下列材料,完成 5~7 题:

氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。 ^1_1H 、 ^2_1H 、 ^3_1H 是氢元素的 3 种核素,基态 H 原子 $1s^1$ 的核外电子排布,使得 H 既可以形成 H^+ 又可以形成

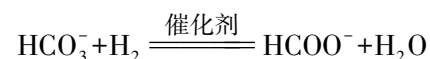
H^- ,还能形成 H_2O 、 H_2O_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、 CaH_2 等重要化合物;水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得 H_2 ,如水煤气法制氢反应中, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 与足量 $\text{C}(\text{s})$ 反应生成 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{CO}(\text{g})$ 吸收 131.3 kJ 的热量。 H_2 在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用,如 HCO_3^- 在催化剂作用下与 H_2 反应可得到 HCOO^- 。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。

5. 下列说法正确的是 ()

- A. ^1_1H 、 ^2_1H 、 ^3_1H 都属于氢元素
B. NH_4^+ 和 H_2O 的中心原子轨道杂化类型均为 sp^2
C. H_2O_2 分子中的化学键均为极性共价键
D. CaH_2 晶体中存在 Ca 与 H_2 之间的强烈相互作用

6. 下列化学反应表示正确的是 ()

- A. 水煤气法制氢: $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$
 $\Delta H = -131.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
B. HCO_3^- 催化加氢生成 HCOO^- 的反应:



C. 电解水制氢的阳极反应: $2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$

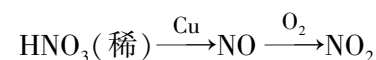
D. CaH_2 与水反应: $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$

7. 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是 ()

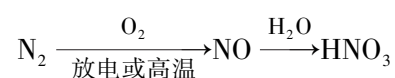
- A. H_2 具有还原性,可作为氢氧燃料电池的燃料
B. 氨极易溶于水,液氨可用作制冷剂
C. H_2O 分子之间形成氢键, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的热稳定性比 $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ 的高
D. N_2H_4 中的 N 原子与 H^+ 形成配位键, N_2H_4 具有还原性

8. 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是 ()

A. 实验室探究稀硝酸与铜反应的气态产物:



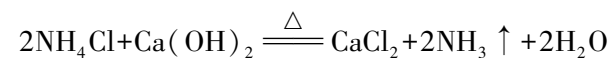
B. 工业制硝酸过程中的物质转化:



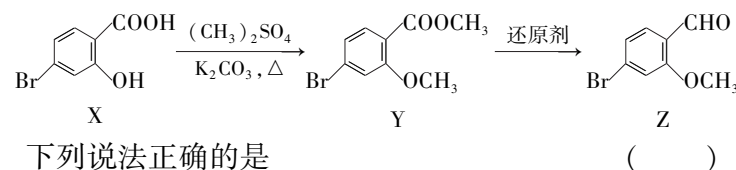
C. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应:



D. 实验室制备少量 NH_3 的原理:



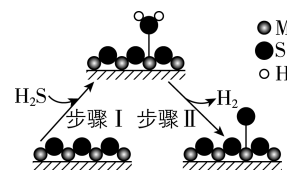
9. 化合物 Z 是合成药物非奈利酮的重要中间体,其合成路线如下:



下列说法正确的是 ()

- A. X 不能与 FeCl_3 溶液发生显色反应
B. Y 中的含氧官能团分别是酯基、羧基
C. 1 mol Z 最多能与 3 mol H_2 发生加成反应
D. X、Y、Z 可用饱和 NaHCO_3 溶液和 2% 银氨溶液进行鉴别

10. 金属硫化物 (M_xS_y) 催化反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CS}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$,既可以除去天然气中的 H_2S ,又可以获得 H_2 。下列说法正确的是 ()

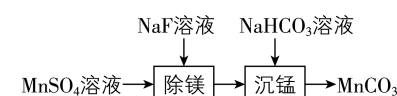


- A. 该反应的 $\Delta S < 0$
B. 该反应的平衡常数 $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{S})}{c(\text{CS}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}$
C. 如图所示的反应机理中,步骤 I 可理解为 H_2S 中带部分负电荷的 S 与催化剂中的 M 之间发生作用
D. 该反应中每消耗 1 mol H_2S ,转移电子的数目约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

11. 室温下,探究 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$ 溶液的性质,下列实验方案能达到探究目的的是 ()

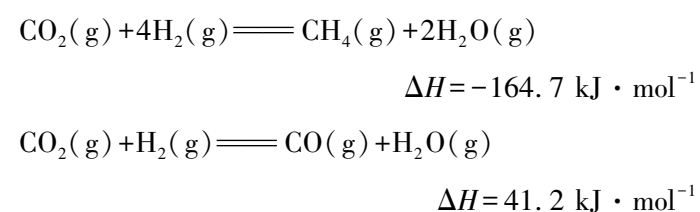
选项	探究目的	实验方案
A	溶液中是否含有 Fe^{3+}	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加几滴新制氯水,再滴加 KSCN 溶液,观察溶液颜色变化
B	Fe^{2+} 是否有还原性	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加几滴酸性 KMnO_4 溶液,观察溶液颜色变化
C	Fe^{2+} 是否水解	向 2 mL FeSO_4 溶液中滴加 2~3 滴酚酞试液,观察溶液颜色变化
D	Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 分解	向 2 mL 5% H_2O_2 溶液中滴加几滴 FeSO_4 溶液,观察气泡产生情况

12. 室温下,用含少量 Mg^{2+} 的 MnSO_4 溶液制备 MnCO_3 的过程如图所示。已知 $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 5.2 \times 10^{-11}$, $K_{\text{a}}(\text{HF}) = 6.3 \times 10^{-4}$ 。下列说法正确的是 ()



- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaF}$ 溶液中: $c(\text{F}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$
B. “除镁”得到的上层清液中: $c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{c(\text{F}^-)}$
C. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 溶液中: $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{OH}^-)$
D. “沉锰”后的滤液中: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$

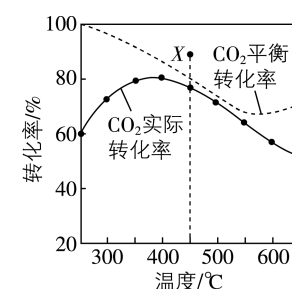
13. 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应为



在密闭容器中, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1:4$ 时, CO_2 平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测得的 CO_2 实际转化率随温度的变化如图所示。

CH_4 的选择性可表示为 $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列

说法正确的是 ()



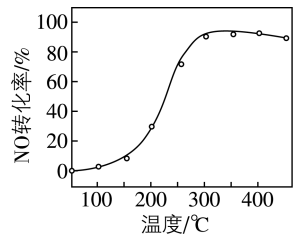
- A. 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H = -205.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
B. CH_4 的平衡选择性随着温度的升高而增加
C. 用该催化剂催化二氧化碳反应的最佳温度范围约为 $480 \sim 530^\circ\text{C}$
D. 450°C 时,提高 $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$ 的值或增大压强,均能使 CO_2 平衡转化率达到 X 点的值

二、非选择题:共4题,共61分。

14. (15分) $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 催化剂能催化 NH_3 脱除烟气中的 NO , 反应为 $4NH_3(g) + O_2(g) + 4NO(g) \rightleftharpoons 4N_2(g) + 6H_2O(g)$ $\Delta H = -1\ 632.4\ kJ \cdot mol^{-1}$ 。

(1) 催化剂的制备。将预先制备的一定量的 WO_3/TiO_2 粉末置于 $80\ ^\circ C$ 的水中, 在搅拌下加入一定量的 NH_4VO_3 溶液, 经蒸发、焙烧等工序得到颗粒状 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 催化剂。在水溶液中 VO_3^- 水解为 H_3VO_4 沉淀的离子方程式为_____ ; 反应选用 NH_4VO_3 溶液而不选用 $NaVO_3$ 溶液的原因是_____。

(2) 催化剂的应用。将一定物质的量浓度的 NO 、 O_2 、 NH_3 (其余为 N_2) 气体匀速通过装有 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 催化剂的反应器, 测得 NO 的转化率随温度的变化如图所示。反应温度在 $320 \sim 360\ ^\circ C$ 范围内, NO 转化率随温度变化不明显的原因是_____ ; 反应温度高于 $380\ ^\circ C$, NO 转化率下降, 除因为进入反应器的 NO 被还原的量减少外, 还有_____ (用化学方程式表示)。



(3) 废催化剂的回收。回收 $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 废催化剂并制备 NH_4VO_3 的过程可表示为

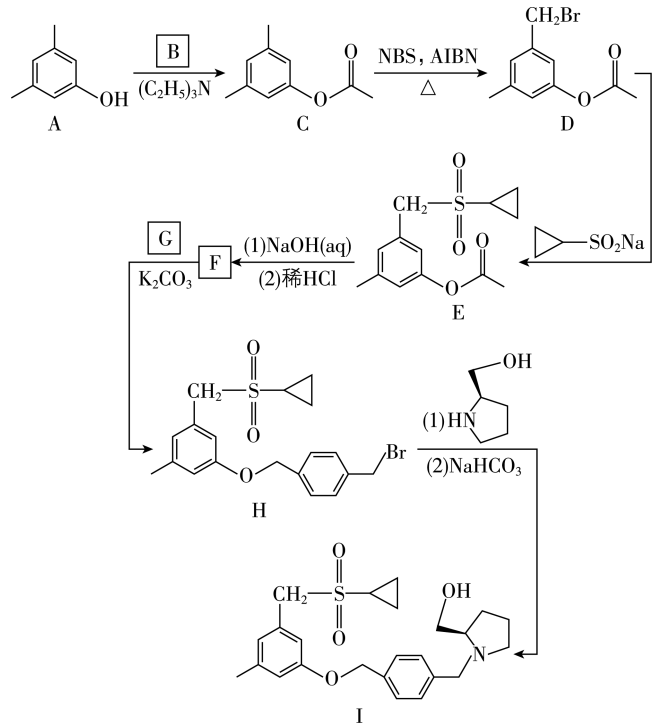


①酸浸时, 加料完成后, 以一定速率搅拌反应。提高钒元素浸出率的方法还有_____。

②通过萃取可分离钒和钨, 在得到的钒酸中含有 $H_4V_4O_{12}$ 。已知 $H_4V_4O_{12}$ 具有八元环结构, 其结构式可表示为_____。

③向 $pH=8$ 的 $NaVO_3$ 溶液中加入过量的 NH_4Cl 溶液, 生成 NH_4VO_3 沉淀。已知: $K_{sp}(NH_4VO_3) = 1.7 \times 10^{-3}$, 加过量 NH_4Cl 溶液的目的是_____。

15. (15分) 化合物 I 是鞘氨醇激酶抑制剂, 其合成路线如下:



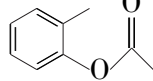

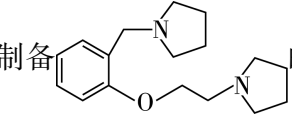
(1) 化合物 A 的酸性比环己醇的_____ (填“强”“弱”或“无差别”)。

(2) B 的分子式为 C_2H_3OCl , 可由乙酸与 $SOCl_2$ 反应合成, B 的结构简式为_____。

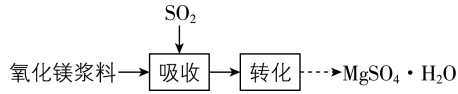
(3) $A \rightarrow C$ 中加入 $(C_2H_5)_3N$ 是为了结合反应中产生的_____ (填化学式)。

(4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式:_____。碱性条件水解后酸化生成两种产物, 产物之一的分子中碳原子轨道杂化类型相同且室温下不能使 2% 酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色; 加热条件下, 铜催化另一产物与氧气反应, 所得有机产物的核磁共振氢谱中只有 1 个峰。

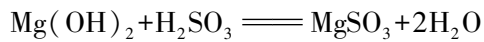
(5) G 的分子式为 $C_8H_8Br_2$, $F \rightarrow H$ 的反应类型为_____。

(6) 写出以 、 和 $CH_2=CH_2$ 为原料制备  的合成路线图 (须用 NBS 和 AIBN, 无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线图示例见本题题干)。

16. (15分) 实验室模拟“镁法工业烟气脱硫”并制备 $MgSO_4 \cdot H_2O$, 其实验过程可表示为



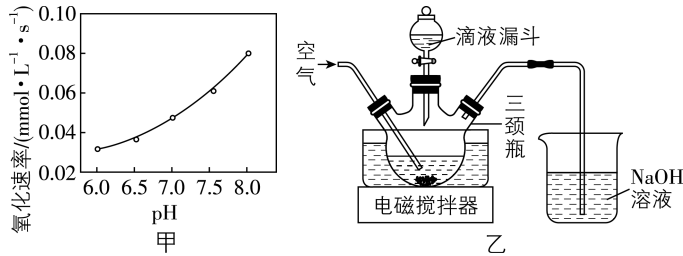
(1) 在搅拌下向氧化镁浆料中匀速缓慢通入 SO_2 气体, 生成 $MgSO_3$, 反应为



其平衡常数 K 与 $K_{sp}[Mg(OH)_2]$ 、 $K_{sp}(MgSO_3)$ 、 $K_{a1}(H_2SO_3)$ 、 $K_{a2}(H_2SO_3)$ 的代数关系式为 $K =$ _____ ; 下列实验操作一定能提高氧化镁浆料吸收 SO_2 效率的有_____ (填序号)。

A. 水浴加热氧化镁浆料
B. 加快搅拌速率
C. 降低通入 SO_2 气体的速率
D. 通过多孔球泡向氧化镁浆料中通 SO_2

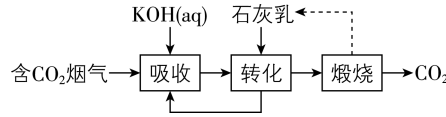
(2) 在催化剂作用下 $MgSO_3$ 被 O_2 氧化为 $MgSO_4$ 。已知 $MgSO_3$ 的溶解度为 $0.57\ g(20\ ^\circ C)$, O_2 氧化溶液中 SO_3^{2-} 的离子方程式为_____ ; 在其他条件相同时, 以负载钴的分子筛为催化剂, 浆料中 $MgSO_3$ 被 O_2 氧化的速率随 pH 的变化如图甲所示。在 $pH=6 \sim 8$ 范围内, pH 增大, 浆料中 $MgSO_3$ 的氧化速率增大, 其主要原因是_____。



(3) 制取 $MgSO_4 \cdot H_2O$ 晶体。在如图乙所示的实验装置中, 搅拌下, 使一定量的 $MgSO_3$ 浆料与 H_2SO_4 溶液充分反应。 $MgSO_3$ 浆料与 H_2SO_4 溶液的加料方式是_____ ; 补充完整制取 $MgSO_4 \cdot H_2O$ 晶体的实验方案: 向含有少量 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 的 $MgSO_4$ 溶液中, _____。 (已知: Fe^{3+} 、 Al^{3+} 在 $pH \geq 5$ 时完全转化为氢氧化物沉淀; 室温下从 $MgSO_4$ 饱和溶液中结晶出 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 在 $150 \sim 170\ ^\circ C$ 下干燥得到 $MgSO_4 \cdot H_2O$, 实验中需要使用 MgO 粉末)。

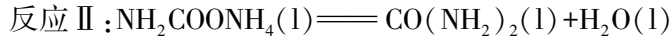
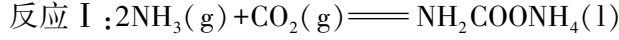
17. (16分) 空气中 CO_2 含量的控制和 CO_2 资源利用具有重要意义。

(1) 燃煤烟气中 CO_2 的捕集可通过如下所示的物质转化实现。

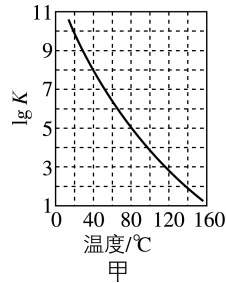


“吸收”后所得的 $KHCO_3$ 溶液与石灰乳反应的化学方程式为_____ ; 载人航天器内, 常用 $LiOH$ 固体而很少用 KOH 固体吸收空气中的 CO_2 , 其原因是_____。

(2) 合成尿素 $[CO(NH_2)_2]$ 是利用 CO_2 的途径之一。尿素合成主要通过下列反应实现

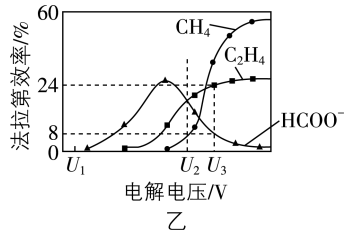


①密闭体系中反应 I 的平衡常数 (K) 与温度的关系如图甲所示, 反应 I 的 ΔH _____ (填“ $=0$ ”“ >0 ”或“ <0 ”)。



②反应体系中除发生反应 I、反应 II 外, 还发生尿素水解、尿素缩合生成缩二脲 $[(NH_2CO)_2NH]$ 和尿素转化为氰酸铵 (NH_4OCN) 等副反应。尿素生产中实际投入 NH_3 和 CO_2 的物质的量之比为 $n(NH_3) : n(CO_2) = 4 : 1$, 其实际投料比值远大于理论值的原因是_____。

(3) 催化电解吸收 CO_2 的 KOH 溶液可将 CO_2 转化为有机物。在相同条件下, 恒定通过电解池的电量, 电解得到的部分还原产物的法拉第效率 ($FE\%$) 随电解电压的变化如图乙所示。



$FE\% = \frac{Q_x(\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{\text{总}}(\text{电解过程中通过的总电量})} \times 100\%$

其中, $Q_x = nF$, n 表示电解生成还原产物 X 所转移电子的物质的量, F 表示法拉第常数。

①当电解电压为 $U_1\ V$ 时, 电解过程中含碳还原产物的 $FE\%$ 为 0, 阴极主要还原产物为_____ (填化学式)。

②当电解电压为 $U_2\ V$ 时, 阴极由 HCO_3^- 生成 CH_4 的电极反应式为_____。

③当电解电压为 $U_3\ V$ 时, 电解生成的 C_2H_4 和 $HCOO^-$ 的物质的量之比为_____ (写出计算过程)。