

2024 年高三年级 3 月模拟(二)

化学

(时间 75 分钟, 满分 100 分)

注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
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 C 12 N 14 O 16 Cl 35.5 Co 59

一、单项选择题: 本题包含 14 小题, 每小题 3 分, 共 42 分。每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求的。

1. 龙是中华民族精神的象征。下列与龙有关文物的叙述错误的是

- A. “龙首人身陶生肖俑”是以黏土为主要原料, 经高温烧结而成
- B. “战国青铜双翼神龙”的主要材质为铜合金
- C. “东汉玛瑙龙头雕刻品”的主要成分为二氧化硅
- D. “绘有龙纹的辛追墓帛画”所使用的帛的主要材质为纤维素

【答案】D

【解析】

【详解】A. 陶瓷是以黏土为主要原料, 经高温烧结而成, A 项正确;

B. 青铜是在纯铜中加入锡或铅的铜合金, B 项正确;

C. 玛瑙的主要成分是 SiO_2 , C 项正确;

D. 帛的主要材料为桑蚕丝, 桑蚕丝的主要成分为蛋白质, D 项错误;

答案选 D。

2. 下列工业制备过程中的物质转化错误的是

A. 工业制硝酸: $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电或高温}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

B. 工业制备高纯硅: 石英砂 $\xrightarrow[1800\sim 2000^\circ\text{C}]{\text{焦炭}} \text{粗硅} \xrightarrow[300^\circ\text{C}]{\text{HCl}} \text{SiHCl}_3 \xrightarrow[1100^\circ\text{C}]{\text{H}_2} \text{高纯硅}$

C. 工业冶炼镁: $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$

D. 氯碱工业: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 硝酸工业用氨气和氧气反应生成 NO, NO 和氧气反应生成 NO₂, NO₂ 和水反应生成硝酸, A 错误;

B. 二氧化硅和碳反应生成硅和 CO, Si 和 HCl 高温反应生成 SiHCl₃, SiHCl₃ 和 H₂ 高温反应生成 Si, B 正确;

C. 熔融氯化镁电解得到镁, C 正确;

D. 电解饱和食盐水得到氢氧化钠和氯气、氢气, D 正确;

故选 A。

3. 已知:

HClO	苯酚	H ₂ CO ₃
$K_a = 4.0 \times 10^{-8}$	$K_a = 1.0 \times 10^{-10}$	$K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$

下列实验中, 因通入 CO₂ 的量不同而产物不同的是

A. 向 Ba(OH)₂ 溶液中通入 CO₂

B. 向 Na₂CO₃ 溶液中通入 CO₂

C. 向 NaClO 溶液中通入 CO₂

D. 向苯酚钠溶液中通入 CO₂

【答案】A

【解析】

【分析】K_a 越大, 酸的酸性越强, 根据表格中数据, 酸性: H₂CO₃ > HClO > 苯酚 > HCO₃⁻。

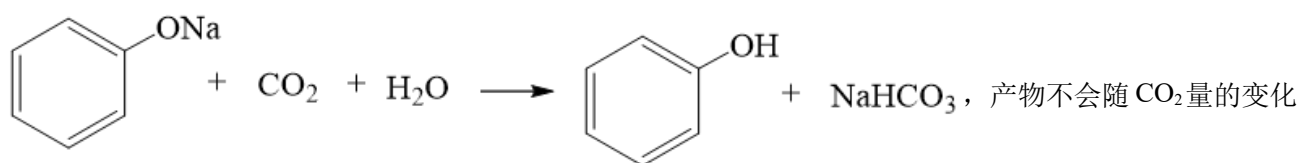
【详解】A. 向 Ba(OH)₂ 溶液中通入 CO₂, CO₂ 少量时的产物是 BaCO₃, CO₂ 过量时的产物是

Ba(HCO₃)₂, A 正确;

B. 向 Na_2CO_3 溶液中通入 CO_2 , 反应为: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$, 产物只有 NaHCO_3 , B 错误;

C. 向 NaClO 溶液中通入 CO_2 , 反应为: $\text{NaClO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 + \text{HClO}$, 产物不会随 CO_2 量的变化而变化, C 错误;

D. 向苯酚钠溶液中通入 CO_2 , 反应为



而变化, D 错误;

故选 A。

4. 利用下列实验装置能达到相应实验目的的是

选项	A	B	C	D
实验装置				
实验目的	除去乙酸乙酯中的乙酸	制备氨气	除去 NO_2 中的 NO	通过观察气泡验证 Fe^{2+} 能否催化 H_2O_2 分解

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. 除去乙酸乙酯中的乙酸, 应选择饱和碳酸钠溶液, 分层后再分液, A 项错误;

B. 浓氨水挥发到装有 CaO 的试管中, CaO 会迅速和水反应放出大量的热, 可以促进 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的分解,

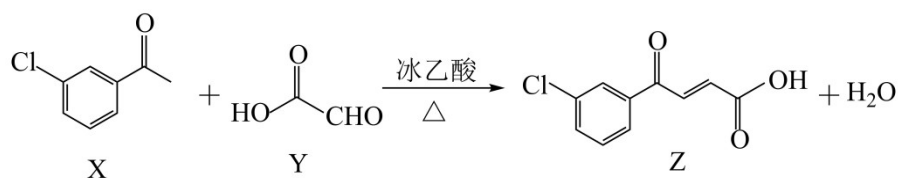
继而产生 NH_3 , B 项正确;

C. NO_2 和 NaOH 溶液反应, 不能除去 NO_2 中的 NO, C 项错误;

D. H_2O_2 中加入 FeSO_4 发生反应: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$, 产生 Fe^{3+} , 不能确定 Fe^{2+} 是否具有催化作用, D 项错误;

答案选 B。

5. 有机物 Z 是合成某药物的中间体, 其制备原理如下图所示。下列说法错误的是



A. Z 中所有原子可能共平面

B. Y 既能与银氨溶液反应, 又能与 NaHCO_3 反应

C. 1mol X 最多能与 4mol H_2 发生加成反应

D. X、Y、Z 中所有碳原子均采用 sp^2 杂化

【答案】D

【解析】

【详解】A. Z 中所有碳原子均为 sp^2 杂化, 与苯环直接相连的原子共面, 单键可以旋转, 则所有原子可能共平面, A 正确;

B. Y 含有醛基、羧基, 既能与银氨溶液反应, 又能与 NaHCO_3 反应, B 正确;

C. 苯环、羰基均可以和氢加成, 则 1mol X 最多能与 4mol H_2 发生加成反应, C 正确;

D. Y、Z 中所有碳原子除了苯环碳就是双键碳、羰基碳、羧基碳, 故碳原子均采用 sp^2 杂化, 但是 X 中含有甲基碳, 为 sp^3 杂化, D 错误;

故选 D。

6. 下列说法正确的是

A. 第一电离能和电负性的大小可分别作为判断元素金属性和非金属性强弱的依据

- B. 基态 O 原子核外电子的运动状态有 8 种
- C. 氢键 ($X-H\cdots Y$) 中的三原子均在一条直线上
- D. SO_3^{2-} 的空间结构与其 VSEPR 模型相同

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 电负性的大小可以作为判断元素金属性和非金属性强弱的依据, 第一电离能大小还与外围电子排布有关, A 错误;
- B. 基态 O 原子的电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 共有 8 个电子, 核外每个电子的运动状态均不同, 则基态 O 原子核外电子的运动状态有 8 种, B 正确;
- C. 形成氢键的 3 个原子有的在一条直线上, 有的不在一条直线上, 则氢键 ($X-H\cdots Y$) 中的三原子不一定在一条直线上, C 错误;
- D. SO_3^{2-} 的中心原子 S 的价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2} \times (6 + 2 - 3 \times 2) = 4$, 采取 sp^3 杂化, 则 SO_3^{2-} 的空间结构

为三角锥形, VSEPR 模型为四面体, D 错误;

故选 B。

7. 物质的结构决定其性质。下列事实与解释相符的是

选项	事实	解释
A	CF_4 是非极性分子	C 原子处在 4 个 F 原子所组成的正方形中心, 键的极性的向量和为零
B	Ge 原子间难以形成 π 键	Ge 的原子半径较大, 未杂化的 p 轨道很难重叠
C	干冰的熔点低于 SiO_2	2 个 $C=O$ 键的键能之和小于 4 个 $Si-O$ 键的键能之和
D	利用“杯酚”可分离 C_{60} 和 C_{70}	超分子具有自组装的特征

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. CF_4 为正四面体不是正方形, C、F 元素之间形成极性键, 结构对称, 正负电中心重合, 属于非极性分子, 解释错误, A 不符合题意;

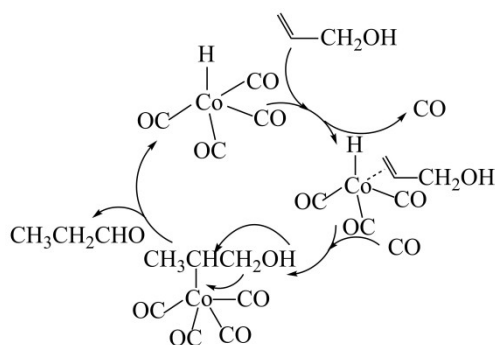
B. Ge 的原子半径较大, 未杂化的 p 轨道很难有效肩并肩重叠形成 π 键, 事实与解释相符, B 符合题意;

C. 干冰二氧化碳为分子晶体、二氧化硅为共价晶体, 共价晶体熔沸点高于分子晶体, 解释错误, C 不符合题意;

D. 杯酚与 C_{60} 形成超分子, 而杯酚与 C_{70} 不能形成超分子, 反映了超分子具有“分子识别”的特性, 解释错误, D 不符合题意;

故选 B。

8. 烯丙醇制备丙醛的反应机理如图所示, 此过程中 Co 的配位数不变。下列说法错误的是



A. 该反应的原子利用率为 100%

B. 反应过程中 Co 的化合价发生了变化

C. 反应过程中涉及 π 键的断裂与形成

D. $\text{Co}(\text{CO})_4\text{H}$ 作催化剂

【答案】B

【解析】

【详解】A. 每个副反应, 所有的原子都参加了利用, 原子利用率是 100%, A 项正确;

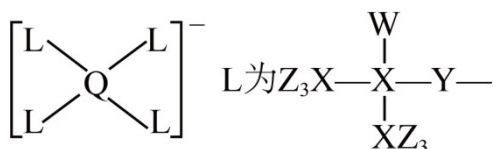
B. 根据配合物的结构式, 其中中心原子 Co 的化合价为 +1 价, 没有发生变化, B 项错误;

C. 根据反应机理图可以看出, 该过程涉及 π 键的断裂与形成, C 项正确;

D. 反应前后 $\text{Co}(\text{CO})_4\text{H}$ 没有发生改变, 作催化剂, D 项正确;

答案选 B。

9. 某种镁盐具有良好的电化学性能, 其阴离子结构如下图所示。W、X、Y、Z、Q 是核电荷数依次增大的短周期元素, W、Y 原子序数之和等于 Z, Y 原子价电子数是 Q 原子价电子数的 2 倍。下列说法错误的是



- A. Q 和 Z 的基态原子核外未成对电子数相同 B. 电负性大小: $W < X < Y < Z$
- C. Q 的氯化物为离子晶体 D. 沸点: $XW_4 < XZ_4$

【答案】C

【解析】

【分析】W、X、Y、Z、Q 是核电荷数依次增大的短周期元素, 根据 L 的结构, W 核电荷数最小且只形成 1 根单键, 则 W 为 H, X 形成 4 根单键, 核电荷数大于 H, 且小于其他三种元素, 则 X 为 C, Y 形成 2 根单键, 核电荷数大于 C, 则 Y 为 O, W、Y 原子序数之和等于 Z, 则 Z 为 F, Y 原子价电子数为 Q 原子价电子数的 2 倍, 则 Q 为 Al。

【详解】A. 基态 Al 原子核外电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$, 基态 F 原子核外电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^5$, Al 和 F 的基态原子核外未成对电子数相同, 均为 1, A 正确;

B. 同周期从左到右, 金属性减弱, 非金属性变强, 元素的电负性变强; 同主族由上而下, 金属性增强, 非金属性逐渐减弱, 元素电负性减弱; 电负性大小: $H < C < O < F$, B 正确;

C. Al 的氯化物氯化铝为共价晶体, C 错误;

D. 甲烷和四氯化硅均为分子晶体, 四氯化硅相对分子质量更大, 沸点更高, D 正确;

故选 C。

10. 下列实验操作及现象不能得出相应结论的是

选项	实验操作	现象	结论
A	向碘水中加入 CCl_4 溶液,	分层, 下层为紫红色; 加入 KI 溶液后, 下层变为浅粉红	碘在 KI 溶液中的溶解能力大于碘在水中的溶解能力

	观察现象, 然后加入 KI 溶液, 振荡	色, 上层呈棕黄色	
B	冷却装有 NO_2 的密闭烧瓶	烧瓶内气体颜色变浅	$2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \Delta H < 0$
C	分别用 pH 计测量 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HClO_4 溶液 和 HClO 溶液的 pH	HClO_4 溶液的 $\text{pH} = 1.0$ HClO 溶液的 $\text{pH} = 3.8$	HClO_4 为强酸, HClO 为弱酸
D	向某 Na_2SO_3 样品溶液中依次加入 BaCl_2 溶液、稀硝酸	先产生白色沉淀, 后沉淀不溶解	样品溶液中含有 SO_4^{2-}

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 向碘水中加入 CCl_4 溶液, 层, 下层为紫红色, 再加入碘化钾溶液, 振荡, 静置, 溶液分层, 下层由紫红色变为浅粉红色, 上层呈棕黄色说明碘的四氯化碳溶液中的碘与碘化钾溶液中碘离子反应生成碘三离子使上层溶液呈棕黄色, 证明碘在 KI 溶液中的溶解能力大于碘在水中的溶解能力, 能得出相应结论, 故 A 不符合题意;

B. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$, 烧瓶内气体颜色变浅, 说明降温平衡正向移动, 则反应为放热反应, 焓变小于 0, 能得出相应结论, 故 B 不符合题意;

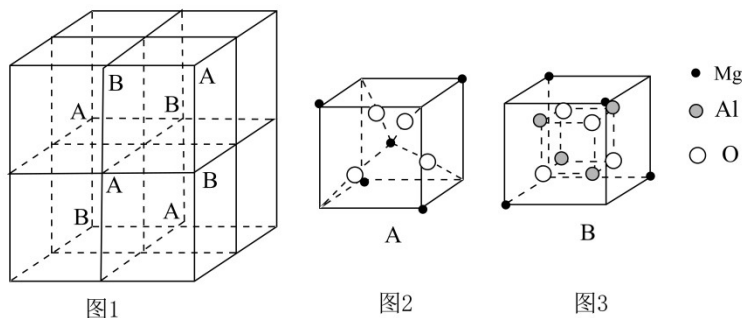
C. $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HClO_4 溶液的 $\text{pH} = 1.0$, $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HClO 溶液的 $\text{pH} = 3.8$, 说明高氯酸完全电离, 次氯酸部分电离, 则 HClO_4 为强酸、 HClO 为弱酸, 能得出相应结论, 故 C 不符合题意;

D. 硝酸会氧化亚硫酸根离子为硫酸根离子, 生成硫酸钡沉淀, 不能得出相应结论, 故 D 符合题意;

故选 D。

11. 某晶体由镁、铝、氧三种元素组成, 若将其晶胞按图 1 方式切成 8 个体积相同的小立方体,

Mg^{2+} 、 Al^{3+} 和 O^{2-} 在小立方体中的分布如图 2、图 3 所示。已知 Mg^{2+} 之间的最小间距为 $a\text{pm}$ 。下列说法错误的是



A. 晶体中 Mg^{2+} 的配位数为 4

B. 晶胞的体积为 $\frac{8\sqrt{3}a^3}{9} \times 10^{-30} \text{cm}^3$

C. 晶体中三种元素的第一电离能: $\text{O} > \text{Mg} > \text{Al}$

D. 晶体的化学式为 MgAl_2O_4

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由 A 型小晶格结构可知, 每个 Mg^{2+} 与 4 个 O^{2-} 紧邻, 则 Mg^{2+} 配位数为 4, A 项正确;

B. 设晶胞边长为 $2L$, $\frac{\sqrt{3}}{2}L = a$, $L = \frac{2a}{\sqrt{3}}$, 晶胞体积为

$$(2L)^3 = \left(\frac{4a}{\sqrt{3}}\right)^3 = \frac{64\sqrt{3}a^3}{9} \text{pm}^3 = \frac{64\sqrt{3}a^3}{9} \times 10^{-30} \text{cm}^3, \text{ B 项错误};$$

C. 主族元素第一电离能同周期自左向右逐渐增大, 但两处反常: 第 IIA 族大于第 IIIA 主族, 第 VA 主族大于第 VIA 主族, 而自上而下则逐渐减小, 则晶体中三种元素的第一电离能: $\text{O} > \text{Mg} > \text{Al}$, C 项正确;

D. A 块中, Mg^{2+} 个数 = $1 + 4/8 = 3/2$, Al^{3+} 个数 = 0, O^{2-} 个数 = 4, B 块中, Mg^{2+} 个数 = $4/8 = 1/2$, Al^{3+}

个数 = 4, O^{2-} 个数 = 4, 图 1 由 4 个 A, 4 个 B 构成。所以: Mg^{2+} 数 = $2 \times 4 = 8$, Al^{3+} 数 = $4 \times 4 = 16$,

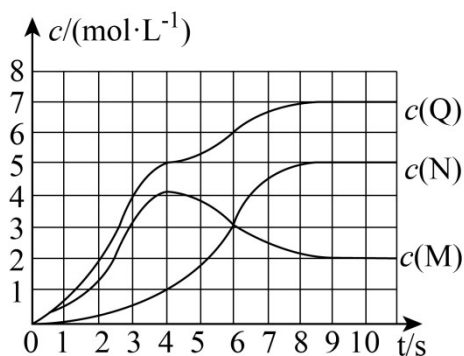
O^{2-} 数 $= 8 \times 4 = 32$, 所以 化学式 $MgAl_2O_4$, D 项正确;

答案选 B。

12. 某密闭容器中含有 X 和 Y, 同时发生以下两个反应: ① $X + Y \rightleftharpoons M + Q$; ② $X + Y \rightleftharpoons N + Q$ 。反应

①的正反应速率 $v_{1(正)} = k_1 c(X) \cdot c(Y)$, 反应②的正反应速率 $v_{2(正)} = k_2 c(X) \cdot c(Y)$, 其中 k_1 、 k_2 为速率

常数。某温度下, 体系中生成物浓度(c)随时间(t)变化的曲线如图所示。下列说法正确的是



A. 10s 时, 正反应速率 $v_{1(正)} > v_{2(正)}$

B. 0~6s 内, X 的平均反应速率 $v(X) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

C. 若升高温度, 4s 时容器中 $c(N):c(M)$ 的比值减小

D. 反应①的活化能大于反应②

【答案】A

【解析】

【详解】A. 由图可知, 初始生成 M 的速率大于 N, 则 $k_1 > k_2$, 10s 时两个反应均达到平衡状态, 由于

$v_{1(正)} = k_1 c(X) \cdot c(Y)$ 、 $v_{2(正)} = k_2 c(X) \cdot c(Y)$, 则正反应速率 $v_{1(正)} > v_{2(正)}$, A 正确;

B. ①②反应中 XQ 的系数均为 1, 则 0~6s 内, X 的平均反应速率

$v(X) = v(Q) = \frac{6}{6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, B 错误;

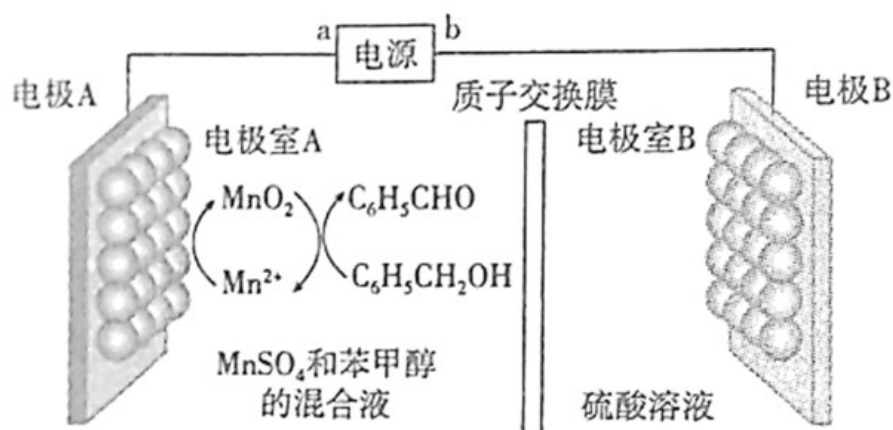
C. 4s后M浓度减小, 可能为Q浓度增大导致①逆向移动所致, 不确定2个反应的吸热放热情况, 不能确

定升高温度, 4s时容器中 $c(N):c(M)$ 的比值变化情况, C错误;

D. 由图可知, 初始生成M的速率大于N, 则反应①的活化能小于反应②, D错误;

故选A。

13. 苯甲醇电催化氧化制备苯甲醛的电解原理如下图所示。下列说法正确的是



A. 理论上, 1mol 苯甲醇被氧化成苯甲醛时, 电极B上有22.4L H_2 放出

B. 电解过程中, 电极室A和电极室B的pH均减小

C. 电极A的电极反应式: $Mn^{2+} + 2H_2O - 2e^- = MnO_2 + 4H^+$

D. b端电势高于a端电势

【答案】C

【解析】

【分析】根据电解原理示意图分析, A极锰离子失去电子发生氧化反应生成二氧化锰, A为阳极、B为阴极, 则a为正极、b为负极;

【详解】A. 没有标况, 不确定生成氢气的体积, A错误;

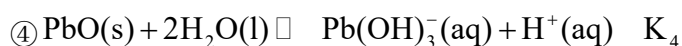
B. A极锰离子失去电子发生氧化反应生成二氧化锰, 二氧化锰氧化苯甲醇为苯甲醛同时生成锰离子, 总

反应为 $C_6H_5CH_2OH - 2e^- = C_6H_5CHO + 2H^+$; B极反应为氢离子放电生成氢气: $2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$, A室氢离子迁移到B室, 结合电子守恒可知, AB室pH值不变, B错误;

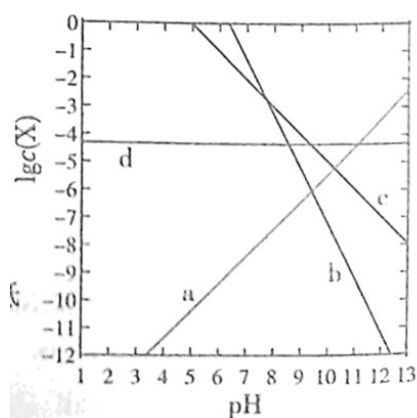
C. A极锰离子失去电子发生氧化反应生成二氧化锰, $Mn^{2+} + 2H_2O - 2e^- = MnO_2 + 4H^+$, C正确;

D. a 为正极、b 为负极, b 端电势低于 a 端电势, D 错误;
故选 C。

14. 氧化铅在不同 pH 的水体系中存在以下溶解平衡:



$\lg c(\text{X})$ [X 为 Pb^{2+} 、 Pb(OH)^+ 、 Pb(OH)_2 、 Pb(OH)_3^-] 随 pH 变化的关系如图所示。下列说法错误的是



明思 e 学网
—— 专注中小学教育 ——

A. 曲线 c 代表 Pb(OH)^+ 与 pH 的关系

B. K_3 的数量级为 10^{-5}

C. 随 pH 增大, 溶液中所有含铅微粒的总浓度 $c(\text{Pb}_{\text{总}})$ 逐渐降低

D. $2\text{Pb(OH)}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Pb(OH)}^+(\text{aq}) + \text{Pb(OH)}_3^-(\text{aq})$ 的 $K = \frac{K_2 K_4}{K_3^2}$

【答案】C

【解析】

【分析】由四个反应可知, ③的平衡常数与氢离子无关, 则 d 为 Pb(OH)_2 与 pH 的关系; ①中

$$K_1 = \frac{c(\text{Pb}^{2+})}{c^2(\text{H}^+)}, \text{ 则 } \lg K_1 = \lg c(\text{Pb}^{2+}) - 2 \lg c(\text{H}^+), \lg c(\text{Pb}^{2+}) = -2\text{pH} + \lg K_1, \text{ 同理:}$$

$$\lg c(\text{Pb}(\text{OH})^+) = -\text{pH} + \lg K_2, \lg c(\text{Pb}(\text{OH})_3^-) = \text{pH} + \lg K_4, \text{ 结合图中斜率可知, abcd 分别为 } \text{Pb}(\text{OH})_3^-,$$

Pb^{2+} 、 $\text{Pb}(\text{OH})^+$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 与 pH 的关系曲线:

【详解】A. 由分析可知, 曲线 c 代表 $\text{Pb}(\text{OH})^+$ 与 pH 的关系, A 正确;

B. $\text{PbO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})_2(\text{aq})$ $K_3 = c(\text{Pb}(\text{OH})_2) \approx 10^{-4.2}$, 数量级为 10^{-5} , B 正确;

C. 由图可知, 溶液中所有含铅微粒的总浓度 $c(\text{Pb}_{\text{总}})$ 先减小后增大, C 错误;

D. 由盖斯定律可知, ②+④-2×③ 得反应, 则 $2\text{Pb}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{OH})^+(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{OH})_3^-(\text{aq})$ 的

$$K = \frac{K_2 K_4}{K_3^2}, \text{ D 正确;}$$

故选 C.

二、非选题: 本题包含 4 小题, 共 58 分。

15. 钴配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶于热水, 在冷水中微溶。某学习小组在实验室中制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 并测定其组成。

I. 制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 晶体

实验步骤: 将 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 分批加入 NH_4Cl 溶液中; 控温至 10°C 以下, 加入活性炭、浓氨水后, 再逐滴加入 6% 的双氧水; 加热至 $55 \sim 60^\circ\text{C}$ 充分反应, 然后进行操作①; 将所得固体转入盛有少量盐酸的沸水中, 再进行操作 2; 向所得混合液中加入浓盐酸, 冷却, 过滤、用乙醇洗涤, 干燥, 得到

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 晶体。

(1) 温度保持 $55 \sim 60^\circ\text{C}$ 采用的合适加热方式为_____。

(2) 活性炭是反应的催化剂, 写出制备 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的化学方程式_____。

(3) 操作①和操作 2 分别为_____、_____ (填选项字母)。

A. 冷却、过滤 B. 趁热过滤 C. 蒸馏

(4) 与水洗相比, 用乙醇洗涤可减少晶体的溶解损耗, 分析其原因为_____。

II. 测定 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x]\text{Cl}_3$ 中 x 的值

该小组同学采用如下图所示装置进行测定(夹持装置省略)。



实验步骤如下:

步骤 i: 向 a 中加入过量的 $V_1 \text{ mL } c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液;

步骤 ii. 打开 K_1 , 关闭 K_2 、 K_3 , 将含 $\text{mg} [\text{Co}(\text{NH}_3)_x]\text{Cl}_3$ 晶体的溶液和足量 NaOH 溶液分别由 d 加入

e 中, 并用蒸馏水冲洗 d;

步骤 iii. 打开_____, 关闭_____, 并在 d 中保留少量水;

步骤 iv. 加热 e, 使水蒸气进入 e, 充分反应;

步骤 v. 对 a 中溶液进行滴定。

(5) f 的作用为_____。

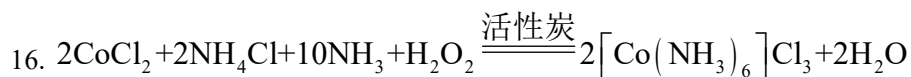
(6) 步骤 ii 中如果未用蒸馏水冲洗 d, 会导致所测 x 的值_____ (填“偏大”、“偏小”或“无影响”)。

(7) 将步骤 iii 补充完整: 打开_____, 关闭_____, 并在 d 中保留少量水。

(8) 步骤 v 中, 用 $c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 标准溶液滴定 a 中的溶液, 消耗 $V_2 \text{ mL NaOH}$ 标准溶液。滴定时选用

的指示剂为_____; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x]\text{Cl}_3$ 中 $x = \text{_____}$ (用代数式表示)。

【答案】15. 水浴加热



17. ①. A ②. B

18. 乙醇较水和 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 形成氢键数目少, 使得 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 在乙醇中溶解度小于在水中溶解度

19. 平衡装置中压强

20. 偏小 21. ①. K_2 ②. K_1

22. ①. 甲基橙 ②. $\frac{165.5(2V_1c_1 - V_2c_2)}{1000m - 34V_1c_1 + 17V_2c_2}$

【解析】

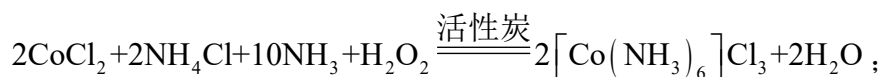
【分析】由氯化亚钴制备三氯化六氨合钴(III)的过程为先向氯化亚钴和氯化铵的混合溶液中加入氨水, 将溶液中的亚钴离子转化为易被氧化的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 离子, 向充分反应后的溶液中加入双氧水溶液, 在活性炭做催化剂的条件下, 过氧化氢溶液氧化 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 离子在水浴加热条件下生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 离子, 已知 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶于热水在冷水中微溶, 故冷却过滤, 分离出固体转入盛有少量盐酸的沸水中趁热过滤, 滤液加入浓盐酸, 冷却, 过滤、用乙醇洗涤, 干燥, 得到 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 晶体;

【小问 1 详解】

温度保持 $55-60^\circ\text{C}$, 温度低于水的沸点, 故采用的合适加热方式为水浴加热;

【小问 2 详解】

氯化亚钴、氨水将亚钴离子转化为易被氧化的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, 加入双氧水溶液在活性炭做催化剂的条件下, 过氧化氢溶液氧化 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, 反应为:



【小问 3 详解】

已知 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶于热水在冷水中微溶, 故操作①为冷却、过滤, 分离出 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 晶体、

活性炭固体; 操作 2 为分离 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 溶液和活性炭的操作, 为趁热过滤; 故选 A, B;

【小问 4 详解】

乙醇较水和 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 形成氢键数目少, 使得 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 在乙醇中溶解度小于在水中溶解度,

故用乙醇洗涤可减少晶体的溶解损耗;

【小问 5 详解】

f 与大气相通, 作用为平衡装置中压强, 防止装置中压强过大引起事故;

【小问 6 详解】

步骤 ii 中如果未用蒸馏水冲洗 d, 使得部分氮元素没有转入装置进行反应吸收, 使得对 a 中溶液进行滴定时, 标准液用量增大, 导致所测 x 的值变小;

【小问 7 详解】

步骤 iii 为: 打开 K_2 , 关闭 K_1 , 并在 d 中保留少量水, 然后加热 e 使用右侧产生的水蒸气将装置中生成的氨气完全排入左侧装置中被吸收。

【小问 8 详解】

用 $c_2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 标准溶液滴定 a 中的溶液, 滴定终点得到溶液为硫酸铵和硫酸钠溶液, 硫酸铵溶液水

解显酸性, 故滴定时选用的指示剂为甲基橙; $2\text{NaOH} \square \text{H}_2\text{SO}_4$, 与氢氧化钠标准液反应的硫酸为

$V_2 \times 10^{-3} \text{L} \times c_2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2}$, $2\text{NH}_3 \square \text{H}_2\text{SO}_4$ 则与氨气反应的硫酸为

$V_1 \times 10^{-3} \times c_1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - V_2 \times 10^{-3} \text{L} \times c_2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2}$, 则 NH_3 为

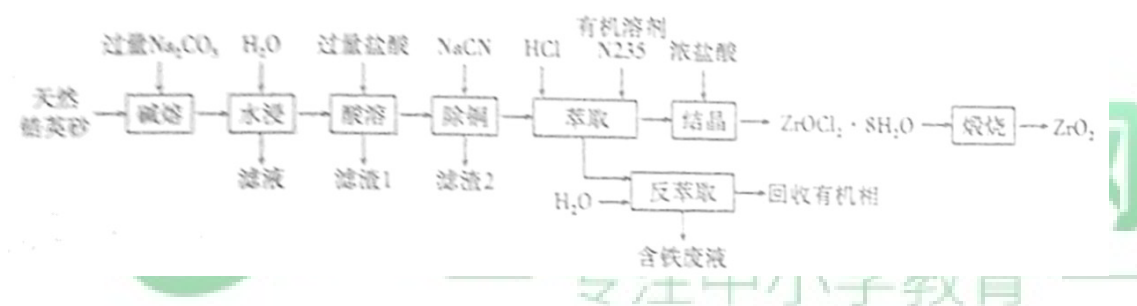
$$2 \times \left(V_1 \times 10^{-3} \times c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - V_2 \times 10^{-3} \text{ L} \times c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2} \right), \text{ 则}$$

$$\frac{\text{mg}}{(59+17x+35.5 \times 3) \text{ g/mol}} \times x = 2 \times \left(V_1 \times 10^{-3} \times c_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - V_2 \times 10^{-3} \text{ L} \times c_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times \frac{1}{2} \right),$$

$$x = \frac{165.5(2V_1c_1 - V_2c_2)}{1000m - 34V_1c_1 + 17V_2c_2}。$$

16. 天然锆英砂(主要成分为 ZrSiO_4) 常含有 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 等氧化物杂质。工业上以锆英砂为原料

制备 ZrO_2 的一种工艺流程如图所示。



已知: i. 有机溶剂 N235 (三辛胺与壬醇的混合溶液) 与水互不相溶;

ii. “萃取”过程中铁元素由 $[\text{FeCl}_4]^-$ 转化成有机配合物进入有机相。

(1) “碱熔”时, 锆英砂转化为 $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_5$, 该反应的化学方程式为_____。

(2) “水浸”时, 所得“滤液”中溶质的主要成分除 Na_2CO_3 外, 还有_____ (填化学式)。

(3) “酸浸”后, 锆元素以 ZrO^{2+} 的形式存在于溶液中, 此过程中 $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_5$ 发生反应的离子方程式为_____。

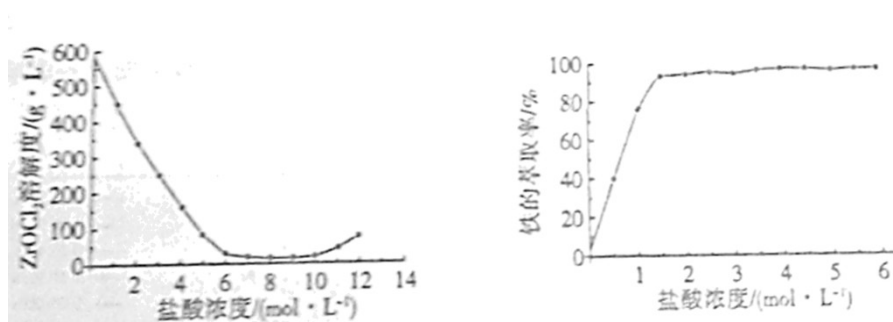
(4) “除铜”时, 若测得剩余滤液中 $c(\text{CN}^-) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 通过计算判断溶液中 Cu^{2+} 是否除尽_____。

已知: 常温下, $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{CN})_2] = 4 \times 10^{-10}$, 溶液中离子浓度低于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 即可认为该离子被除

尽)。

(5) “有机溶剂 N235”中的壬醇($C_9H_{19}OH$)几乎与水互不相溶, 解释其原因为_____。

(6) 已知氯化锆($ZrOCl_2$)的溶解度、铁的萃取率与盐酸浓度的关系如下图所示。



在“萃取”过程中, 应选用盐酸的最适宜浓度为_____ (填选项字母)。

- A. $2mol \cdot L^{-1}$ B. $6mol \cdot L^{-1}$ C. $8mol \cdot L^{-1}$ D. $10mol \cdot L^{-1}$

(7) “煅烧”时, 需要在 $350^{\circ}C$ 条件下发生反应, 所得两种气体的体积之比 $V(HCl):V(H_2O) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】(1) $ZrSiO_4 + Na_2CO_3 \xrightarrow{\text{高温}} Na_2ZrSiO_5 + CO_2 \uparrow$

(2) $Na[Al(OH)_4]$

(3) $Na_2ZrSiO_5 + 4H^+ = 2Na^+ + ZrO^{2+} + H_2SiO_3 + H_2O$

(4) 已除尽 (5) 羟基是疏水基团, 壬醇中羟基较大 (6) A

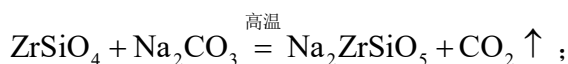
(7) 2:7

【解析】

【分析】锆英砂主要成分为 $ZrSiO_4$, 常含有 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 等氧化物杂质。加碳酸钠“碱熔”, 锆英砂转化为 Na_2ZrSiO_5 、 Al_2O_3 与转化为 $Na[Al(OH)_4]$, 水浸过滤, 滤渣中含有 Na_2ZrSiO_5 、 Fe_2O_3 、 CuO , 滤渣用盐酸“酸浸”, 得 $ZrOCl_2$ 、氯化铁、氯化铜溶液, 加 $NaCN$ 生成 $Cu(CN)_2$ 沉淀除铜, 滤液中加盐酸、萃取剂 N235 萃取, 水层加浓盐酸析出 $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ 沉淀, 煅烧 $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ 得 ZrO_2 。

【小问 1 详解】

“碱熔”时, ZrSiO_4 与碳酸钠反应生成 $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_5$ 、二氧化碳, 反应的化学方程式为



【小问 2 详解】

碱熔时, Al_2O_3 与碳酸钠反应生成可溶性四羟基合铝酸钠、二氧化碳, “水浸”时, 所得“滤液”中溶质的主要

成分除 Na_2CO_3 外, 还有 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$;

【小问 3 详解】

“酸浸”后, 锆元素以 ZrO^{2+} 的形式存在于溶液中, 此过程中 $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_5$ 与盐酸发生反应生成

ZrOCl_2 、 NaCl 、 H_2SiO_3 , 反应的离子方程式为 $\text{Na}_2\text{ZrSiO}_5 + 4\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{ZrO}^{2+} + \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。

【小问 4 详解】

“除铜”时, 若测得剩余滤液中 $c(\text{CN}^-) = 0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{CN})_2]}{c^2(\text{CN}^-)} = \frac{4 \times 10^{-10}}{0.01^2} = 4 \times 10^{-6}, \text{ 可知 } \text{Cu}^{2+} \text{ 已经除尽。}$$

【小问 5 详解】

烃基是疏水基团, 壬醇中烃基较大, 所以“有机溶剂 N235”中的壬醇 ($\text{C}_9\text{H}_{19}\text{OH}$) 几乎与水互不相溶。

【小问 6 详解】

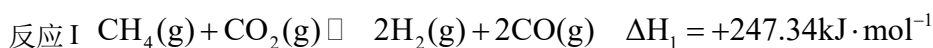
盐酸的浓度越小氯化锆的溶解度越大, 盐酸的浓度为 2mol/L 时铁的萃取率很高, 所以在“萃取”过程中, 应选用盐酸的最适宜浓度为 2mol/L , 选 A。

【小问 7 详解】

“煅烧”时, 需要在 350°C 条件下发生反应 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{350^\circ\text{C}} \text{ZrO}_2 + 2\text{HCl} + 7\text{H}_2\text{O}$, 所得两种气体的体

积之比 $V(\text{HCl}) : V(\text{H}_2\text{O}) = 2:7$ 。

17. CO_2 - CH_4 干气重整反应制合成气 (H_2 、 CO) 是 CO_2 资源化利用的重要研究方向。其反应主要包括:





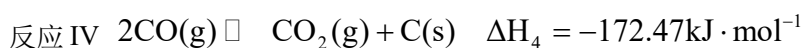
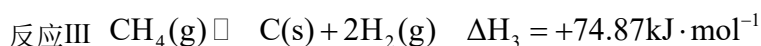
(1) 已知 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$ 的燃烧热分别为 $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 水的汽化热为 $44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\Delta H_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; 能同时提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 的平衡转化率和反应速率的措施为 (写一条即可)。

(2) 向 $T^\circ\text{C}$ 、 2.8 MPa 的恒压密闭容器中, 充入 $1 \text{ mol CH}_4(\text{g})$ 和 $1 \text{ mol CO}_2(\text{g})$ 发生反应 I 和 II。达到平衡时,

CO_2 的转化率为 80% , $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2)} = 3$, 则平衡时气体的总物质的量 $n_{\text{总}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol}$; 反应 I 的压强平衡常数

$K_p = \underline{\hspace{2cm}} (\text{MPa})^2$; 若反应在刚性容器中达到平衡, 则 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的转化率 (填“>”“=”或“<”) 80% 。

(3) 实验研究发现, 在(2)条件下, 催化剂表面产生积碳与下列 2 个反应有关:



① 已知 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, ΔG 的值只取决于反应体系的始态和终态, 忽略 ΔH 、 ΔS 随温度的变化, 反应 III 和反应 IV 的 ΔG 与 T 的关系如图 1 所示, 其中表示反应 III 的曲线为 (填“a”或“b”); 在 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 时, 催化剂表面产生的积碳主要来自于反应 (填“III”或“IV”)。

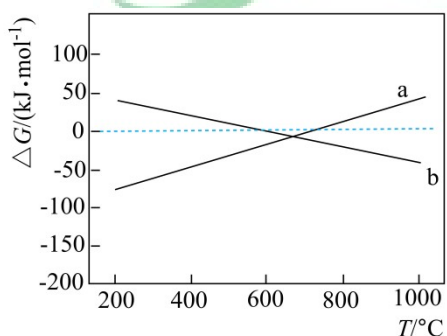


图1

② 实验表明, 反应温度、压强和进料比 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 对催化剂表面积碳生成量的影响如图 2、3 所示。

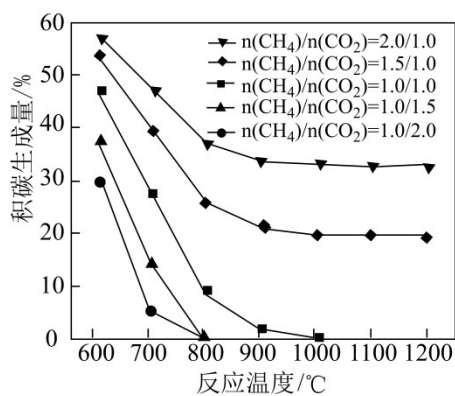


图2

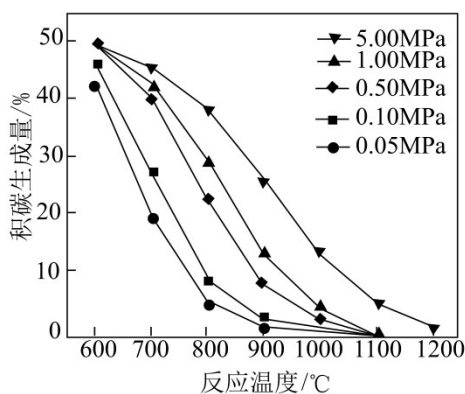


图3

据此判断, 有利于减少积碳量的措施为_____ (填选项字母)。

A. 压强一定时, 增大 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 且升高温度

B. $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 一定时, 升高温度且减小压强

C. 温度一定时, 增大 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 且增大压强

D. 温度一定时, 降低 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 且减小压强

【答案】 (1) ①. +41.2 ②. 增大 CO_2 的浓度(其他合理答案也正确)

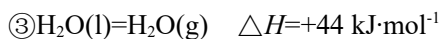
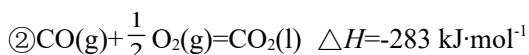
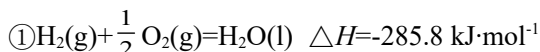
(2) ①. 2.8 ②. 1.92 ③. <

(3) ①. b ②. IV ③. BD

【解析】

【小问 1 详解】

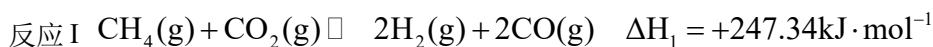
已知 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$ 的燃烧热分别为 $285.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 $283 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 水的汽化热为 $44 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则可得到下列热化学方程式:



利用盖斯定律, 反应①-②+③得: $\Delta H_2 = -285.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (-283 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) + 44 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} = +41.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$; 增大 CO_2

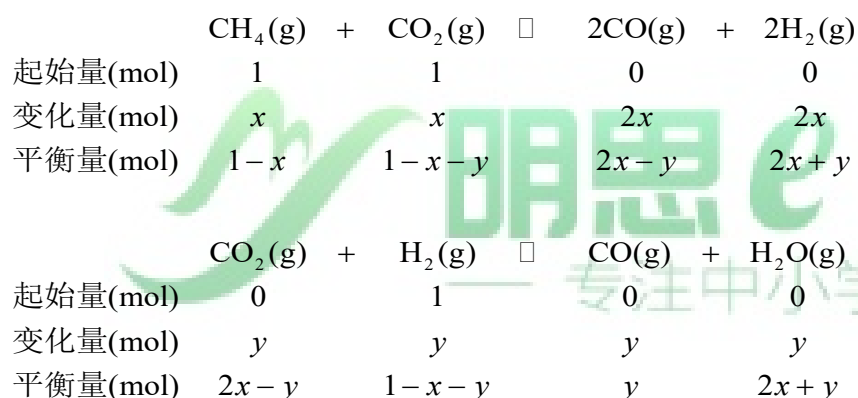
的浓度, 能使平衡正向移动, 能同时提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 的平衡转化率和反应速率, 则措施为: 增大 CO_2 的浓度(其他合理答案也正确)。

【小问 2 详解】



向 $T^\circ\text{C}$ 、2.8MPa 的恒压密闭容器中, 充入 1mol $\text{CH}_4(\text{g})$ 和 1mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 发生反应 I 和 II. 达到平衡时, CO_2 的

转化率为 80%, $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2)} = 3$, 设参加反应 CH_4 的物质的量为 x , 参加反应 H_2 的物质的量为 y , 则可建立如下三段式:



则 $x+y=0.8$ 、 $\frac{2x+y}{2x-y}=3$, 解方程组得: $x=y=0.4\text{mol}$ 。则平衡时 CH_4 、 CO_2 、 CO 、 H_2 、 H_2O 的物质的量分

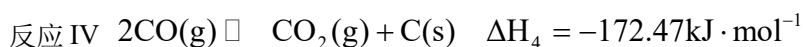
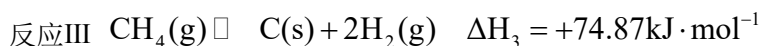
别为 0.6mol、0.2mol、1.2mol、0.4mol、0.4mol, 气体的总物质的量 $n_{\text{总}}$

$=0.6\text{mol}+0.2\text{mol}+1.2\text{mol}+0.4\text{mol}+0.4\text{mol}=2.8\text{mol}$; 反应 I 的压强平衡常数 $K_p=$

$$\frac{\left(\frac{0.4}{2.8} \times 2.8\text{MPa}\right)^2 \times \left(\frac{1.2}{2.8} \times 2.8\text{MPa}\right)^2}{\frac{0.6}{2.8} \times 2.8\text{MPa} \times \frac{0.2}{2.8} \times 2.8\text{MPa}} = 1.92 (\text{MPa})^2; \text{若反应在刚性容器达到平衡, 则相当于恒压容器达}$$

平衡后加压, 平衡逆向移动, $\text{CO}_2(\text{g})$ 的转化率减小, 即 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的转化率 $< 80\%$ 。

【小问 3 详解】



① 反应 III 中, $\Delta S > 0$, $\Delta H > 0$, 则升高温度, ΔG 减小, 曲线为 b; 在 200~400°C 时, 反应 III(b 曲线)的 $\Delta G > 0$, 反应未发生, 则催化剂表面产生的积碳主要来自于反应 IV。

② A. 从图 2 可看出, 压强一定时, 升高温度, 积碳量不断减少, 增大 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$, 积碳量不断增大, A 不符合题意;

B. 从图 2 可看出, $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$ 一定时, 升高温度, 积碳量不断减少, 从图 3 可看出, 减小压强, 积碳量不断减少, B 符合题意;

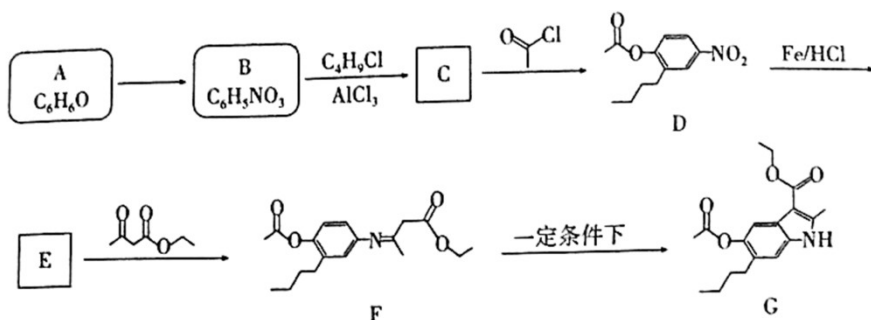
C. 从图 2 可看出, 温度一定时, 增大 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$, 积碳量不断增大, 从图 3 可看出, 增大压强, 积碳量不断增大, C 不符合题意;

D. 从图 2 可看出, 温度一定时, 降低 $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{CO}_2)}$, 积碳量不断减少, 从图 3 可看出, 降低压强, 积碳量不断减少, D 符合题意;

故选 BD。

【点睛】对于一个反应, 只有当 $\Delta G < 0$ 时, 反应才能自发进行。

18. G 可用于合成一种治疗肺炎的药物, 合成 G 的路线如下:



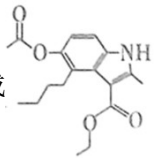
回答下列问题:

(1) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 需要加入的试剂和反应条件分别为_____; B 的化学名称为_____。

(2) $C \rightarrow D$ 反应类型为_____。

(3) $E \rightarrow F$ 的化学方程式为_____。

(4) F 与足量 H_2 加成后的产物中, 含有手性碳原子的数目为_____。

(5) 制备 G 的过程中还能生成 , 但其产率远低于 G, 分析其可能的原因为_____。

(6) X 为 D 的同分异构体, 写出一种能同时满足下列条件的 X 的结构简式_____。

(a) 苯环上有三个取代基;

(b) 1mol X 最多能消耗 4mol NaOH ;

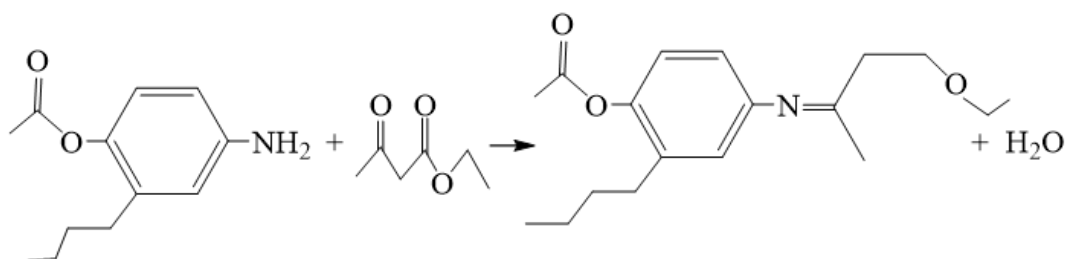
(c) 核磁共振氢谱有 4 组峰。

(7) 参照上述合成路线和信息, 以苯胺和丙酮为原料(无机试剂任选), 设计制备

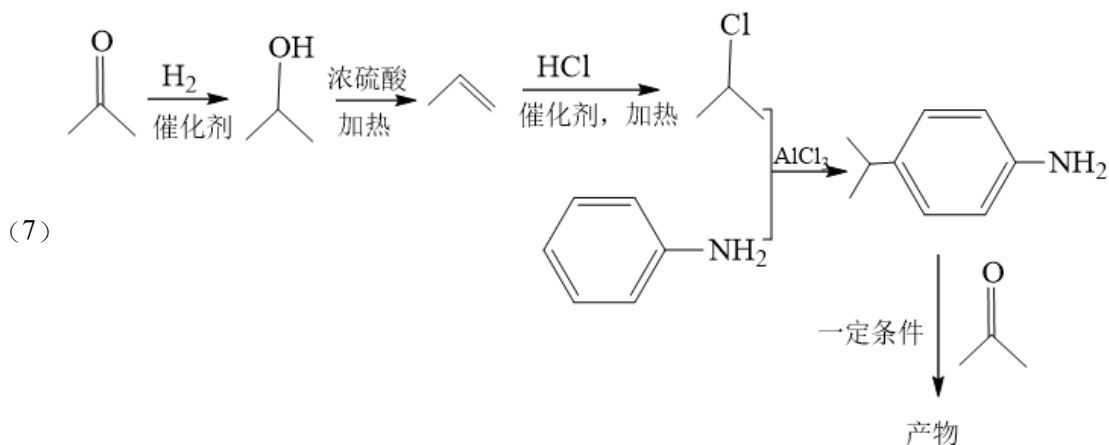
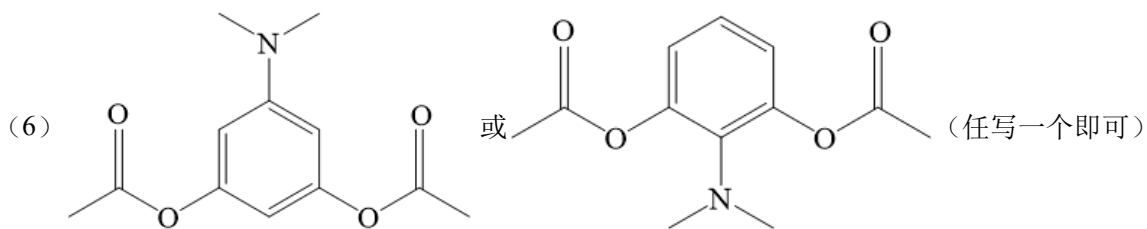


【答案】 (1) ①. 浓硫酸、浓硝酸、 $55-60^\circ\text{C}$ ②. 对硝基苯酚

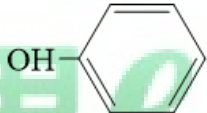
(2) 取 代 反 应 (3)

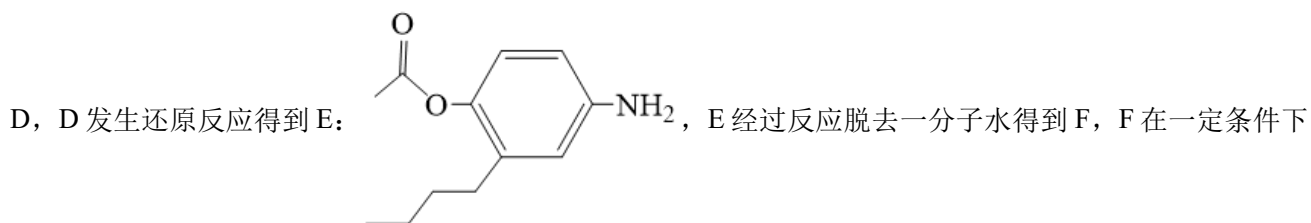
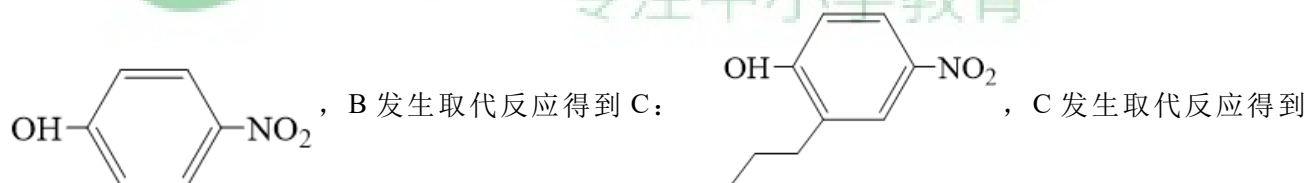


(4) 3 (5) 副产物的空间位阻较大, 不利于生成, 故产率远低于 G



【解析】

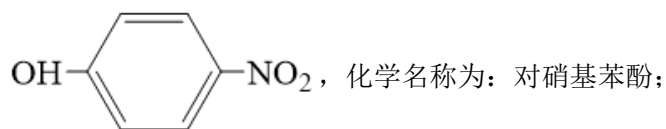
【分析】根据 D 的结构可推出 A 为：，A 发生硝化反应得到 B：



反应得到 G。

【小问 1 详解】

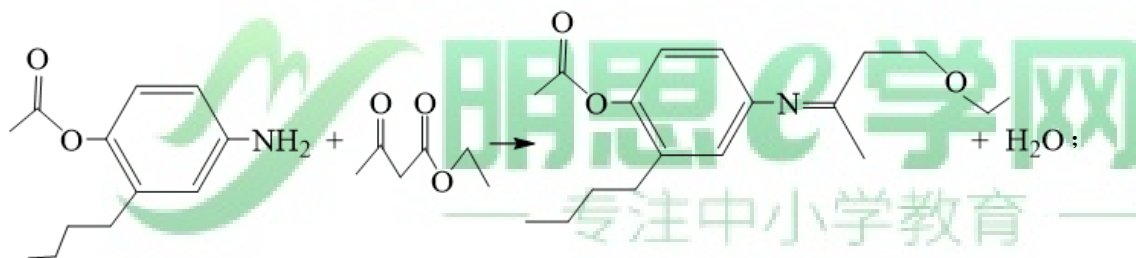
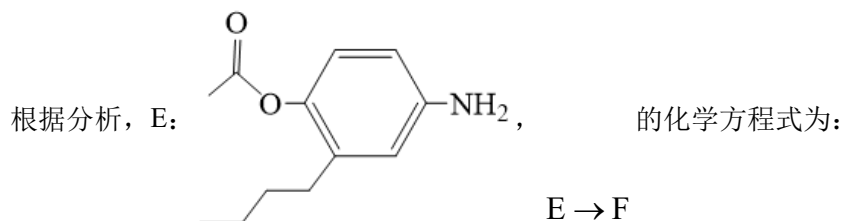
根据分析，A 发生硝化反应得到 B，反应试剂和条件为：浓硫酸、浓硝酸、55-60℃；B：



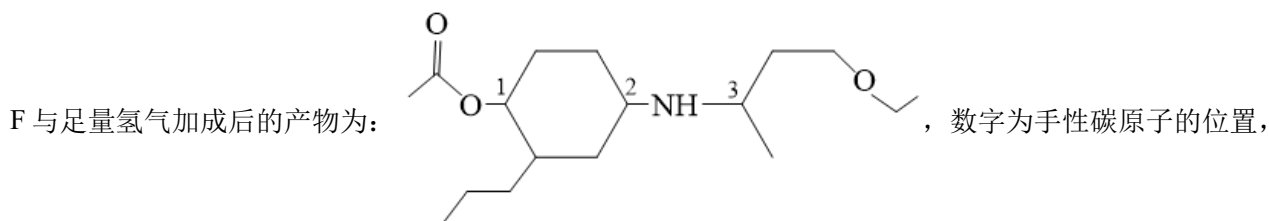
【小问 2 详解】

根据分析, $C \rightarrow D$ 的反应类型为: 取代反应;

【小问 3 详解】



【小问 4 详解】



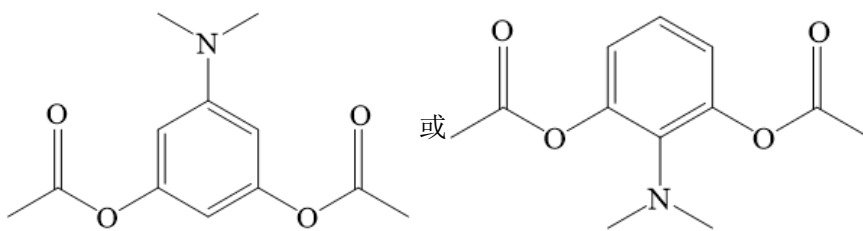
共 3 个手性碳原子;

【小问 5 详解】

制备 G 的过程中, 副产物的空间位阻较大, 不利于生成, 故产率远低于 G;

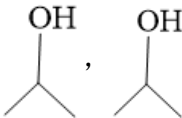
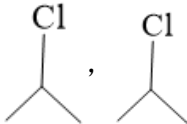
【小问 6 详解】

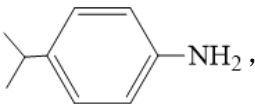
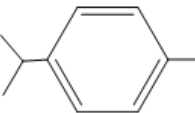
满足条件的 X 的结构简式可能为:



(任写一个即可);

【小问 7 详解】

丙酮与氢气发生加成反应得到: , 消去得到丙烯, 丙烯与 HCl 加成反应得到 ,

与苯胺发生取代反应得到, ,  与丙酮在一定条件下反应得到产物,

合成路线为:

