

## 化 学

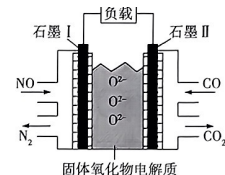
考生注意:

- 答题前,考生务必将自己的姓名、考生号填写在试卷和答题卡上,并将考生号条形码粘贴在答题卡上的指定位置。
- 回答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡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。
- 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 F 19 Al 27 Cl 35.5 Cr 52

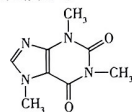
一、选择题:本题共 14 小题,每小题 3 分,共 42 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

- 化学技术可以改善环境、造福人类。下列说法正确的是
  - 生活垃圾焚烧尾气经脱硫脱硝后排放,能达到零污染
  - 在汽车尾气排放系统中安装催化转化器可减少污染
  - 大量使用一次性口罩、防护服等,体现绿色环保理念
  - 我国科学家成功实现二氧化碳人工合成淀粉,这降低了“光化学烟雾”的形成
- 下列化学用语表示正确的是
  - 基态氧原子的价电子轨道表示式:  $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline 2s & & 2p & \end{array}$
  - $\text{H}_2\text{O}$  分子的 VSEPR 模型:
  - $\text{HClO}$  的电子式:  $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:\ddot{\text{O}}:$
  - 中子数为 10 的氧原子:  $^{18}_8\text{O}$
- 柠檬酸铁铵  $[(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2]$  可用作铁质强化剂,以铁、硫酸、柠檬酸、过氧化氢、氨水等为原料可制备柠檬酸铁铵。下列说法中错误的是
  - 第一电离能:  $\text{N} > \text{O} > \text{C} > \text{Fe}$
  - 过氧化氢分子中只存在  $\sigma$  键
  - 基态  $\text{Fe}^{3+}$  的核外电子中,两种自旋状态的电子数之比为 9:14
  - $\text{NH}_3$  中氮原子的 2p 轨道与氢原子的 1s 轨道重叠形成 N—H 键
- 汽车已经成为人类不可缺少的交通工具,但汽车尾气是大气主要污染源。某科研机构将汽车尾气中的 NO 和 CO 设计成如图所示的燃料电池,实现了 NO 和 CO 的无害转化。



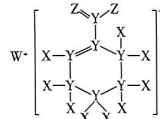
下列说法正确的是

- 石墨 I 为负极,发生还原反应
  - 电池工作时,  $\text{O}^{2-}$  向石墨 II 电极处移动
  - 石墨 II 电极反应式为  $\text{CO} + 2\text{e}^- + \text{O}^{2-} = \text{CO}_2$
  - 石墨 I 生成 28 g  $\text{N}_2$  时,外电路中通过 6 mol 电子
5. 咖啡的有效成分咖啡因的结构简式如图所示。

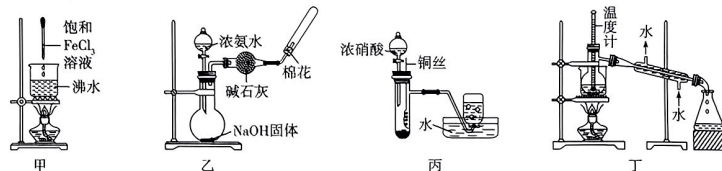


下列说法正确的是

- 咖啡因属于芳香烃
  - 咖啡因含酯基,能发生水解反应
  - 咖啡因分子中含 3 种不同环境的氢原子
  - 咖啡因的分子式为  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$
6. 某药物成分的结构如图所示,其中 X、Y、Z、W 为原子序数依次增大的短周期主族元素,且 Z 元素原子的最外层电子数等于 X、Y 和 W 元素原子的最外层电子数之和。下列说法正确的是

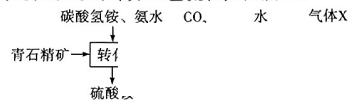


- 简单离子半径:  $\text{W} > \text{Z} > \text{X}$
  - X 与 Z 形成的化合物比 X 与 Y 形成的化合物稳定
  - Z 与另外三种元素均能组成原子个数比为 1:1 的化合物
  - Y 形成的单质一定属于共价晶体
7. 实验室中,用下图所示装置进行实验,实验装置合理且能达到相应实验目的的是



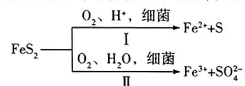
- 用装置甲制取  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体
- 用装置乙制取并收集干燥  $\text{NH}_3$
- 用装置丙制取并收集  $\text{NO}_2$
- 用装置丁从含碘的有机溶液中提取碘和回收有机溶剂

8. 锶与钙位于同一主族,其化合物应用广泛, $\text{SrSO}_4$  常用于陶瓷工业。以青石精矿(主要含  $\text{SrSO}_4$ ) 为原料制备高纯硫酸锶的部分工艺流程如图所示:



下列说法错误的是

- A. 气体 X 可以循环利用  
B. “转化”的总离子方程式为  $\text{SrSO}_4 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{SrCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$   
C. “转化”中反应温度不宜过高且控制氨水过量  
D. 流程中涉及分解反应和化合反应
9. 黄铁矿(主要成分是  $\text{FeS}_2$ ) 在细菌和空气的作用下风化,发生以下两个反应过程:



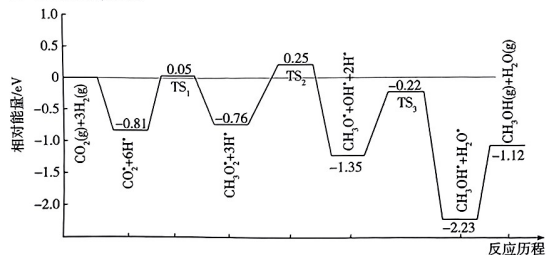
下列说法正确的是

- A.  $\text{SO}_4^{2-}$  的 VSEPR 模型与空间结构不一致  
B. 反应 I 和 II 中,元素 Fe 和 S 都被氧化  
C. 反应 II 中参加反应的  $n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 2 : 15$   
D. 反应 I 和 II 中,氧化 1 mol  $\text{FeS}_2$  转移的电子数之比为 2 : 15
10. 已知 25 °C 时,某些物质的燃烧热数据如表:

物质	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{C}(\text{石墨}, \text{s})$	$\text{C}(\text{金刚石}, \text{s})$	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$
燃烧热 $\Delta H / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-285.8	-393.5	-395.0	-3 267.5

下列热化学方程式书写正确的是

- A.  $6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) \quad \Delta H = +49.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
B.  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
C.  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
D.  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) + \frac{15}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -3 267.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
11.  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  在某催化剂表面合成甲醇的反应历程如图所示,其中“\*”表示吸附在催化剂表面的物质,“TS”表示过渡态。



设  $\eta$  为起始时的投料比,即  $\eta = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)}$ 。下列说法正确的是

- A. 若在同温同压下增大  $\eta$ ,则平衡体系中  $\text{CH}_3\text{OH}$  的体积分数一定增大  
B. 氯化铝的熔点为 178 °C、氟化铝的熔点为 1 040 °C,氯化铝二聚体的空间填充模型如图 1 所示,氟化铝的晶胞结构(晶体密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,阿伏加德罗常数为  $N_A$ )如图 2 所示。下列说法正确的是



图1

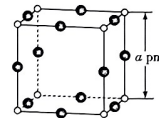


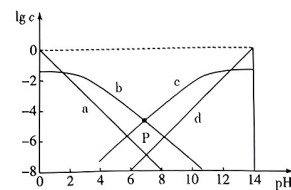
图2

- A. 图 1 中物质的分子式为  $\text{AlCl}_3$   
B. 氟化铝中  $\text{F}^-$  的配位数为 6  
C. 晶胞参数  $a = \sqrt{\frac{3 \cdot 8.4 \times 10^{31}}{\rho \cdot N_A}}$   
D. 氯化铝、氟化铝均为离子晶体
13. 工业上常用丙烷脱氢制备丙烯,反应为  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H$ 。在两个体积均为 2 L 的恒容密闭容器中分别充入 2 mol  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$ ,测得  $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$  的浓度 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 与温度、时间的关系如下表所示。

温度/K \ 时间/min	0	5	10	15	20	25
$T_1$	0.00	0.25	0.40	0.48	0.50	0.50
$T_2 = T_1 + 100$	0.00	0.35	0.65	0.80	0.80	0.80

下列叙述正确的是

- A. 上述丙烷脱氢反应的  $\Delta H < 0$   
B. 升高温度,上述反应的平衡常数减小  
C.  $T_1 \text{ K}$  时,丙烷的平衡转化率为 50%  
D.  $T_2 \text{ K}$  时,平衡常数  $K$  为 4.0
14. 25 °C 时,一水合二甲胺  $[(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}]$  的  $\text{p}K_b = 3.7$ ,叠氮酸 ( $\text{HN}_3$ ) 的  $\text{p}K_a = 4.7$  ( $K$  为电离常数)。0.10  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2\text{N}_3$  溶液中,  $\lg c(\text{HN}_3)$ 、 $\lg c[(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 、 $\lg c(\text{H}^+)$ 、 $\lg c(\text{OH}^-)$  随 pH 变化(加入盐酸或 NaOH 溶液)的关系如图所示。下列说法正确的是



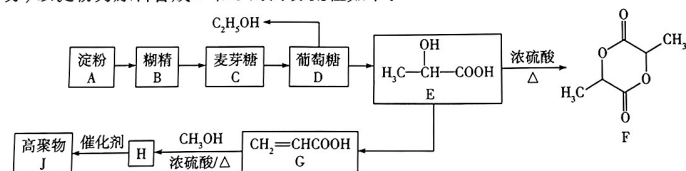
- A. 曲线 c 代表  $\lg c(\text{HN}_3)$  随 pH 的变化  
 B. 原溶液中  $c(\text{H}^+) - c(\text{HN}_3) = c(\text{OH}^-) - c[(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}]$   
 C. 原溶液中  $\frac{0.1K_b}{K_b + c(\text{H}^+)}$  ;  $\frac{0.1K_b}{K_b + c(\text{H}^+)}$  ;  $\frac{0.1K_b}{K_b + c(\text{H}^+)}$   
 D. 图中 P 点对应的溶

## 二、非选择题: 本题共 5 小题, 共 30 分。

15. (12 分) 某兴趣小组利用铁在氧气中燃烧的产物磁性氧化铁做如下实验:

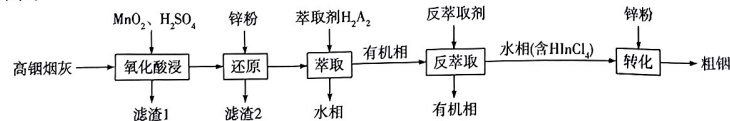
- (1) 磁性氧化铁与铝在一定条件下发生反应时, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为\_\_\_\_\_。将磁性氧化铁完全溶于较浓的盐酸中, 得到棕黄色的浓溶液, 其反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。取少量所得溶液加入双氧水, 其反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。
- (2) 取适量(1)中所得的棕黄色溶液于试管中, 向其中加入稍过量的铁粉, 发生主要反应的离子方程式为\_\_\_\_\_; 静置后向上层清液中加入 NaOH 溶液, 并放置一段时间, 观察到的实验现象为\_\_\_\_\_。
- (3) 另取(1)中所得的棕黄色溶液于试管中, 向其中通入足量的氯气, 所发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。若取少量所得溶液加入氢氧化钠溶液中则得到氢氧化铁沉淀, 再进行下列反应制得绿色消毒剂高铁酸盐:  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{ClO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{FeO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$  (未配平), 配平该方程式并用单线桥法标出其中电子转移的方向和数目:\_\_\_\_\_。

16. (9 分) 以淀粉为原料合成 F 和 J 的简易流程如下:



回答下列问题:

- (1) 淀粉的分子式为\_\_\_\_\_。
  - (2) 检验麦芽糖中含有醛基的常用试剂是\_\_\_\_\_ (填名称)。
  - (3) 葡萄糖在酶的催化下转变为乙醇的化学方程式为\_\_\_\_\_。
  - (4) E→F 的反应类型是\_\_\_\_\_。G 中含有的官能团名称是\_\_\_\_\_。
  - (5) H→J 的化学方程式为\_\_\_\_\_。
17. (12 分) 铟(In)是一种主要用于生产低共熔合金、半导体和电光源等的原料。从铅、锌的冶炼过程中产生的高铟烟灰(主要含  $\text{ZnO}$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{In}_2\text{S}_3$ )中提取铟的流程如图所示:



已知:“氧化酸浸”后滤液中铟以  $\text{In}^{3+}$  的形式存在,  $\text{In}^{3+}$  与  $\text{Al}^{3+}$  相似, 易水解; 二价金属离子不容易被萃取剂  $\text{H}_2\text{A}_2$  捕获。

回答下列问题:

基态 In 原子核外的价电子排布式为\_\_\_\_\_。  
 \_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”) Fe 的第三电离能, Zn

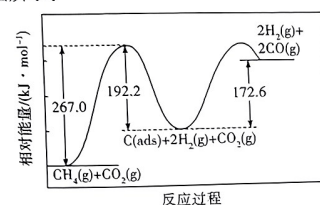
元素位于元素周期表的\_\_\_\_\_区。

- (2) “氧化酸浸”时加热的目的是\_\_\_\_\_。  
 “氧化酸浸”过程中  $\text{In}_2\text{S}_3$  的硫元素被氧化为  $\text{SO}_4^{2-}$ , 该过程中  $\text{In}_2\text{S}_3$  参与反应的离子方程式为\_\_\_\_\_, 滤渣 1 中除含过量的  $\text{MnO}_2$  外, 还有\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (3) “还原”过程中加入锌粉的目的是\_\_\_\_\_, 上述流程中可以循环利用的物质是\_\_\_\_\_。
- (4) “萃取”过程中的有机萃取剂可用  $\text{H}_2\text{A}_2$  表示, 使  $\text{In}^{3+}$  进入有机相, 萃取过程  $\text{In}^{3+}$  发生的反应为  $\text{In}^{3+} + 3\text{H}_2\text{A}_2 \rightleftharpoons \text{In}(\text{HA}_2)_3 + 3\text{H}^+$ , 平衡常数为 K。“萃取”时萃取率的高低受溶液的 pH 影响很大, 已知 K 与萃取率 (E%) 的关系符合公式:  $\lg \frac{E\%}{1-E\%} = \lg K - \lg \frac{c^3(\text{H}^+)}{c^3(\text{H}_2\text{A}_2)}$ 。当 pH=2.35 时, 萃取率为 50%, 若将萃取率提升到 90%, 应调节溶液的 pH=\_\_\_\_\_ (已知  $\lg 3=0.48$ , 忽略萃取剂浓度的变化, 结果保留三位有效数字)。

18. (14 分) 减少  $\text{CO}_2$  排放并实现  $\text{CO}_2$  的有效转化是科研的热点。以下几种为常见的  $\text{CO}_2$  利用方法, 回答下列问题:

I. 利用  $\text{CH}_4 - \text{CO}_2$  干重整反应不仅可以对天然气资源综合利用, 还可以缓解温室效应对环境的影响。该反应一般认为通过如下步骤来实现:

i.  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{ads}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 、ii.  $\text{C}(\text{ads}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$  [ $\text{C}(\text{ads})$  为吸附活性炭] 反应过程的能量变化如图所示:



(1)  $\text{CH}_4 - \text{CO}_2$  干重整反应的总热化学方程式为\_\_\_\_\_。

其反应速率由反应 i 决定, 则反应 ii 的逆反应活化能应小于\_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

II. 以氧化铟 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) 作催化剂, 可实现  $\text{CO}_2$  催化加氢制甲醇。

已知: ① 催化剂  $\text{In}_2\text{O}_x$  中  $0 < x < 3$  时具有活性, 而  $x=3$  时无活性。

②  $\text{CO}_2$  与  $\text{H}_2$  在活化的催化剂表面同时发生如下反应:

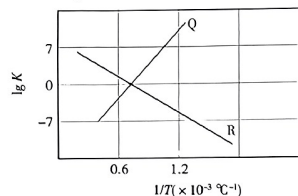


反应 iii: 主反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H_3 = -49.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应 iv: 副反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H_4$

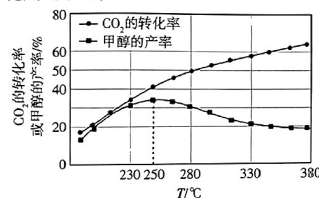
(2) 工业上以原料气通过催化剂表面的方法生产甲醇,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  是造成催化剂失活的重要原因, 为了减少催化剂的失活, 可以采用的方法是\_\_\_\_\_。

(3) 反应 iii、iv 的平衡常数的  $\lg K$  随  $\frac{1}{T}$  的变化曲线如图所示:



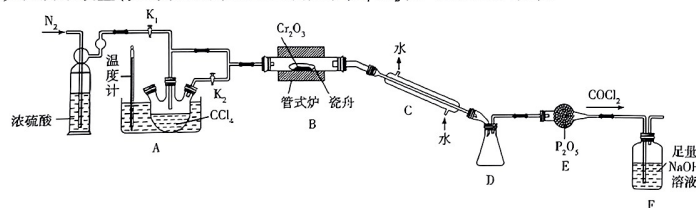
由图可知, 代表反应 iii 的曲线是\_\_\_\_\_ (填“Q”或“R”), 原因是\_\_\_\_\_。  
升高温度, 反应 iv 的平衡常数  $K$  \_\_\_\_\_ (填“增大”  
“减小”或“不变”)。

(4) 在恒温恒容密闭容器中, 按物质的量比 1:2 加入  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$ , 发生反应 iii 和反应 iv, 初始压强为 120 MPa。相同时间内  $\text{CO}_2$  的转化率、甲醇的产率在不同温度下的变化如图所示 (不考虑温度对催化剂的影响):



①在 250 °C 以上, 升高温度, 甲醇的产率降低的原因是\_\_\_\_\_。  
②280 °C 时, 反应 iv 已于平衡状态, 此时容器内压强为 96 MPa, 则反应 iv 的平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_ (结果用分数表示)。

19. (11 分) 三氯化铬是常用的媒染剂和催化剂, 易潮解, 高温下易被氧气氧化。实验室中用如图所示装置 (夹持装置略) 制取三氯化铬 ( $K_1$ 、 $K_2$  为气流控制开关)。



已知: ①  $\text{COCl}_2$  气体有毒, 能被  $\text{NaOH}$  溶液吸收,  $\text{COCl}_2 + 4\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

②  $\text{Cr}^{3+}$  在碱性条件下具有较强还原性, 能被  $\text{Na}_2\text{O}_2$  等氧化剂氧化为  $\text{CrO}_4^{2-}$ 。

③ 某些物质的颜色、状态、熔点、沸点如下表:

物质	颜色、状态	熔点/°C	沸点/°C
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	绿色晶体	—	—
$\text{CrCl}_3$	紫色晶体	—	—
$\text{CCl}_4$	无色液体	-23	76.8

回答下列问题:

(1) 制备  $\text{CrCl}_3$  的实验步骤如下:

i. 连接装置, 检查装置气密性, 装入药品, 打开  $K_1$ 、 $K_2$ , 通入  $\text{N}_2$  并通入冷凝水。

ii. 加热管式炉的反应管至 400 °C。

iii. 关闭  $K_1$  ( $K_2$  为打开状态), 加热  $\text{CCl}_4$ , 温度保持在 50 ~ 60 °C 之间。

iv. 加热反应管继续升温至 650 °C, 反应所生成的  $\text{CrCl}_3$  将升华并凝聚在反应管的右端, 直到装置 B 中反应完全, 切断管式炉的电源。

v. 停止加热装置 A, 打开  $K_1$ , 关闭  $K_2$ , 继续通入  $\text{N}_2$  直至装置 D 中无液滴滴下, 停止通入冷凝水。

vi. 装置冷却后, 结束制备实验。

①步骤 i 中, 通  $\text{N}_2$  的作用为\_\_\_\_\_。步骤 iii 中加热  $\text{CCl}_4$  通常采用的加热方式是\_\_\_\_\_。

②步骤 iv 中装置 B 中反应完全的标志是\_\_\_\_\_。

(2) 装置 B 中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3) 装置 C、D 的作用是\_\_\_\_\_。

(4) 准确称取  $m \text{ g}$  无水三氯化铬样品置于 100 mL 烧杯中, 加水定容于 250 mL 容量瓶中。移取 25.00 mL 于 250 mL 碘量瓶中, 加热至沸, 慢慢加入 1 g  $\text{Na}_2\text{O}_2$  (足量), 待溶液变成黄色后, 再加水至 100 mL, 充分加热煮沸, 冷却后用  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中和至呈橙红色, 再加入足量  $\text{KI}$  溶液, 加塞摇匀充分反应后, 铬元素只以  $\text{Cr}^{3+}$  存在, 暗处静置 5 min 后, 加入指示剂, 用  $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至终点, 消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液  $V \text{ mL}$  (已知杂质不参加反应, 且  $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$ )。

①向碘量瓶中加入  $\text{Na}_2\text{O}_2$  后, 发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②该样品中无水三氯化铬的质量分数为\_\_\_\_\_ (用含  $c$ 、 $m$ 、 $V$  的代数式表示)。