

# 石景山区2023年高三统一练习

## 化 学

本试卷共 9 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将答题卡交回。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 O 16 Cl 35.45 K 39 Cu 63.55 I 127

### 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 为探测暗物质，我国科学家在 2400 米的山体深处搭建了墙体厚度达 1 米的聚乙烯隔离检测室，里面用铅和铜等材料层层包裹，在零下 200℃ 左右的环境，用超纯锗进行探测。所用材料

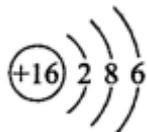
不属于金属材料的是 ( )

A. 聚乙烯 B. 铅 C. 铜 D. 锗

2. 下列化学用语或图示表达正确的是 ( )

A. 基态 N 原子的价层电子排布式： $2s^3 2p^2$

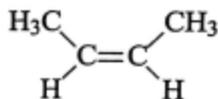
B.  $S^{2-}$  的结构示意图：



C. HClO 的电子式：H:Cl:O:



D. 顺-2-丁烯的结构简式：



3. 能实现下列物质间直接转化的元素是 ( )

单质  $\xrightarrow{+O_2}$  氧化物  $\xrightarrow{+H_2O}$  酸 (或碱)  $\xrightarrow{+NaOH (或HCl)}$  盐

A. Si B. S C. Cu D. Fe

4. 下列性质的比较中，不正确的是 ( )

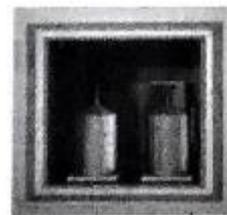
A. 非金属性：N < O B. 沸点：NH<sub>3</sub> > PH<sub>3</sub>

C. 原子半径：N < O D. 酸性：HNO<sub>3</sub> > H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

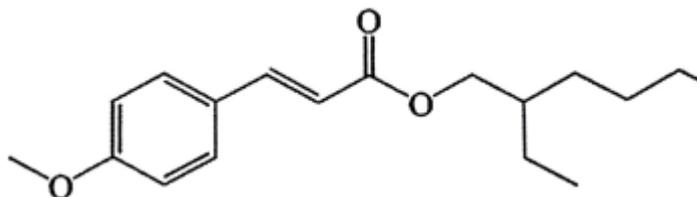
5. 实验室制备下列气体的方法可行的是 ( )

A. 加热氯化铵制 NH<sub>3</sub> B. 硫化钠和浓硫酸混合制 H<sub>2</sub>S

C. 二氧化锰和稀盐酸制 Cl<sub>2</sub> D. 铜和浓硝酸制 NO<sub>2</sub>

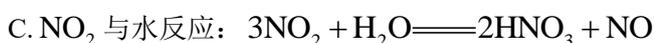
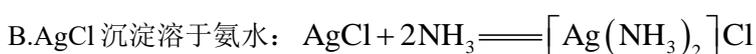
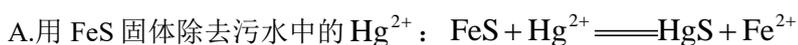


6. 甲氧基肉桂酸辛酯是一种化学防晒剂，其分子结构如下图。下列说法不正确的是（ ）



- A. 能与 NaOH 溶液反应      B. 分子中有 2 种官能团  
C. 分子中存在大  $\pi$  键      D. 能发生取代反应和加成反应

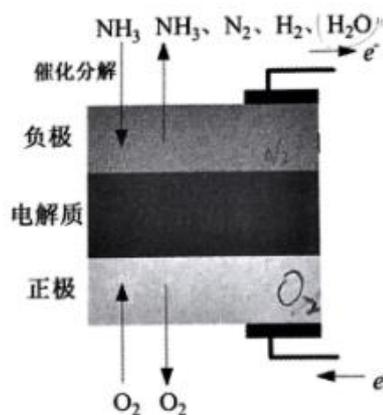
7. 下列方程式与所给事实不相符的是（ ）



D. 乙醛和新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  共热出现砖红色浑浊：



8. 以氨为燃料的固体氧化物燃料电池（SOFC）具有广阔的应用前景，一种氧离子导电 SOFC 的工作原理如右图所示（ $\text{NH}_3$  在催化剂作用下先分解为  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$ ）。下列说法不正确的是（ ）



- A.  $\text{H}_2$  在负极放电  
B. 正极的电极反应： $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{O}^{2-}$   
C. 外电路转移  $6\text{mole}^-$ ，理论上生成  $4\text{mol H}_2\text{O}$   
D.  $\text{O}^{2-}$  向负极移动

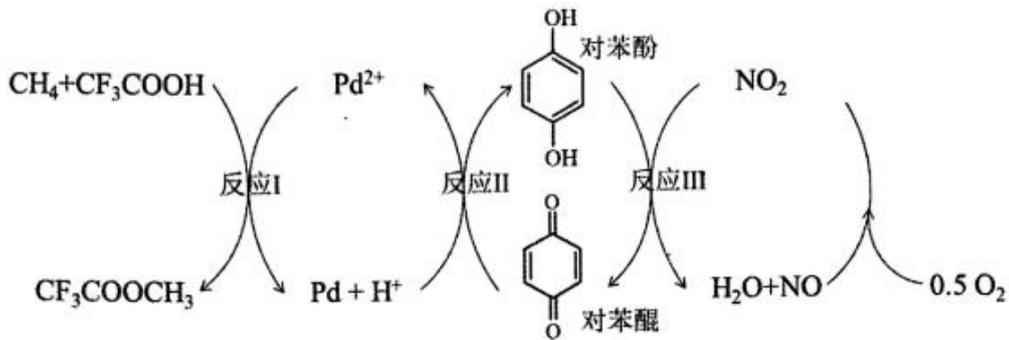
9. 下列事实的解释不正确的是（ ）

	事实	解释
A	第一电离能： $I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Al})$	Mg 为 3p 轨道全空的稳定电子构型，而 Al 失去一个电子变为 3p 轨道全空的稳定电子构型
B	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液显酸性	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 电离产生的 $\text{NH}_4^+$ 可以与水中的 $\text{OH}^-$ 结合成弱电解质 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，使水的电离平衡向电离的方向移动，最终导致溶液中 $c_{\text{平}}(\text{H}^+) > c_{\text{平}}(\text{OH}^-)$
C	$\text{Cl}_2$ 分子中的共价键是 $\sigma$ 键	Cl 原子价电子排布为 $3s^2 3p^5$ ，当两个 Cl 原子结合为 $\text{Cl}_2$ 时，两个原子的 3p 轨道通过“肩并肩”重叠
D	$\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 的熔点依次增大	$\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 的结构和组成相似，相对分子质量依次增大，范德华力依次增强

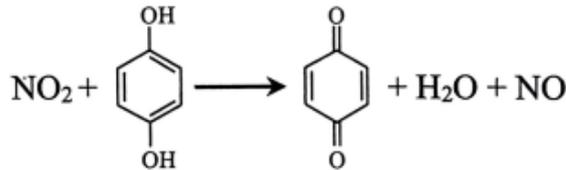
10. 利用下列实验药品，不能达到实验目的的是 ( )

	实验目的	实验药品
A	比较水和四氯化碳分子的极性	H <sub>2</sub> O、CCl <sub>4</sub> 、橡胶棒、毛皮
B	验证乙醇的消去产物乙烯	乙醇、酸性高锰酸钾溶液、浓硫酸
C	探究温度对化学平衡的影响	CuCl <sub>2</sub> 溶液、冷水、热水
D	证明牺牲阳极法保护铁	Fe、Zn、酸化的食盐水、K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] 溶液

11. 科学家通过 Pd<sup>2+</sup> / Pd、酚/酮和 NO<sub>2</sub> / NO 三个氧化还原循环对构建电子传递链，实现了 80℃ 条件下 O<sub>2</sub> 直接氧化甲烷合成甲醇，其原理如下图所示。下列说法不正确的是 ( )

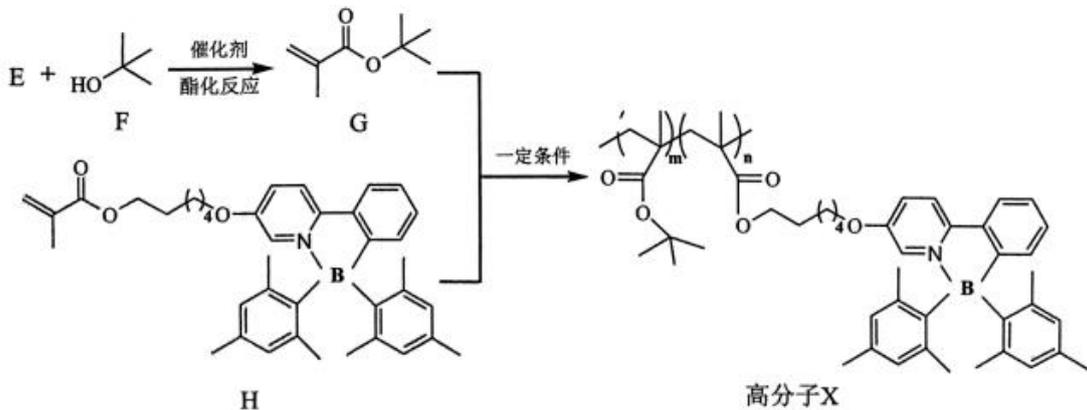


- A. CF<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub> 水解生成甲醇
- B. 反应 I 中 Pd<sup>2+</sup> 将甲烷氧化成 CF<sub>3</sub>COOCH<sub>3</sub>
- C. 反应 II 中 1mol 对苯醌被还原为 1mol 对苯酚得到 4mol e<sup>-</sup>

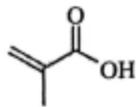


D. 反应 III 的化学方程式:

12. 我国科学家合成了一种光响应高分子 X，其合成路线如下:



下列说法不正确的是 ( )



- A.E 的结构简式: B.F 的同分异构体有 6 种 (不考虑手性异构体)  
 C.H 中含有配位键 D.高分子 X 水解可得到 G 和 H

13.实验室模拟吸收  $\text{Cl}_2$ ，将  $\text{Cl}_2$  按相同的流速通入不同的吸收液，当吸收液达饱和时，停止通  $\text{Cl}_2$ ，记录吸收  $\text{Cl}_2$  的时间，检测部分微粒的物质的量浓度和吸收液上方有害气体残留，实验数据如下表。下列说法不正确的是 ( )

编号	吸收液类型 (体积相同)	$c/(\text{mol/L})$	吸收氯气时间	饱和吸收后溶液微粒浓度				液面上有害气体
				$c(\text{S}^{+4})$	$c(\text{Cl}^{+1})$	$c(\text{Cl}^-)$	pH	
I	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	1.2	18'34"	0.56	未检出	1.81	1.4	$\text{SO}_2$
II	$\text{NaOH}$	2.4	23'17"	未检出	0.10	3.23	5.2	$\text{Cl}_2$
III	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH}$	1.2+2.4	23'47"	未检出	未检出	3.47	3.4	无

说明:  $c(\text{S}^{+4})$  表示溶液中 +4 价含硫微粒的总浓度, 其他类似。

- A.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液显碱性  
 B.实验 I 吸收过程中发生了氧化还原反应和复分解反应  
 C.实验 II 吸收过程中生成的 +1 价 Cl 会转变为  $\text{Cl}^-$   
 D.实验 III 吸收过程中  $\text{NaOH}$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  分别与  $\text{Cl}_2$  独立反应、互不影响

14.  $\text{CO}_2$  催化加氢制  $\text{CH}_4$  的反应为:  $4\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。催化剂上反应过程示意如图 1 所示。其他条件不变时,  $\text{CO}_2$  的转化率和  $\text{CH}_4$  的选择性 ( $\text{CO}_2$  转化为甲烷的量/ $\text{CO}_2$  转化的总量) 随温度变化如图 2 所示。下列说法不正确的是 ( )

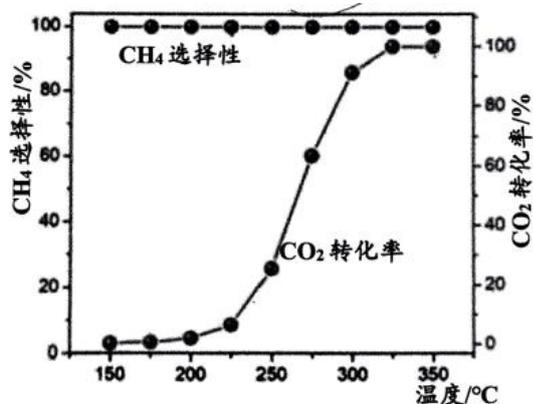
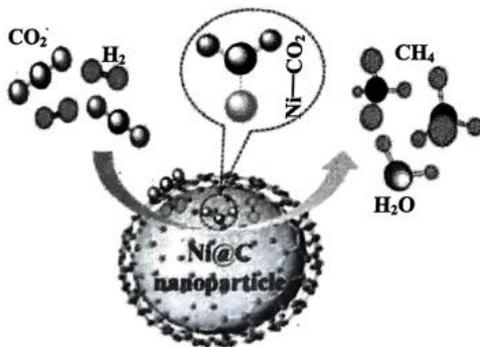
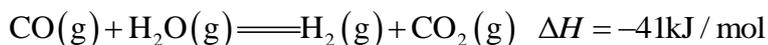
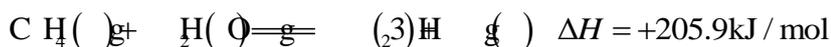


图 1 图 2

- A.催化剂改变了  $\text{CO}_2$  中  $\text{O}-\text{C}-\text{O}$  键的键角  
 B.150°C 到 350°C 时, 基本没有发生副反应  
 C.  $\text{CO}_2$  催化加氢制  $\text{CH}_4$  是一个吸热反应

D.结合下列热化学方程式，可以通过盖斯定律计算  $\text{CO}_2$  加氢制  $\text{CH}_4$  的反应热



## 第二部分

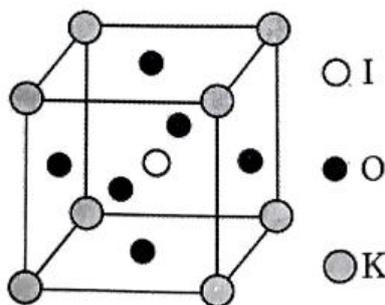
本部分共 5 题，共 58 分。

15. (12 分)

碘及其化合物在生产、生活中有着广泛的应用。回答下列问题：

电负性：H 2.20；C 2.55；F 3.98；P 2.19；I 2.66

- 人工合成的  $^{131}\text{I}$  是医疗上常用的放射性同位素，碘在周期表中的位置是\_\_\_\_\_。
- 碘单质在  $\text{CS}_2$  中的溶解度比在水中的大，解释原因\_\_\_\_\_。
- HI 主要用于药物合成，通常用  $\text{I}_2$  和 P 反应生成  $\text{PI}_3$ ， $\text{PI}_3$  再水解制备 HI。 $\text{PI}_3$  的空间结构是\_\_\_\_\_， $\text{PI}_3$  水解生成 HI 的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- $\text{CH}_3\text{I}$  是一种甲基化试剂， $\text{CF}_3\text{I}$  可用作制冷剂， $\text{CH}_3\text{I}$  和  $\text{CF}_3\text{I}$  发生水解时的主要反应分别是： $\text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{HI}$  和  $\text{CF}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CF}_3\text{H} + \text{HIO}$ 。 $\text{CF}_3\text{I}$  的水解产物是 HIO，结合电负性解释原因\_\_\_\_\_。
- $\text{KIO}_3$  晶体是一种性能良好的光学材料，其晶胞为立方体，边长为  $a \text{ nm}$ ，晶胞中 K、I、O 分别处于顶点、体心、面心位置，结构如下图。
  - 与 K 原子紧邻的 O 原子有\_\_\_\_\_个。
  - $\text{KIO}_3$  的摩尔质量为  $214 \text{ g/mol}$ ，阿伏伽德罗常数为  $N_A$ 。该晶体的密度是\_\_\_\_\_  $\text{g/cm}^3$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ )。



16. (10 分)

水体中过量的抗生素会对环境造成极大危害，零价铁 (Fe) 及耦合技术在处理抗生素废水中应用广泛。

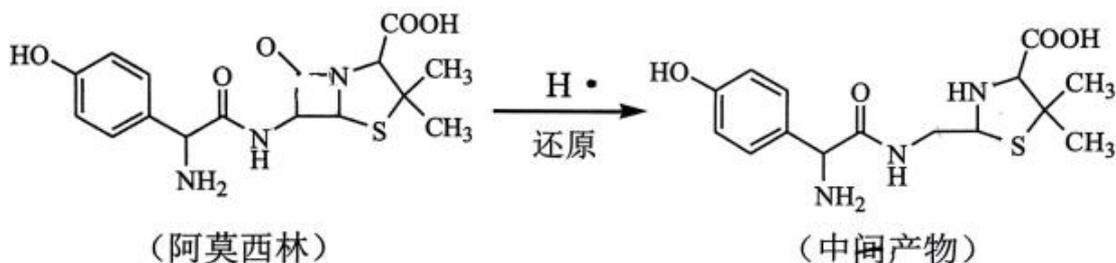
I. 还原法

零价铁作为一种还原剂可以提供电子，水中的  $\text{H}^+$  得电子生成  $\text{H}\cdot$  (氢自由基)， $\text{H}\cdot$  通过双键加成、单电子还原与抗生素发生反应。

(1) 氧化反应：\_\_\_\_\_。

还原反应： $(\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}\cdot)$  (电中性)。

(2)  $\text{H}\cdot$  与阿莫西林 (抗生素的一种) 发生多步反应，第一步如下图所示，请在图中标出阿莫西林断裂的化学键 (参考示例 “—|—”)，用 “O” 在中间产物圈出一个手性碳原子。



(3) 纳米零价铁 5 分钟去除甲硝唑接近 100%，相同条件下非纳米零价铁去除率约为 0%，试解释原因\_\_\_\_\_。

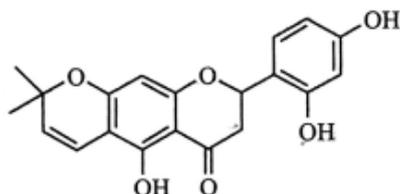
## II. 氧化法

(4) 酸性条件 Fe 可与溶解氧生成  $H_2O_2$ ， $H_2O_2$  和  $Fe^{2+}$  作用生成羟基自由基 ( $\cdot OH$ ) 和  $Fe^{3+}$ ， $\cdot OH$  氧化抗生素。  $H_2O_2$  和  $Fe^{2+}$  生成  $\cdot OH$  的离子方程式是\_\_\_\_\_。

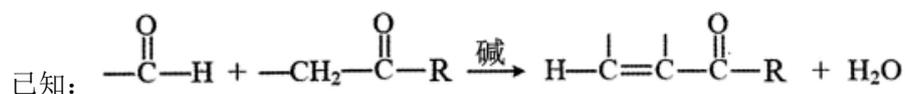
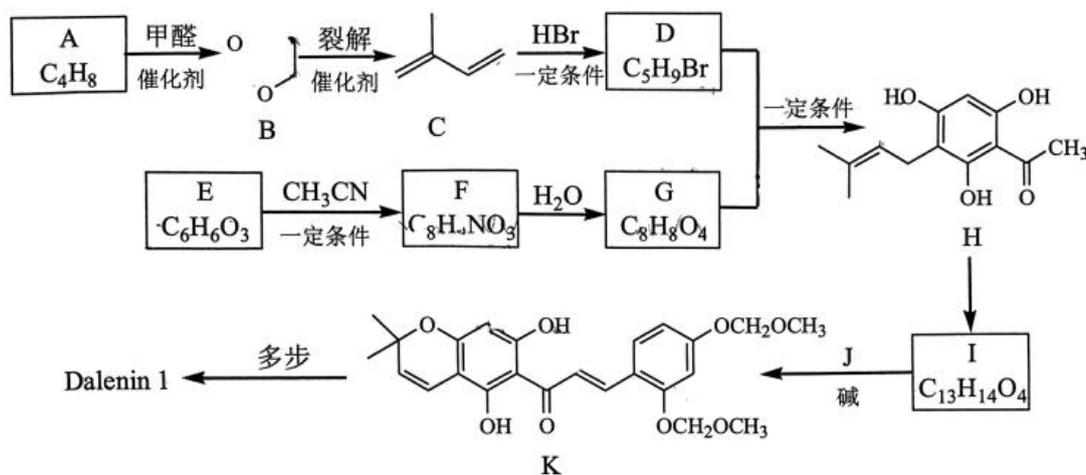
(5) 下图为酸性条件零价铁-电芬顿耦合法 (电化学氧化法) 原理示意图的一部分，左侧连接电源\_\_\_\_\_，结合阴极电极反应说明该法生成  $\cdot OH$  的原理\_\_\_\_\_。



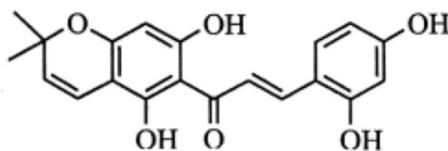
17. (12 分)



Dalenin 1 ( ) 对酪氨酸酶有很强的抑制活性，在制药工程和化妆品行业有巨大的潜在应用价值。



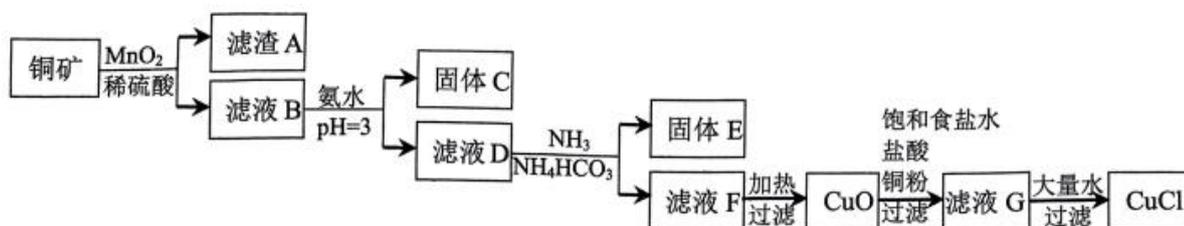
- (1) Dalenin 1 含氧官能团的名称\_\_\_\_\_。
- (2) A 含有支链且能使溴水褪色, A 生成 B 的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- (3) B 催化裂解先生成二元醇 X, X 转化为 C, X 的结构简式是\_\_\_\_\_。
- (4) D+G→H 的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- (5) E→F 的反应类型是\_\_\_\_\_。
- (6) I 含有 2 个六元环, J 的结构简式是\_\_\_\_\_。



- (7) K 先生成中间体 Y ( ), Y 催化环化生成 Dalenin1 时存在多种副产物。一种副产物 Z 是 Dalenin1 的同分异构体, 也含有 4 个六元环, 其结构简式是\_\_\_\_\_。

18. (11 分)

一种利用低品位铜矿 (  $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{CuS}$ 、 $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等) 为原料制取  $\text{CuCl}$  的工艺流程如下:



已知: i. 水溶液中不存在碳酸铜, 碳酸铜遇水立即水解为碱式碳酸铜和氢氧化铜。

ii. 室温时,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的溶度积常数  $K_{\text{sp}} = 2.8 \times 10^{-39}$ 。

- (1) 铜矿中被  $\text{MnO}_2$  氧化的物质有\_\_\_\_\_。
- (2) 滤液 D 中铁离子的浓度约为\_\_\_\_\_, 向滤液 D 中先通氨气的目的\_\_\_\_\_。
- (3) 固体 E 主要是  $\text{MnCO}_3$ , 生成  $\text{MnCO}_3$  的离子方程式是\_\_\_\_\_。
- (4) 滤液 F 加热生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$  和  $\text{CuO}$ , 反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- (5) 查阅资料: +1 价 Cu 和  $\text{Cl}^-$  可以形成 2 种配离子  $[\text{CuCl}_3]^{2-}$  和  $[\text{CuCl}_2]^-$ 。滤液 G 加大量水析出  $\text{CuCl}$  沉淀, 从平衡移动角度分析, 滤液 G 中的配离子是哪种更有利于  $\text{CuCl}$  的生成\_\_\_\_\_。
- (6)  $\text{CuCl}$  质量分数的测定

称取  $\text{mg}$  样品, 溶于 25mL 过量的硫酸铁铵溶液 ( $\text{Fe}^{3+}$  将 +1 价 Cu 氧化), 滴加 2 滴试亚铁灵指示剂 (与  $\text{Fe}^{2+}$  发生特征反应, 溶液呈红棕色), 用含  $\text{Ce}^{4+}$   $\text{mol}$  的硫酸铁铈标准液滴定 ( $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ ), 共消耗硫酸铁铈标准液  $\text{VmL}$ , 则  $\text{CuCl}$  质量分数的计算式\_\_\_\_\_。

19. (12 分)

某小组探究不同阴离子与  $\text{Ag}^+$  的结合倾向并分析相关转化。

资料: i.  $\text{Ag}_2\text{SO}_3$  和  $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$  均为白色, 难溶于水。

ii.  $\text{Ag}^+$  与  $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  能生成  $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 、 $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$

iii. 与  $\text{Ag}^+$  结合倾向  $\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Br}^-$ 。

(1) 探究  $S_2O_3^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$  与  $Ag^+$  的结合倾向

 2 mL	实验	滴管	试管	现象
	I	10 滴 0.1mol/L $AgNO_3$ 溶液	等浓度的 NaI 和 $Na_2S_2O_3$ 溶液	黄色沉淀
II	等浓度的 NaI 和 $Na_2S_2O_3$ 溶液		黄色沉淀	

①由实验 I 推测：与  $Ag^+$  结合倾向  $I^-$  \_\_\_\_\_  $S_2O_3^{2-}$  (填 “>” 或 “<”)。

②取两等份  $AgBr$  浊液，分别滴加等浓度、等体积的  $Na_2SO_3$  和  $Na_2S_2O_3$  溶液，前者无明显现象，后者浊液变澄清，澄清溶液中 +1 价银的存在形式 \_\_\_\_\_ (填化学式)。推测：与  $Ag^+$  结合倾向  $S_2O_3^{2-} > Br^- > SO_3^{2-}$ 。

查阅资料证实了，上述推测。

(2)  $S_2O_3^{2-}$  的转化

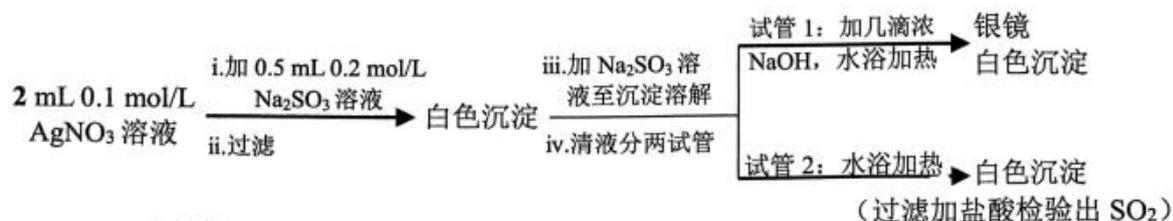
 2 mL	实验	滴管	试管	现象
	III	0.1mol/L $AgNO_3$ 溶液	0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液	白色沉淀，振荡后消失
IV	0.1mol/L $Na_2S_2O_3$ 溶液	0.1mol/L $AgNO_3$ 溶液	白色沉淀，逐渐变为灰色，最终为黑色沉淀	

①写出实验 III 中白色沉淀消失的离子方程式 \_\_\_\_\_。

②查阅资料：实验 IV 中黑色沉淀是  $Ag_2S$ ， $S_2O_3^{2-}$  中 S 元素的化合价分别为 -2 和 +6。写出实验 IV 中白色沉淀变为黑色的化学方程式并分析原因 \_\_\_\_\_。

③  $Na_2S_2O_3$  溶液可用作定影液。向  $Na_2S_2O_3$  溶液溶解  $AgBr$  之后的废定影液中，加入 \_\_\_\_\_ (填试剂和操作)，可使定影液再生。

(3)  $SO_3^{2-}$  的转化



分析试管 1 出现银镜的原因 \_\_\_\_\_。

(4) 资料显示：S 原子与  $Ag^+$  结合比 O 原子更稳定。 $S_2O_3^{2-}$  与  $SO_4^{2-}$  结构相似，但与  $Ag^+$  结合倾向： $SO_4^{2-} < S_2O_3^{2-}$ ，试从微粒空间结构角度解释原因 \_\_\_\_\_。

# 石景山区2023年高三统一练习

## 化学参考答案

第一部分共14题，每题3分，共42分。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
答案	A	D	B	C	D	B	D	C	C	B	C	D	D	C

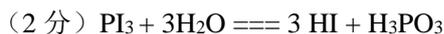
第二部分共5题，共58分。

15. (12分) (其它合理答案酌情给分)

(1) (2分) 第五周期 VIIA 族

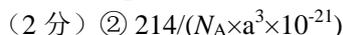
(2) (2分) 碘单质和CS<sub>2</sub>都是非极性分子，水是极性分子，根据相似相溶原理，碘单质更易溶于CS<sub>2</sub>

(3) (1分) 三角锥形



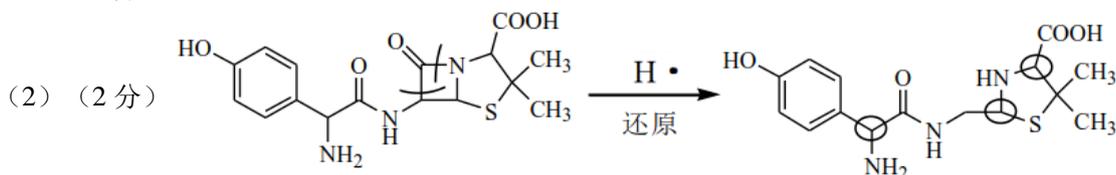
(4) (2分) 氟的电负性大于氢的电负性，导致 CF<sub>3</sub>I 中碳碘键的共用电子对偏离碘，I 显一定的正电性，显正电性的 I 结合水分子中的O，形成 HIO

(5) (1分) ① 12



16. (10分) (其它合理答案酌情给分)

(1) (2分)  $Fe - 2e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$



(3) (1分) 纳米零价铁固体表面积大，化学反应速率更快

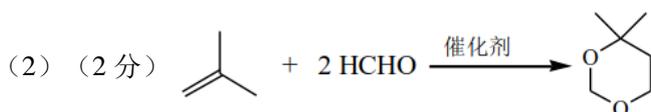
(4) (2分)  $H_2O_2 + Fe^{2+} + H^+ \rightleftharpoons \cdot OH + Fe^{3+} + H_2O$

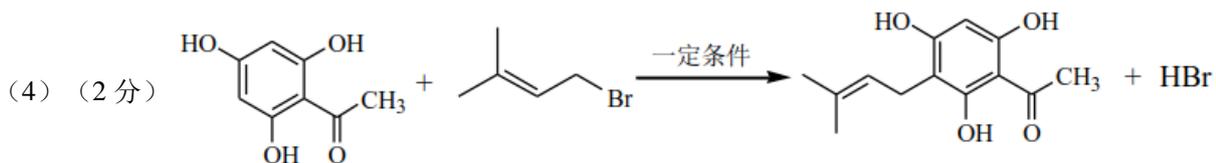
(5) (1分) 正极

(2分) 阴极  $O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons H_2O_2$ ，阳极 Fe 放电生成的  $Fe^{2+}$  向阴极移动，与  $H_2O_2$  作用生成羟基自由基

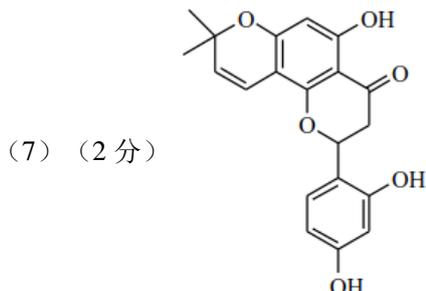
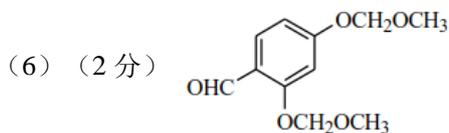
17. (13分) (其它合理答案酌情给分)

(1) (2分) 羟基、醚键、酮羰基





(5) (1分) 加成反应



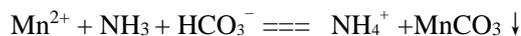
18. (11分) (其它合理答案酌情给分)

(1) (1分)  $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{CuS}$ 、 $\text{FeO}$

(2) (1分)  $2.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

(1分) 生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , 防止加入 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 时 $\text{Cu}^{2+}$ 沉淀; 中和溶液中的 $\text{H}^+$

(3) (2分)  $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{MnCO}_3 \downarrow$  或



(4) (2分)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + \text{CuO}$  或



(5) (2分)  $[\text{CuCl}_3]^{2-} \rightleftharpoons \text{CuCl} + 2\text{Cl}^-$ ,  $[\text{CuCl}_2]^- \rightleftharpoons \text{CuCl} + \text{Cl}^-$ , 从平衡移动角度分析, 前者平衡正移析出 $\text{CuCl}$ , 后者平衡不移动,  $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ 更合理

(6) (2分)  $99cV/(1000m) \times 100\%$

19. (12分) (其它合理答案酌情给分)

(1) (1分) ①  $>$

(1分) ②  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$

(2) (2分) ①  $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$

(2分) ②  $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ag}^+$ 与-2价S结合倾向更强

(2分) ③  $\text{Na}_2\text{S}$ 溶液至不再产生黑色沉淀后过滤

(3) (2分) 试管1中加浓  $\text{NaOH}$  溶液,  $\text{SO}_3^{2-}$ 还原性增强, 析出银镜

(4) (2分)  $\text{SO}_4^{2-}$ 和  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 都是四面体形, 体心的S很难与 $\text{Ag}^+$ 配位,  $\text{SO}_4^{2-}$ 主要是4个O

原子与 $\text{Ag}^+$ 结合,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 是1个S原子、3个O原子与 $\text{Ag}^+$ 结合, 因为S原子与 $\text{Ag}^+$ 结合比O原子更稳定, 所以与 $\text{Ag}^+$ 结合倾向:  $\text{SO}_4^{2-} < \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$