

# 2021 年普通高中学业水平等级性考试

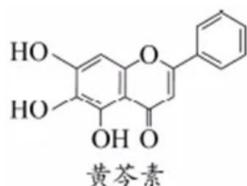
## 北京卷·化学

可能用到的相对原子质量：H1 C12 N14 O16

### 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. 我国科研人员发现中药成分黄芩素能明显抑制新冠病毒的活性。下列关于黄芩素的说法不正确的是



- A. 分子中有 3 种官能团  
B. 能与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液反应  
C. 在空气中可发生氧化反应  
D. 能和  $\text{Br}_2$  发生取代反应和加成反应

2. 下列有关放射性核素氚 ( ${}^3_1\text{H}$ ) 的表述不正确的是

- A.  ${}^3_1\text{H}$  原子核外电子数为 1  
B.  ${}^3_1\text{H}$  原子核内中子数为 3  
C.  ${}^3_1\text{H}_2$  与  $\text{H}_2$  化学性质基本相同  
D.  ${}^3_1\text{H}_2\text{O}$  具有放射性

3. 下列化学用语或图示表达不正确的是

A.  $\text{N}_2$  的结构式： $\text{N}\equiv\text{N}$

B.  $\text{Na}^+$  的结构示意图：

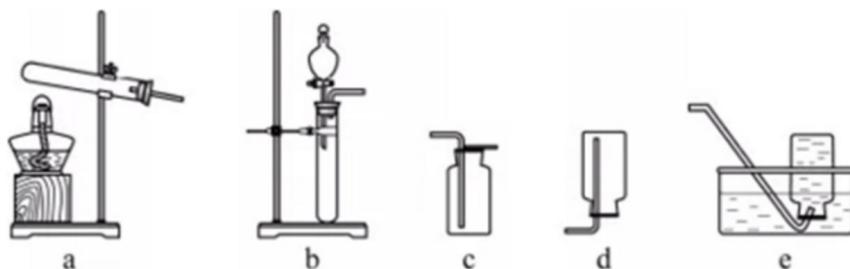
C. 溴乙烷的分子模型：

D.  $\text{CO}_2$  的电子式： $:\ddot{\text{O}}:\text{C}:\ddot{\text{O}}:$

4. 下列性质的比较，不能用元素周期律解释的是

- A. 酸性： $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{SiO}_3$   
B. 碱性： $\text{KOH} > \text{NaOH} > \text{LiOH}$   
C. 热稳定性： $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{PH}_3$   
D. 非金属性： $\text{F} > \text{O} > \text{N}$

5. 实验室制备下列气体所选试剂、制备装置及收集方法均正确的是



	气体	试剂	制备装置	收集方法

A	O <sub>2</sub>	KMnO <sub>4</sub>	a	d
B	H <sub>2</sub>	Zn+稀 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	b	e
C	NO	Cu+稀 HNO <sub>3</sub>	b	c
D	CO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub> +稀 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	b	c

6. 室温下, 1 体积的水能溶解约 40 体积的 SO<sub>2</sub>。用试管收集 SO<sub>2</sub> 后进行如下实验。对实验现象的分析正确的是



- A. 试管内液面上升, 证明 SO<sub>2</sub> 与水发生了反应
- B. 试管中剩余少量气体, 是因为 SO<sub>2</sub> 的溶解已达饱和
- C. 取出试管中的溶液, 立即滴入紫色石蕊试液, 溶液显红色, 原因是:  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$ ,  $\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$
- D. 取出试管中溶液, 在空气中放置一段时间后 pH 下降, 是由于 SO<sub>2</sub> 挥发

7. 下列方程式不能准确解释相应实验现象的是

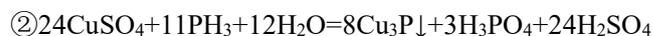
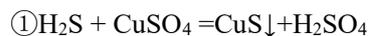
- A. 酚酞滴入醋酸钠溶液中变为浅红色:  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$
- B. 金属钠在空气中加热生成淡黄色固体:  $4\text{Na} + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{O}$
- C. 铝溶于氢氧化钠溶液, 有无色气体产生:  $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2\uparrow$
- D. 将二氧化硫通入氢硫酸中产生黄色沉淀:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

8. 使用如图装置 (搅拌装置略) 探究溶液离子浓度变化, 灯光变化不可能出现“亮→暗(或灭)→亮”现象的是



	A	B	C	D
试剂 a	CuSO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> COOH
试剂 b	Ba(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O

9. 用电石（主要成分为  $\text{CaC}_2$ ，含  $\text{CaS}$  和  $\text{Ca}_3\text{P}_2$  等）制取乙炔时，常用  $\text{CuSO}_4$  溶液除去乙炔中的杂质。反应为：



下列分析不正确的是

A.  $\text{CaS}$ 、 $\text{Ca}_3\text{P}_2$  发生水解反应的化学方程式： $\text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3\uparrow + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$

B. 不能依据反应①比较硫酸与氢硫酸的酸性强弱

C. 反应②中每 24 mol  $\text{CuSO}_4$  氧化 11 mol  $\text{PH}_3$

D. 用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液验证乙炔还原性时， $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{PH}_3$  有干扰

10.  $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_4$  存在平衡： $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。下列分析正确的是

A. 1 mol 平衡混合气体中含 1 mol N 原子

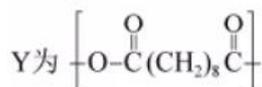
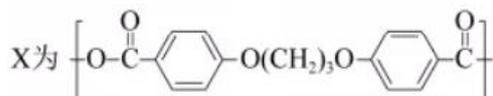
B. 断裂 2 mol  $\text{NO}_2$  中的共价键所需能量小于断裂 1 mol  $\text{N}_2\text{O}_4$  中的共价键所需能量

C. 恒温时，缩小容积，气体颜色变深，是平衡正向移动导致的

D. 恒容时，水浴加热，由于平衡正向移动导致气体颜色变浅

11. 可生物降解的高分子材料聚苯丙生(L)的结构片段如下图。

聚苯丙生(L)  $\sim\sim\sim \text{X}_m - \text{Y}_n - \text{X}_p - \text{Y}_q \sim\sim\sim$  ( $\sim\sim\sim$  表示链延长)



下列有关 L 的说法不正确的是

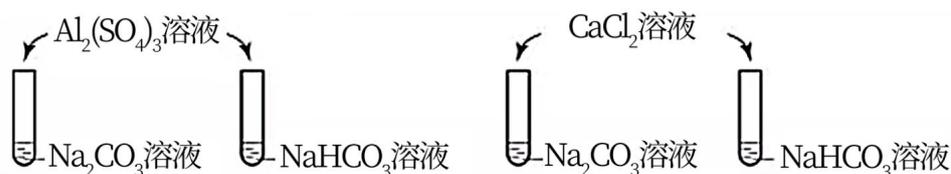
A. 制备 L 的单体分子中都有两个羧基

B. 制备 L 的反应是缩聚反应

C. L 中的官能团是酯基和醚键

D.  $m$ 、 $n$ 、 $p$  和  $q$  的大小对 L 的降解速率有影响

12. 下列实验中，均产生白色沉淀。



下列分析不正确的是

- A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  溶液中所含微粒种类相同
- B.  $\text{CaCl}_2$  能促进  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  水解
- C.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  能促进  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  水解
- D. 4 个实验中, 溶液滴入后, 试管中溶液 pH 均降低

13. 有科学研究提出: 锂电池负极材料(Li)由于生成 LiH 而不利于电池容量的保持。一定温度下, 利用足量重水( $\text{D}_2\text{O}$ ) 与含 LiH 的 Li 负极材料反应, 通过测定  $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$  可以获知  $n(\text{Li})/n(\text{LiH})$ 。

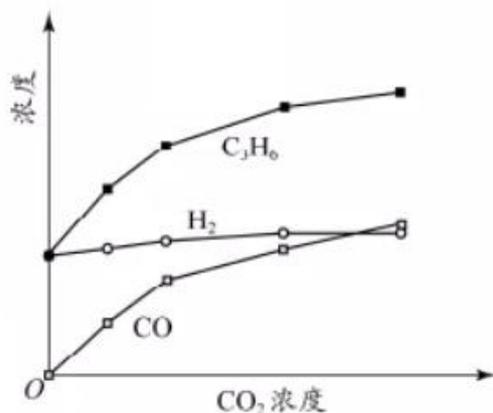
已知: ①  $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$

②  $2\text{Li}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{LiH}(\text{s}) \quad \Delta H < 0$

下列说法不正确的是

- A. 可用质谱区分  $\text{D}_2$  和 HD
- B. Li 与  $\text{D}_2\text{O}$  的反应:  $2\text{Li} + 2\text{D}_2\text{O} = 2\text{LiOD} + \text{D}_2\uparrow$
- C. 若  $n(\text{Li})/n(\text{LiH})$  越大, 则  $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$  越小
- D.  $80^\circ\text{C}$  反应所得  $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$  比  $25^\circ\text{C}$  反应所得  $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$  大

14. 丙烷经催化脱氢可制丙烯:  $\text{C}_3\text{H}_8 \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2$ 。  $600^\circ\text{C}$ , 将一定浓度的  $\text{CO}_2$  与固定浓度的  $\text{C}_3\text{H}_8$  通过含催化剂的恒容反应器, 经相同时间, 流出的  $\text{C}_3\text{H}_6$ 、 $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  浓度随初始  $\text{CO}_2$  浓度的变化关系如图。



已知:

①  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -2220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

②  $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + 9/2\text{O}_2(\text{g}) = 3\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1926.1 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

③  $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

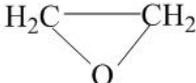
下列说法不正确的是

- A.  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) = \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +124 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- B.  $c(\text{H}_2)$  和  $c(\text{C}_3\text{H}_6)$  变化差异的原因:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- C. 其他条件不变, 投料比  $c(\text{C}_3\text{H}_8)/c(\text{CO}_2)$  越大,  $\text{C}_3\text{H}_8$  转化率越大
- D. 若体系只有  $\text{C}_3\text{H}_6$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  生成, 则初始物质浓度  $c_0$  与流出物质浓度  $c$  之间一定

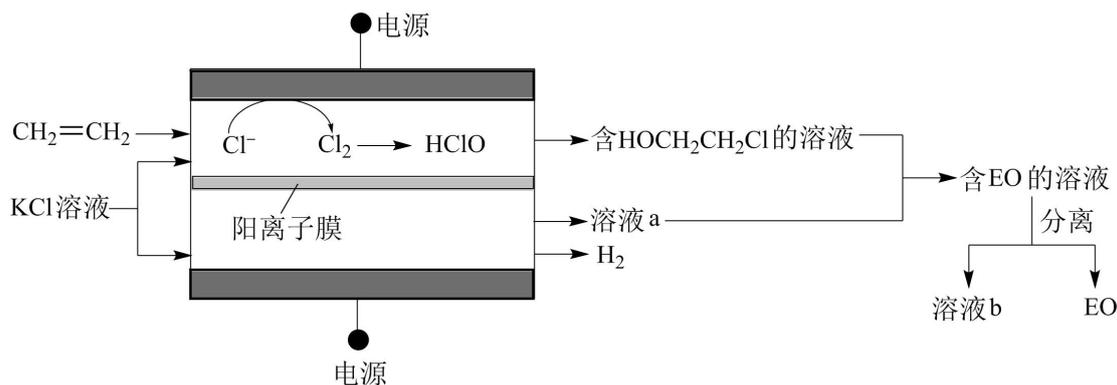
存在： $3c_0(\text{C}_3\text{H}_8)+c_0(\text{CO}_2)=c(\text{CO})+c(\text{CO}_2)+3c(\text{C}_3\text{H}_8)+3c(\text{C}_3\text{H}_6)$

## 第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. (9 分) 环氧乙烷( $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2$   
)，简称 EO)是一种重要的工业原料和消毒剂。由乙

烯经电解制备 EO 的原理示意图如下。



(1) ①阳极室产生  $\text{Cl}_2$  后发生的反应有：\_\_\_\_\_、 $\text{CH}_2=\text{CH}_2+\text{HClO}\rightarrow\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 。

②结合电极反应式说明生成溶液 a 的原理\_\_\_\_\_。

(2) 一定条件下，反应物按一定流速通过该装置。

电解效率  $\eta$  和选择性  $S$  的定义：

$$\eta(\text{B})=\frac{n(\text{生成B所用的电子})}{n(\text{通过电极的电子})}\times 100\%$$

$$S(\text{B})=\frac{n(\text{生成B所用的乙烯})}{n(\text{转化的乙烯})}\times 100\%$$

①若  $\eta(\text{EO})=100\%$ ，则溶液 b 的溶质为\_\_\_\_\_。

②当乙烯完全消耗时，测得  $\eta(\text{EO})\approx 70\%$ ， $S(\text{EO})\approx 97\%$ 。推测  $\eta(\text{EO})\approx 70\%$  的原因：

I. 阳极有  $\text{H}_2\text{O}$  放电

II. 阳极有乙烯放电

III. 阳极室流出液中含有  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HClO}$

……

i. 检验电解产物，推测 I 不成立。需要检验的物质是\_\_\_\_\_。

ii. 假设没有生成 EO 的乙烯全部在阳极放电生成  $\text{CO}_2$ ，则  $\eta(\text{CO}_2)\approx$ \_\_\_\_\_ %。经检验阳极放电产物没有  $\text{CO}_2$ 。

iii. 实验证实推测 III 成立，所用试剂及现象是\_\_\_\_\_。

可选试剂： $\text{AgNO}_3$  溶液、 $\text{KI}$  溶液、淀粉溶液、品红溶液

16. (10 分) 某小组实验验证“ $\text{Ag}^++\text{Fe}^{2+}\rightleftharpoons\text{Fe}^{3+}+\text{Ag}\downarrow$ ”为可逆反应并测定其平衡常数。

(1) 实验验证

实验 I. 将  $0.0100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Ag}_2\text{SO}_4$  溶液与  $0.0400 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{FeSO}_4$  溶液( $\text{pH}=1$ )等体积混合, 产生灰黑色沉淀, 溶液呈黄色。

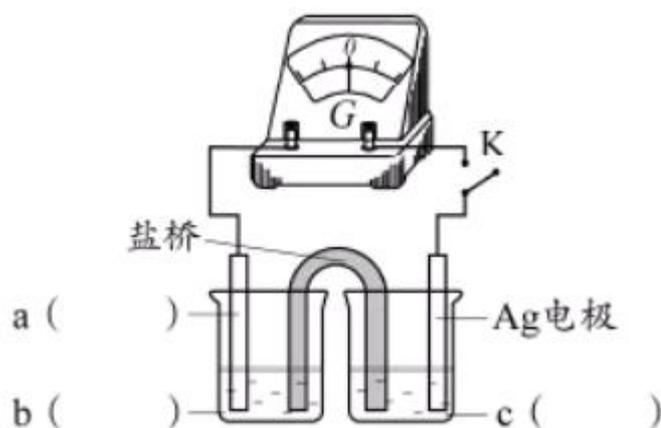
实验 II. 向少量 Ag 粉中加入  $0.0100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液( $\text{pH}=1$ ), 固体完全溶解。

①取 I 中沉淀, 加入浓硝酸, 证实沉淀为 Ag。现象是\_\_\_\_\_。

②II 中溶液选用  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 不选用  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  的原因是\_\_\_\_\_。

综合上述实验, 证实“ $\text{Ag}^+ + \text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Ag}\downarrow$ ”为可逆反应。

③小组同学采用电化学装置从平衡移动角度进行验证。补全电化学装置示意图, 写出操作及现象\_\_\_\_\_。



(2) 测定平衡常数

实验 III. 一定温度下, 待实验 I 中反应达到平衡状态时, 取  $v \text{ mL}$  上层清液, 用  $c_1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KSCN}$  标准溶液滴定  $\text{Ag}^+$ , 至出现稳定的浅红色时消耗  $\text{KSCN}$  标准溶液  $v_1 \text{ mL}$ 。

资料:  $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{AgSCN}\downarrow$  (白色)  $K=10^{12}$

$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$  (红色)  $K=10^{2.3}$

①滴定过程中  $\text{Fe}^{3+}$  的作用是\_\_\_\_\_。

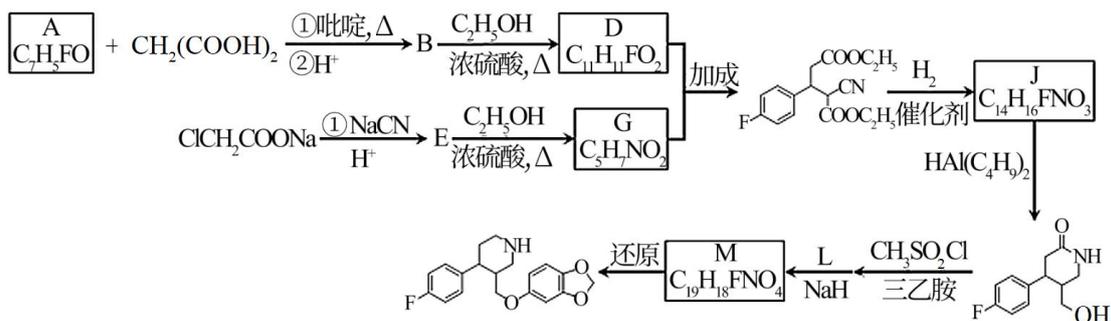
②测得平衡常数  $K=$ \_\_\_\_\_。

(3) 思考问题

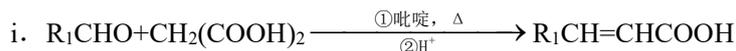
①取实验 I 的浊液测定  $c(\text{Ag}^+)$ , 会使所测  $K$  值\_\_\_\_\_ (填“偏高”“偏低”或“不受影响”)。

②不用实验 II 中清液测定  $K$  的原因是\_\_\_\_\_。

17. (14 分) 治疗抑郁症的药物帕罗西汀的合成路线如下。



已知:



(1) A 分子含有的官能团是\_\_\_\_\_。

(2) 已知: B 为反式结构。下列有关 B 的说法正确的是 (填序号)\_\_\_\_\_。

- 核磁共振氢谱有 5 组峰
- 能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色
- 存在 2 个六元环的酯类同分异构体
- 存在含苯环和碳碳三键的羧酸类同分异构体

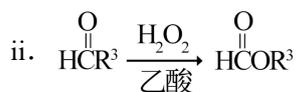
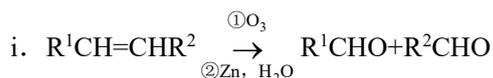
(3) E→G 的化学方程式是\_\_\_\_\_。

(4) J 分子中有 3 个官能团, 包括 1 个酯基。J 的结构简式是\_\_\_\_\_。

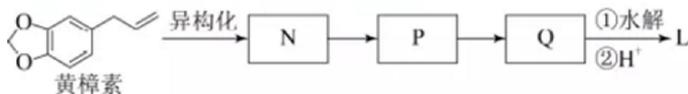
(5) L 的分子式为  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ 。L 的结构简式是\_\_\_\_\_。

(6) 从黄樟素经过其同分异构体 N 可制备 L。

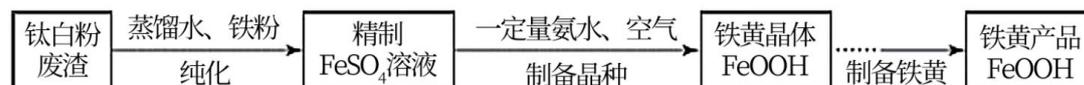
已知:



写出制备 L 时中间产物 N、P、Q 的结构简式: \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。



18. (12 分) 铁黄是一种重要的化工产品。由生产钛白粉废渣制备铁黄的过程如下。



资料:

i. 钛白粉废渣成分: 主要为  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 含少量  $\text{TiOSO}_4$  和不溶物

ii.  $\text{TiOSO}_4 + (x+1)\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$

iii.  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Fe}^{2+}$ 生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 开始沉淀时  $\text{pH}=6.3$ , 完全沉淀时  $\text{pH}=8.3$

$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Fe}^{3+}$ 生成  $\text{FeOOH}$ , 开始沉淀时  $\text{pH}=1.5$ , 完全沉淀时  $\text{pH}=2.8$

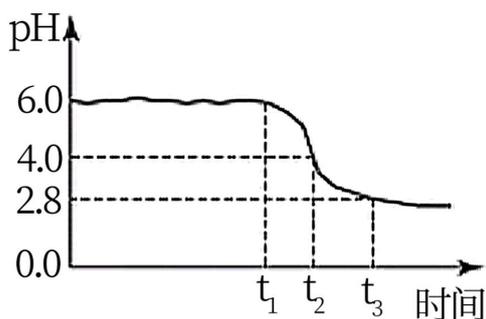
(1) 纯化

①加入过量铁粉的目的是\_\_\_\_\_。

②充分反应后, 分离混合物的方法是\_\_\_\_\_。

(2) 制备晶种

为制备高品质铁黄产品, 需先制备少量铁黄晶种。过程及现象是: 向一定浓度  $\text{FeSO}_4$  溶液中加入氨水, 产生白色沉淀, 并很快变成灰绿色。滴加氨水至  $\text{pH}$  为  $6.0$  时开始通空气并记录  $\text{pH}$  变化(如下图)。



①产生白色沉淀的离子方程式是\_\_\_\_\_。

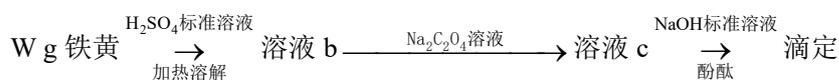
②产生白色沉淀后的  $\text{pH}$  低于资料 iii 中的  $6.3$ 。原因是: 沉淀生成后  $c(\text{Fe}^{2+})$  \_\_\_\_\_  $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  (填“>”“=”或“<”)。

③ $0-t_1$  时段,  $\text{pH}$  几乎不变;  $t_1-t_2$  时段,  $\text{pH}$  明显降低。结合方程式解释原因: \_\_\_\_\_。

④ $\text{pH}\approx 4$  时制得铁黄晶种。若继续通入空气,  $t_3$  后  $\text{pH}$  几乎不变, 此时溶液中  $c(\text{Fe}^{2+})$  仍降低, 但  $c(\text{Fe}^{3+})$  增加, 且  $c(\text{Fe}^{2+})$  降低量大于  $c(\text{Fe}^{3+})$  增加量。结合总方程式说明原因: \_\_\_\_\_。

(3) 产品纯度测定

铁黄纯度可以通过产品的耗酸量确定。



资料:  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$ ,  $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$  不与稀碱液反应

$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  过量, 会使测定结果 \_\_\_\_\_ (填“偏大”“偏小”或“不受影响”)。

19. (13 分) 某小组探究卤素参与的氧化还原反应, 从电极反应角度分析物质氧化性和还原性的变化规律。

(1) 浓盐酸与  $\text{MnO}_2$  混合加热生成氯气。氯气不再逸出时, 固液混合物 A 中仍存在盐酸和  $\text{MnO}_2$ 。

①反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。

②电极反应式:

i. 还原反应:  $\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

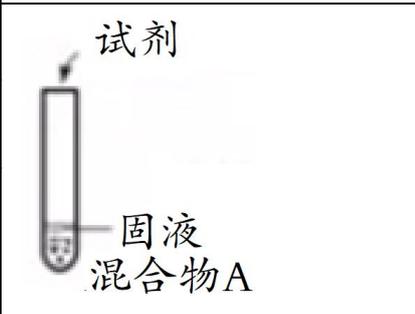
ii. 氧化反应：\_\_\_\_\_。

③根据电极反应式，分析 A 中仍存在盐酸和  $\text{MnO}_2$  的原因。

i. 随  $c(\text{H}^+)$  降低或  $c(\text{Mn}^{2+})$  浓度升高， $\text{MnO}_2$  氧化性减弱。

ii. 随  $c(\text{Cl}^-)$  降低，\_\_\_\_\_。

④补充实验证实了③中的分析。

	实验操作	试剂	产物
I		较浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$	有氯气
II		a	有氯气
III		a+b	无氯气

a 是\_\_\_\_\_， b 是\_\_\_\_\_。

(2) 利用  $c(\text{H}^+)$  对  $\text{MnO}_2$  氧化性的影响，探究卤素离子的还原性。相同浓度的  $\text{KCl}$ 、 $\text{KBr}$  和  $\text{KI}$  溶液，能与  $\text{MnO}_2$  反应所需的最低  $c(\text{H}^+)$  由大到小的顺序是\_\_\_\_\_，从原子结构角度说明理由\_\_\_\_\_。

(3) 根据(1)中结论推测：酸性条件下，加入某种化合物可以提高溴的氧化性，将  $\text{Mn}^{2+}$  氧化为  $\text{MnO}_2$ 。经实验证实了推测，该化合物是\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{Ag}$  分别与  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的盐酸、氢溴酸和氢碘酸混合， $\text{Ag}$  只与氢碘酸发生置换反应，试解释原因：\_\_\_\_\_。

(5) 总结：物质氧化性和还原性变化的一般规律是\_\_\_\_\_。