

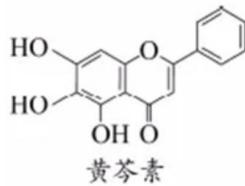
2021 年普通高中学业水平等级性考试 北京卷·化学

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



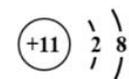
- | | |
|----------------|-------------------------------------|
| A. 分子中有 3 种官能团 | B. 能与 Na_2CO_3 溶液反应 |
| C. 在空气中可发生氧化反应 | D. 能和 Br_2 发生取代反应和加成反应 |

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 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. N_2 的结构式: $\text{N}\equiv\text{N}$

B. Na^+ 的结构示意图: 

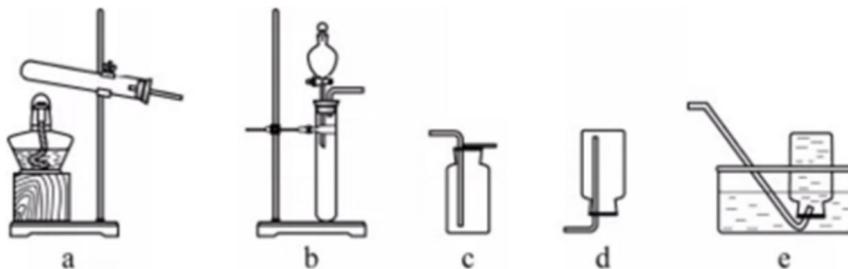
C. 溴乙烷的分子模型: 

D. 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 ₂	KMnO ₄	a	d
B	H ₂	Zn+稀 H ₂ SO ₄	b	e
C	NO	Cu+稀 HNO ₃	b	c
D	CO ₂	CaCO ₃ +稀 H ₂ SO ₄	b	c

6. 室温下, 1 体积的水能溶解约 40 体积的 SO₂。用试管收集 SO₂ 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 SO₂ 与水发生了反应
- B. 试管中剩余少量气体, 是因为 SO₂ 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: SO₂+H₂O⇌H₂SO₃, H₂SO₃⇌H⁺+HSO₃⁻, HSO₃⁻⇌H⁺+SO₃²⁻
- 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 SO₂ 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: CH₃COO⁻+H₂O⇌CH₃COOH+OH⁻
- B. 金属钠在空气中加热生成淡黄色固体: 4Na+O₂=2Na₂O
- C. 铝溶于氢氧化钠溶液, 有无色气体产生: 2Al+2OH⁻+2H₂O=2AlO₂⁻+3H₂↑
- D. 将二氧化硫通入氢硫酸中产生黄色沉淀: 2H₂S+SO₂=3S↓+2H₂O

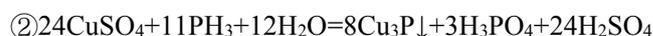
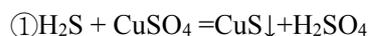
8. 使用如图装置 (搅拌装置略) 探究溶液离子浓度变化, 灯光变化不可能出现“亮→暗(或灭)→亮”现象的是



	A	B	C	D
试剂 a	CuSO ₄	NH ₄ HCO ₃	H ₂ SO ₄	CH ₃ COOH

试剂 b	Ba(OH) ₂	Ca(OH) ₂	Ba(OH) ₂	NH ₃ ·H ₂ O
------	---------------------	---------------------	---------------------	-----------------------------------

9. 用电石（主要成分为 CaC₂，含 CaS 和 Ca₃P₂ 等）制取乙炔时，常用 CuSO₄ 溶液除去乙炔中的杂质。反应为：



下列分析不正确的是



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 CuSO₄ 氧化 11 mol PH₃

D. 用酸性 KMnO₄ 溶液验证乙炔还原性时，H₂S 和 PH₃ 有干扰

10. NO₂ 和 N₂O₄ 存在平衡：2NO₂(g)⇌N₂O₄(g) ΔH<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

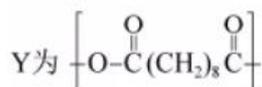
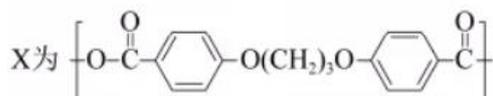
B. 断裂 2 mol NO₂ 中的共价键所需能量小于断裂 1 mol N₂O₄ 中的共价键所需能量

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) $\sim\sim\sim X_m - Y_n - X_p - Y_q \sim\sim\sim$ ($\sim\sim\sim$ 表示链延长)



下列有关 L 的说法不正确的是

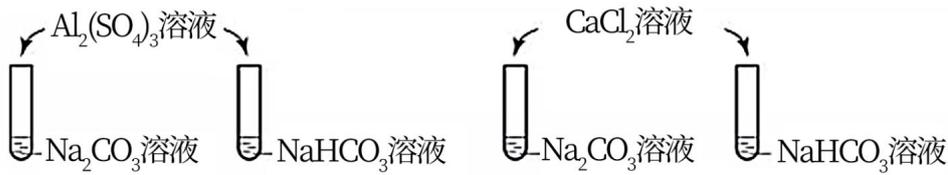
A. 制备 L 的单体分子中都有两个羧基

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

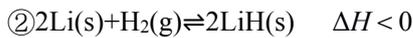
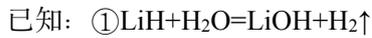
12. 下列实验中，均产生白色沉淀。



下列分析不正确的是

- A. Na_2CO_3 与 NaHCO_3 溶液中所含微粒种类相同
- B. CaCl_2 能促进 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 水解
- C. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 能促进 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 水解
- D. 4 个实验中, 溶液滴入后, 试管中溶液 pH 均降低

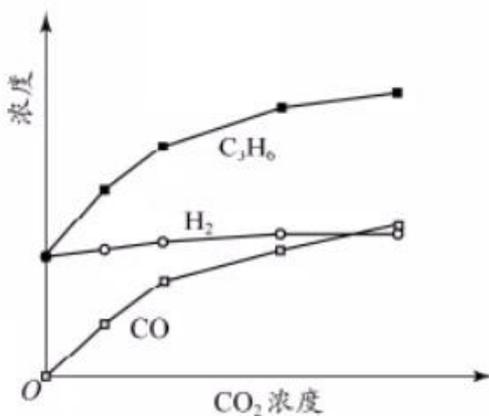
13. 有科学研究提出: 锂电池负极材料(Li)由于生成 LiH 而不利于电池容量的保持。一定温度下, 利用足量重水(D_2O) 与含 LiH 的 Li 负极材料反应, 通过测定 $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$ 可以获知 $n(\text{Li})/n(\text{LiH})$ 。



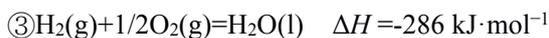
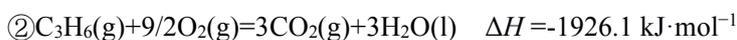
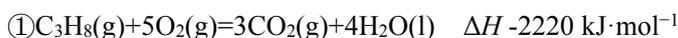
下列说法不正确的是

- A. 可用质谱区分 D_2 和 HD
- B. Li 与 D_2O 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°C 反应所得 $n(\text{D}_2)/n(\text{HD})$ 比 25°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 CO_2 与固定浓度的 C_3H_8 通过含催化剂的恒容反应器, 经相同时间, 流出的 C_3H_6 、 CO 和 H_2 浓度随初始 CO_2 浓度的变化关系如图。



已知:

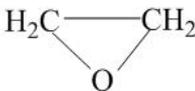


下列说法不正确的是

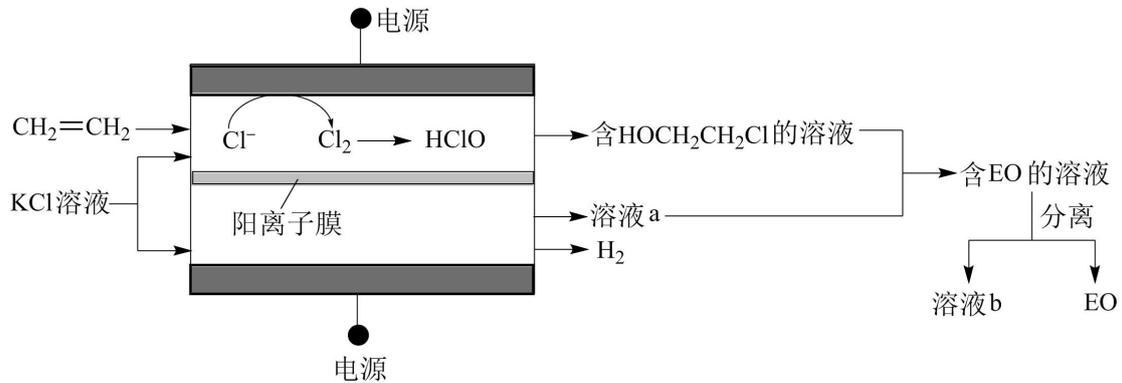
- A. $C_3H_8(g) = C_3H_6(g) + H_2(g) \quad \Delta H = +124 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $c(H_2)$ 和 $c(C_3H_6)$ 变化差异的原因: $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$
- C. 其他条件不变, 投料比 $c(C_3H_8)/c(CO_2)$ 越大, C_3H_8 转化率越大
- D. 若体系只有 C_3H_6 、 CO 、 H_2 和 H_2O 生成, 则初始物质浓度 c_0 与流出物质浓度 c 之间一定存在: $3c_0(C_3H_8) + c_0(CO_2) = c(CO) + c(CO_2) + 3c(C_3H_8) + 3c(C_3H_6)$

第二部分

本部分共 5 题, 共 58 分。

15. (9 分) 环氧乙烷(, 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 Cl_2 后发生的反应有: _____、 $CH_2=CH_2 + HClO \rightarrow HOCH_2CH_2Cl$ 。
- 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 η 和选择性 S 的定义:

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

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

- 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 H_2O 放电
- II. 阳极有乙烯放电
- III. 阳极室流出液中含有 Cl_2 和 $HClO$
-
- 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 CO_2 , 则 $\eta(\text{CO}_2) \approx$ _____ %。经检验阳极放电产物没有 CO_2 。

iii. 实验证实推测 III 成立, 所用试剂及现象是_____。

可选试剂: AgNO_3 溶液、 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。

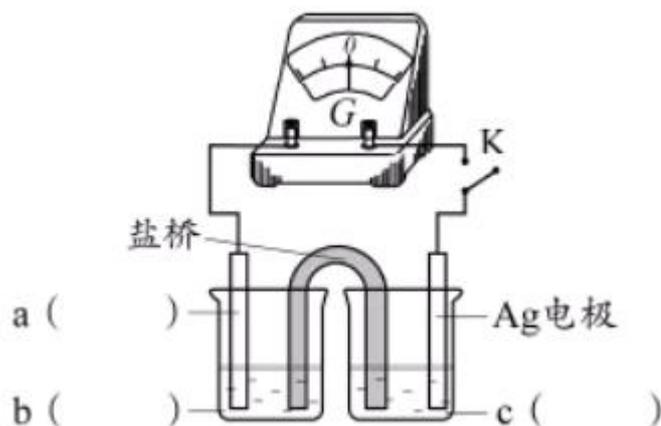
实验 II. 向少量 Ag 粉中加入 $0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液($\text{pH}=1$), 固体完全溶解。

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 Ag^+ , 至出现稳定的浅红色时消耗 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 Fe^{3+} 的作用是_____。

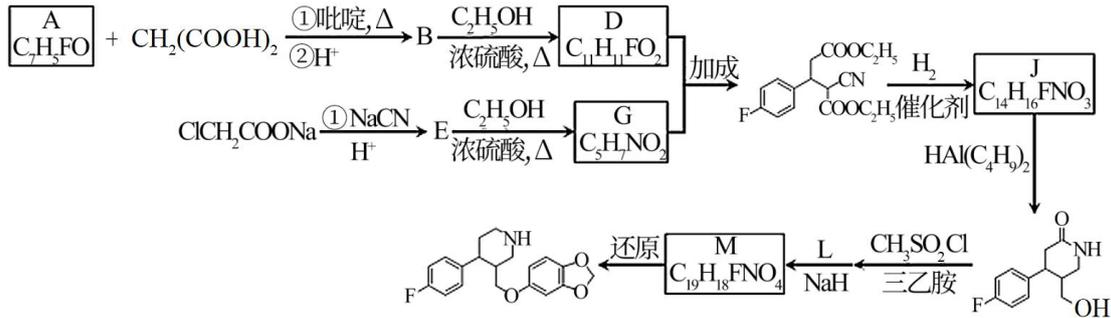
②测得平衡常数 $K=$ _____。

(3) 思考问题

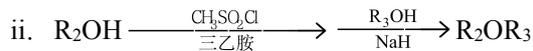
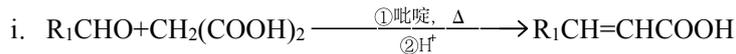
①取实验 I 的浊液测定 $c(\text{Ag}^+)$, 会使所测 K 值_____ (填“偏高”“偏低”或“不受影响”)。

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 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

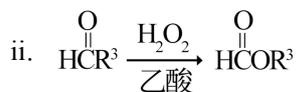
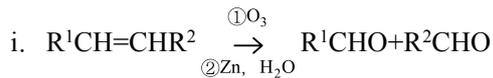
(3) E→G 的化学方程式是_____。

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

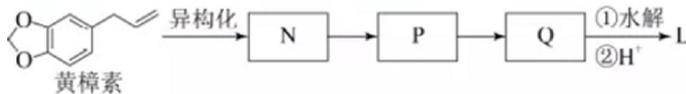
(5) L 的分子式为 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ 。L 的结构简式是_____。

(6) 从黄樟素经过其同分异构体 N 可制备 L。

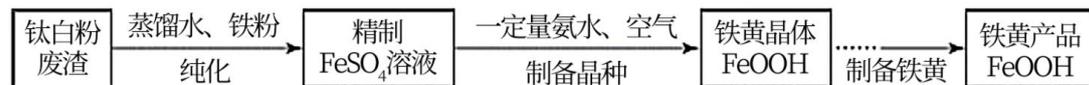
已知:



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 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 FeOOH , 开始沉淀时 $\text{pH}=1.5$, 完全沉淀时 $\text{pH}=2.8$

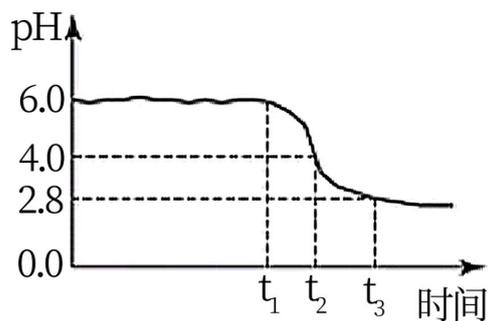
(1) 纯化

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 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 pH 为 6.0 时开始通空气并记录 pH 变化(如下图)。



①产生白色沉淀的离子方程式是_____。

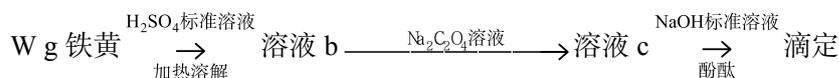
②产生白色沉淀后的 pH 低于资料 iii 中的 6.3。原因是: 沉淀生成后 $c(\text{Fe}^{2+})$ _____ $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (填“>”“=”或“<”)。

③ $0-t_1$ 时段, pH 几乎不变; t_1-t_2 时段, 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 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 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 MnO_2 。

①反应的离子方程式是_____。

②电极反应式:

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

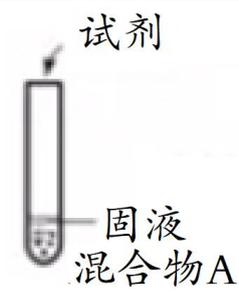
ii. 氧化反应: _____。

③根据电极反应式, 分析 A 中仍存在盐酸和 MnO_2 的原因。

i. 随 $c(\text{H}^+)$ 降低或 $c(\text{Mn}^{2+})$ 浓度升高, 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 H_2SO_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 MnO_2 氧化性的影响, 探究卤素离子的还原性。相同浓度的 KCl 、 KBr 和 KI 溶液, 能与 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 Mn^{2+} 氧化为 MnO_2 。经实验证实了推测, 该化合物是 _____。

(4) Ag 分别与 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸、氢溴酸和氢碘酸混合, 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 _____。

化学参考答案

第一部分共 14 题, 每题 3 分, 共 42 分.

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

第二部分共 5 题, 共 58 分.

15. (9 分)

(1) ① $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$

② 阴极反应: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$, K^+ 穿过阳离子膜进入阴极室形成 KOH

(2) ① KCl

② i. O_2

ii. 13

iii. KI 溶液和淀粉溶液，溶液变蓝/品红溶液，品红褪色/KI 溶液，溶液颜色变成棕黄色

16. (10 分)

(1) ①固体溶解，产生红棕色气体 ②酸性条件下， NO_3^- 有氧化性

③a: 石墨电极/Pt 电极

b: 酸性 FeSO_4 溶液/酸性 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液/酸性 FeSO_4 与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液

c: AgNO_3 溶液

组装好装置后，闭合 K，当灵敏电流计指针不动时，向左池加入较浓 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液，指针偏转，向右池加入较浓 AgNO_3 溶液，指针反向偏转

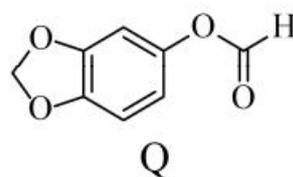
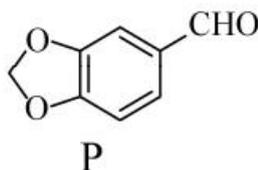
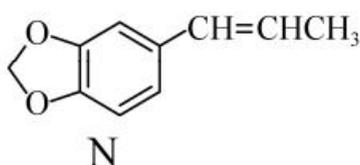
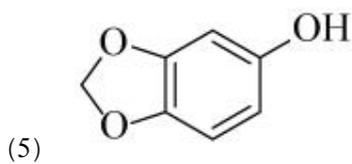
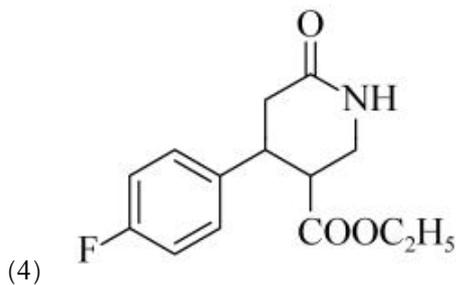
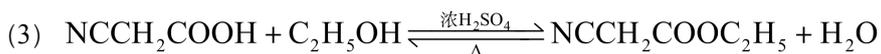
(2) ①指示剂

$$\textcircled{2} \frac{0.0100 - \frac{c_1 V_1}{V}}{\frac{c_1 V_1}{V} \times \left(0.0100 + \frac{c_1 V_1}{V} \right)}$$

(3) ①偏低 ②Ag 完全反应，无法确定反应是否达到平衡状态

17. (14 分)

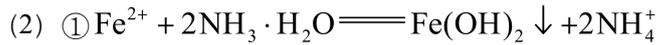
(1) 醛基、氟原子 (2) a、b、c



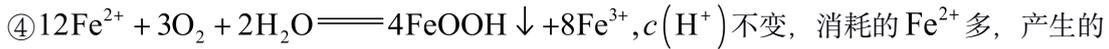
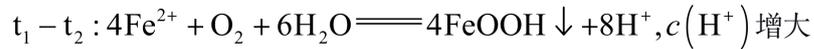
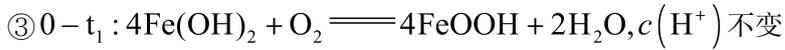
18. (12 分)

(1) ①消耗 H_2SO_4 ，促进 TiOSO_4 水解平衡正向移动，有利于 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 析出；防止 Fe^{2+} 被氧化

②过滤



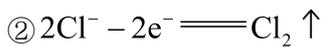
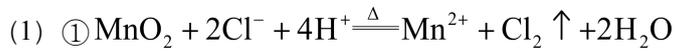
② >



Fe^{3+} 少

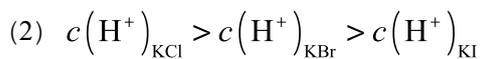
(3) 不受影响

19. (13 分)



③ Cl^- 还原性减弱

④ NaCl 固体 MnSO_4 固体



Cl、Br、I 为同主族元素，电子层数 $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl}$ ，离子半径 $\text{I} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$ ，失电子能力 $\text{I} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$ ，还原性 $\text{I} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$

(3) AgNO_3

(4) 溶解度 $\text{AgI} < \text{AgBr} < \text{AgCl}$ ，I、 Br^- 、 Cl^- 均可使氧化反应 $\text{Ag} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}^+$ 中的

$c(\text{Ag}^+)$ 降低，提高 Ag 的还原性，其中只有 I^- 能使 Ag 的还原性提高到能将 H^+ 还原

(5) 还原反应中，增大反应物浓度或降低生成物浓度，氧化剂的氧化性增强；氧化反应中，增大反应物浓度或降低生成物浓度，还原剂的还原性增强