

2019年北京市东城区高三期末化学考试逐题解析

本试卷共9页，共100分，考试时长100分钟，考生务必将答案写在答题卡上，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 S 32 Cu 64

第一部分（共42分）

本部分共14小题，每小题3分，共42分。在每小题列出的4个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 下列过程与氧化还原反应无关的是

			
A. 工业上原油的分馏	B. 生活中用“暖宝宝”取暖	C. 拉瓦锡测定空气中 O ₂ 含量	D. 普利斯特利光合作用实验

【答案】A

【解析】

A. 分馏是根据沸点不同的原理将液态混合物分离，是物理变化，故错误；

B. 铁生锈的过程中有化合价的变化，是氧化还原反应，故正确；

C. 汞与氧气的反应生成氧化汞，有化合价的变化，是氧化还原反应，故正确；

D. 利用光合作用的原理， $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{叶绿体}]{\text{光照}} \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + \text{O}_2$ ，有化合价的变化，是氧化还原反应，故正确。

2. 下列关于水处理的说法不正确的是

- A. 蒸馏法可淡化海水
- B. ClO_2 、 O_3 均可代替 Cl_2 作为自来水消毒剂
- C. Na_2S 做沉淀剂可处理含 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 的工业污水
- D. 明矾在水中可以水解生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体，起到杀菌消毒作用

【答案】D

【解析】

- A. 海水淡化的方法之一是蒸馏法，故正确；
- B. ClO_2 和 O_3 均具有氧化性，可杀菌消毒，故正确；
- C. S^{2-} 可与 Cu^{2+} 和 Hg^{2+} 分别形成 CuS 和 HgS 沉淀，从而除去废水中的 Cu^{2+} 和 Hg^{2+} ，故正确；
- D. 胶体具有吸附性，可吸附水中的杂质，无杀菌消毒的作用，故错误。

3. 根据元素周期律，下列关系正确的是

- A. 原子半径： $\text{Cl} > \text{P}$
- B. 碱性： $\text{NaOH} > \text{KOH}$
- C. 热稳定性： $\text{SiH}_4 > \text{CH}_4$
- D. 还原性： $\text{S}^{2-} > \text{F}^-$

【答案】D

【解析】

- A. P 和 Cl 为同周期元素，电子层数相同，随着原子序数的递增，原子半径依次减小，所以半径 $\text{P} > \text{Cl}$ ，故错误；
- B. Na 元素的金属性弱于 K 元素，所以碱性 $\text{NaOH} < \text{KOH}$ ，故错误；
- C. C 元素非金属性强于 Si 元素，所以热稳定性 $\text{SiH}_4 < \text{CH}_4$ ，故错误；

D. F 元素的非金属性强于 S 元素，所以氧化性 $F_2 > S$ ，故离子的还原性 $S^{2-} > F^-$ ，故正确。

4. 下列说法不正确的是

- A. 利用盐析可分离提纯蛋白质
- B. 用碘水检验淀粉是否发生水解
- C. 棉花的主要成分为纤维素，属于天然纤维
- D. 油脂的主要成分为高级脂肪酸甘油酯，可用于制取肥皂

【答案】B

【解析】

B. 可用碘水检验淀粉水解是否完全，不能检验是否水解，可通过检验产物的方法检验是否发生水解，故错误。

5. 下列化学用语表述正确的是

- A. 氯气通入水中： $Cl_2 + H_2O == 2H^+ + ClO^- + Cl^-$
- B. 电解饱和食盐水： $2Cl^- + 2H^+ \xrightarrow{\text{电解}} H_2 \uparrow + Cl_2 \uparrow$
- C. 向 $H_2^{18}O$ 中投入 Na_2O_2 固体： $2H_2^{18}O + 2Na_2O_2 == 4Na^+ + 4OH^- + ^{18}O_2 \uparrow$
- D. 向 $Ba(OH)_2$ 溶液中逐滴加入 $NaHSO_4$ 溶液使 Ba^{2+} 恰好沉淀完全：



【答案】D

【解析】

- A. 反应为可逆反应且 $HClO$ 不可拆，故错误；
- B. 电解饱和食盐水的离子方程式应为 $2Cl^- + 2H_2O \xrightarrow{\text{电解}} H_2 + Cl_2 + 2OH^-$ ， H_2O 不可拆，故错误；

C. Na_2O_2 既做氧化剂又做还原剂，产物中的 O_2 来源于 Na_2O_2 ，故错误。

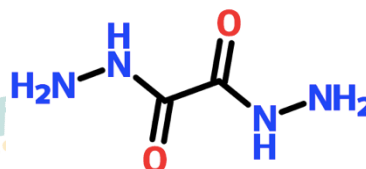
6. 2017 年中国科学家合成了一种高能量密度材料，该成果发表在《Nature》上，合成该材料所需主要原料为草酰二肼(结构如图)。下列有关草酰二肼的说法不正确的是

A. 具有碱性

B. 完全水解可得 3 种化合物

C. 含有的官能团也存在于蛋白质分子中

D. 与联二脲($\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$)互为同分异构体



【答案】B

【解析】

A. $-\text{NH}_2$ 显碱性，故正确；

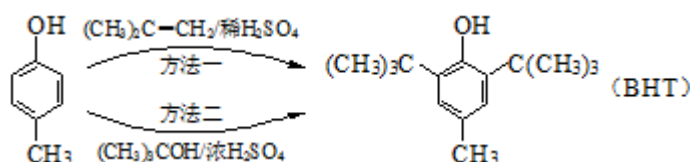
B. 完全水解得到 $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ 与 $\text{HOOC}-\text{COOH}$ 两种产物，故错误；

C. 蛋白质分子中含有氨基和肽键，与图中分子相同，故正确；

D. 两者分子式相同，结构不同，即互为同分异构体，故正确。

7. BHT 是一种常用的食品抗氧化剂。由对甲基苯酚 ($\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$)

合成 BHT 的常用方法有 2 种 (如图)。下列说法不正确的是



A. BHT 能使酸性 KMnO_4 溶液褪色

B. BHT 与对甲基苯酚互为同系物

C. BHT 中加入浓溴水易发生取代反应

D. 方法一的原子利用率高于方法二

【答案】C

【解析】


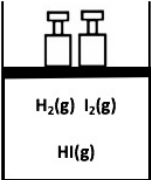
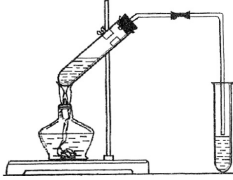

A. BHT 中存在羟基以及和苯环直接相连的甲基，所以可以使酸性高锰酸钾溶液褪色，故正确；

B. 官能团种类和个数相同，分子组成相差 8 个 CH_2 原子团，即互为同系物，故正确；

C. BHT 中，羟基邻对位没有氢原子，所以不能与浓溴水发生取代反应，故错误；

D. 方法一为加成反应，原子利用率为 100%，方法二为取代反应，原子利用率比一低，故正确。

8. 下列事实不能用平衡移动原理解释的是

			
<p>A. 开启啤酒瓶后，瓶中马上泛起大量泡沫</p>	<p>B. 由 $\text{H}_2(\text{g})$、$\text{I}_2(\text{g})$、$\text{HI}(\text{g})$ 组成的平衡体系加压后颜色变深</p>	<p>C. 实验室制取乙酸乙酯时，将乙酸乙酯不断蒸出</p>	<p>D. 石灰岩受地下水长期溶蚀形成溶洞</p>

【答案】B

【解析】

A. 啤酒中存在平衡： $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，开瓶后体系压强减小，


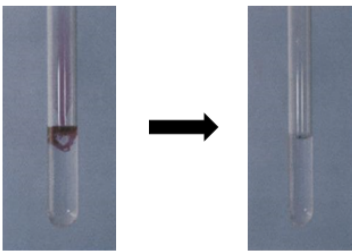

平衡正移，故能；

B. 体系中存在： $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ ，左右两边气体系数和相等，压强对反应平衡无影响，颜色变深是因为体系体积缩小，所以 I_2 浓度上升，故不能；

C. 试管中存在 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ ，将乙酸乙酯蒸出，使平衡正移，反应物转化率上升，故能；

D. 石灰岩主要成分为 CaCO_3 ，潮湿环境中存在 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ ，碳酸根和与地下水中的 CO_2 与 H_2O 反应，使得溶解平衡正移，形成微溶的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 而滴落，与平衡移动有关，故能。

9. 同学们用下图所示实验，探究 SO_2 及其水溶液的性质。

		
i. SO_2 溶于水	ii. 向 i 的水溶液中滴入品红溶液	iii 将 ii 的溶液加热

下列说法正确的是

- A. i 的溶液呈酸性，是由于 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$
- B. ii 中品红褪色，不足以证明具有漂白性的是 SO_2
- C. iii 中溶液恢复红色，一定是 H_2SO_3 分解造成的
- D. 上述实验涉及 SO_2 的溶解性和强氧化性

【答案】B

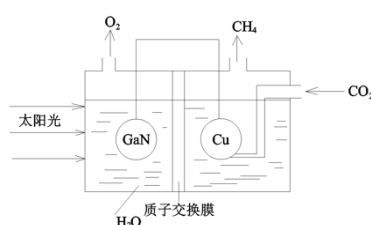
【解析】

- A. H_2SO_3 为弱酸，电离应分步进行，故错误；
- B. 溶液中除 SO_2 外还有 H_2SO_3 、 HSO_3^- 等微粒，故正确；
- C. iii 中溶液恢复红色应是因为 SO_2 与有色物质反应后的产物受热分解，故错误；
- D. 未涉及氧化性，且 SO_2 无“强”氧化性，故错误。

10. 氮化镓（GaN）与 Cu 可组成如图所示的人工光合系统，该装置能以 CO_2 和 H_2O 为原料合成 CH_4 。下列

说法正确的是

- A. Cu 电极上发生氧化反应
- B. 溶液中 H^+ 向 GaN 电极移动
- C. 该系统的功能是将化学能转化为电能
- D. 相同条件下，理论上产生的 O_2 和 CH_4 气体的体积比为 2:1

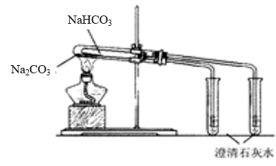
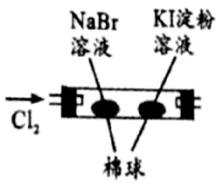
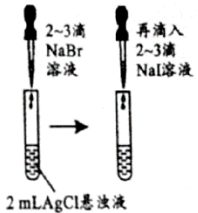
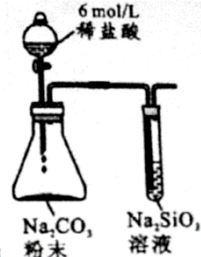


【答案】D

【解析】

- A. 装置为原电池，由左侧生成 O_2 可知 GaN 为负极，Cu 为正极，发生还原反应，故错误；
- B. 原电池中，阳离子在溶液中向正极移动，故错误；
- C. 由题意，该装置还涉及光能与化学能或电能的转化，故错误；
- D. 电池总反应为 $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ ，由得失电子守恒得生成 O_2 与物质的量比为 2:1，即相同条件下体积比为 2:1，故正确。

11. 由下列实验现象一定能得出相应结论的是

	A	B	C	D
装置				
现象	①中无明显现象 ②中产生浑浊	左侧棉球变黄，右侧棉球变蓝	试管中先出现淡黄色固体，后出现黄色固体	试管中液体变浑浊
结论	热稳定性： $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$	氧化性： $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$	溶解度： $\text{AgCl} > \text{AgBr} > \text{AgI}$	非金属性： $\text{C} > \text{Si}$

【答案】A

【解析】

A. Na_2CO_3 受热不分解， NaHCO_3 受热易分解产生 CO_2 气体。按照图中装置实验，能够看到①中无明显现象，②中产生浑浊，故正确；

B. Cl_2 的氧化性强于 Br_2 ，与 NaBr 溶液反应制得 Br_2 ，所以左边棉球变黄。生成的 Br_2 和通入的 Cl_2 一起接触到右边棉球，二者的氧化性均强于 I_2 ，碘遇淀粉变蓝，因此右边棉球变蓝，但是无法比较 Br_2 与 I_2 的氧化性强弱，故错误；

C. 向 2ml AgCl 悬浊液中滴加 2 滴 NaBr 溶液，生成更难溶的 AgBr ，

所以看到淡黄色固体生成；再滴加 2 滴 NaI 溶液，会继续与过量的 AgCl 悬浊液反应，生成黄色固体 AgI。因此无法比较 AgBr 与 AgI 的溶解度，故错误；

D. 盐酸与 Na_2CO_3 粉末反应，生成 CO_2 气体，强酸制弱酸，盐酸酸性强于碳酸；同时因为盐酸易挥发，产生的 HCl 气体与 CO_2 一起进入到 Na_2SiO_3 溶液中，试管中溶液变浑浊，因此无法证明碳酸与硅酸的酸性强弱，因此也无法比较 C 和 Si 的非金属性大小，故错误。

12. 室温下，依次进行如下实验：

- ①取一定量冰醋酸，配制成 100 mL 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液；
- ②取 20 mL ①中所配溶液，加入 20 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液；
- ③继续滴加 a mL 0.1 mol/L 盐酸，至溶液的 pH = 7。

下列说法不正确的是

- A. ①中，溶液的 pH > 1
- B. ②中，反应后的溶液： $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$
- C. ③中，a = 20
- D. ③中，反应后的溶液： $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{Cl}^-)$

【答案】C

【解析】

A. 因为 CH_3COOH 是弱电解质，不完全电离，0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中 H^+ 的浓度小于 0.1 mol/L，因此①中，溶液的 pH > 1，故正确；

B. ②中， CH_3COOH 与 NaOH 恰好反应，反应后的溶液成分是 CH_3COONa ，由于 CH_3COO^- 水解，使溶液显碱性，故正确；

C. ③中，若 $a = 20$ ，溶液为 CH_3COOH 和 NaCl 的混合溶液，显酸性，不符合题意溶液 $\text{pH} = 7$ ，故错误；

D. ③中，反应后的溶液根据电荷守恒可得 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$ ，又因为溶液显中性，即 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ，故正确。

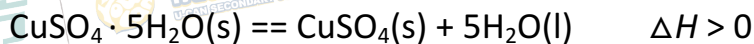
13. 向盛有等量水的甲、乙两容器中分别加入 $0.1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 和 $0.1 \text{ mol CuSO}_4(\text{s})$ ，测得甲中溶液温度降低，乙中溶液温度升高；恢复至室温，最终两容器中均有晶体剩余（不考虑溶剂挥发）。下列说法不正确的是

A. 两容器中剩余晶体均为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

B. 最终所得溶液中 $c(\text{CuSO}_4)$ ：甲=乙

C. 若再向乙中加入 9 g 水，充分振荡并恢复至室温后， $c(\text{CuSO}_4)$ 减小

D. 由该实验，用盖斯定律可推知：



【答案】C

【解析】

A. 由题可知，溶解后甲乙均有 CuSO_4 从溶液析出，由于从水溶液中析出，则析出的物质一定为晶体水合物，即 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 形式析出，故正确；

B. 因最终所得溶液为饱和溶液，故 $c(\text{CuSO}_4)$ 相同，即甲=乙，故正确；

C. 再向乙容器中加入 9g 水后，相当于从开始加入 0.1 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，与甲容器相同， $c(\text{CuSO}_4)$ 不变，故错误；

D. ①由甲容器温度降低，可知： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\Delta H_1 > 0$ ；②由乙容器温度升高，可知： $\text{CuSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, $\Delta H_2 < 0$ 。根据盖斯定律可知， $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 > 0$ ，故正确。

14. 相同温度下，分别在起始体积均为 1L 的两个密闭容器中发生反应： $\text{X}_2(\text{g}) + 3\text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{XY}_3(\text{g})$ $\Delta H = -a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。实验测得反应的有关数据如下表。

容器	反应条件	起始物质的量/mol			达到平衡所用时间/min	达到平衡过程中的能量变化
		X_2	Y_2	XY_3		
①	恒容	1	3	0	10	放热 0.1a kJ
②	恒压	1	3	0	t	放热 b kJ

下列叙述正确的是

- A. 对于上述反应，①、②中反应的平衡常数K的数值不同
- B. ①中：从开始至10 min内的平均反应速率 $v(\text{X}_2) = 0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- C. ②中： X_2 的平衡转化率小于10%
- D. $b > 0.1a$

【答案】D

【解析】

- A. 由题可知，反应为相同温度下的相同反应，而 K 值只与温度相关，因此温度相同， K 值相同，故错误；
- B. 化学反应过程中能量变化与各物质的物质的量等比例变化，①达到平衡时， $\Delta H = -0.1a \text{ kJ/mol}$ ，则反应的 $n(\text{X}_2) = 0.1 \text{ mol}$ ，代入公式 $v = \Delta c / \Delta t = 0.01 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ，故错误；
- C. ②中恒压，根据反应前后气体体积计量数大小可知，②比①平衡正向进行的程度更大，故②中 X_2 的转化率大于 10%，故错误；
- D. 起始加入量相同，②与①相比平衡正向进行程度更大，放出的热量更多，因此 $b > 0.1a$ ，故正确。

第二部分（共 58 分）

本部分共 5 小题，共 58 分。

15.（10 分） CO_2 的有效利用可以缓解温室效应和能源短缺问题。

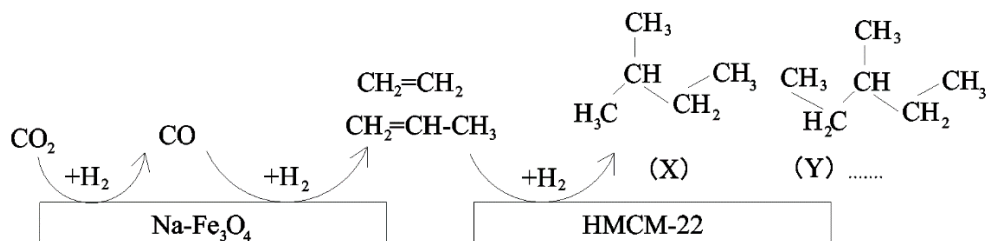
(1) CO_2 的分子结构决定了其性质和用途。

① CO_2 的电子式是_____，所含化学键类型为_____共价键（填“非极性”或“极性”）。

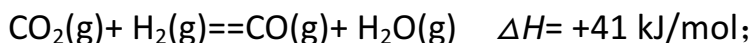
②在温度高于 $31.26 \text{ }^\circ\text{C}$ 、压强高于 $7.29 \times 10^6 \text{ Pa}$ 时， CO_2 处于超临界状态，称为超临界 CO_2 流体，它可用作萃取剂提取草药中的有效成分，与用有机溶剂萃取相比，用超临界 CO_2 萃取的优点有_____（答出一点即可）。

(2) 中科院大连化学物理研究所的科研人员在新型纳米催化剂

$\text{Na-Fe}_3\text{O}_4$ 和 HMCM-22 的表面将 CO_2 转化为烷烃，其过程如下图。



①上图中 CO_2 转化为 CO 的反应为:



已知: $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -128 \text{ kJ/mol}$ 。

则图中 CO 转化为 C_2H_4 的热化学方程式是_____。

②按系统命名法, 图中 X 的名称是_____。

③关于 X 与 Y 的说法正确的是_____ (填序号)。

a. 实验式相同

b. 都有 4 种一氯代物

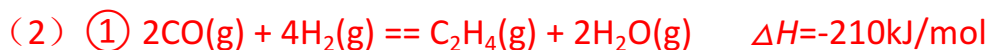
c. 都易使酸性 KMnO_4 溶液褪色

④催化剂中 Fe_3O_4 的制备方法如下: 将一定比例的 FeCl_3 和 FeCl_2 溶于盐酸, 然后在 60°C 下逐滴加入 NaOH 溶液至 $\text{pH} \approx 10$, 继续搅拌, 得 Fe_3O_4 。该反应的离子方程式是_____。

【答案】



②萃取后易分离; 提取的中草药成分纯度更高; 二氧化碳可循环使用, 更环保等。



②2-甲基丁烷

③b



【解析】

(1) ① 碳最外层 4 个电子，都是单电子，氧最外层 6 个电子，有 2 个单电子，碳氧形成两个共用电子对，故答案是： $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$ 。相同非金属原子之间形成非极性键，不同非金属原子之间形成极性键；故答案是：极性。

② 超临界二氧化碳提取中草药有效成分后，恢复常温常压是气体，可直接和中草药分离；提取的中草药成分纯度更高；分离出的二氧化碳可重复使用，更环保。

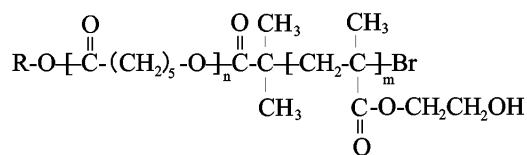
(2) ① 利用盖斯定律，用已知反应减去 CO_2 转化为 CO 的反应 $\times 2$ 即可；故答案为： $2\text{CO}(\text{g})+4\text{H}_2(\text{g})=\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})+2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H=-210\text{kJ}/\text{mol}$

② 由系统命名法，答案为：2-甲基丁烷

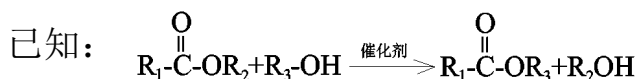
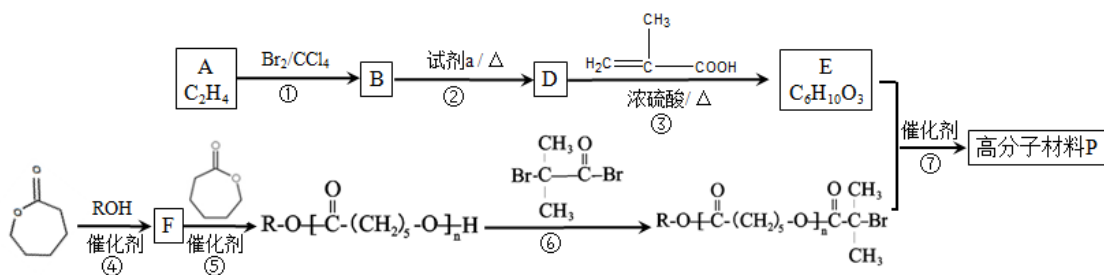
③ a. X 的最简式为： C_5H_{12} ，Y 的实验式为： C_3H_7 ，故实验式不相同，故错误； b. XY 都有 4 种等效氢，故正确； c. 烷烃不能是酸性高锰酸钾褪色，故错误。

④ Fe_3O_4 中 Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 的比例为 2:1，溶液环境为碱性，由电荷守恒和原子守恒可得答案为： $2\text{Fe}^{3+}+\text{Fe}^{2+}+8\text{OH}^-\rightleftharpoons\text{Fe}_3\text{O}_4+4\text{H}_2\text{O}$

16. (11 分) 可降解高分子材料 P 的结构为：



下图是 P 的合成路线。



(1) B 的结构简式是_____。

(2)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{COOH} \end{array}$$
 中的官能团是_____、_____。

(3) 试剂 a 是_____。

(4) ③的化学反应方程式是_____。

(5) ⑥的反应类型是_____。

(6) 当④中反应物以物质的量之比 1:1 发生反应时，反应⑤的化学反应方程式是_____。

【答案】

(1) $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$

(2) 碳碳双键、羧基

(3) 氢氧化钠水溶液

(4)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{COOH} \end{array} + \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$$

(5) 取代反应

(6)
$$\text{RO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_5-\text{OH} + (n-1) \text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{RO}-\left[\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_5-\text{O} \right]_n$$

【解析】

(1) 根据 A 的分子式 C_2H_4 ，可判断出为乙烯，故①属于加成反应，B 的结构简式是 CH_2BrCH_2Br 。

(2) 官能团由给出的结构简式判断为碳碳双键、羧基。

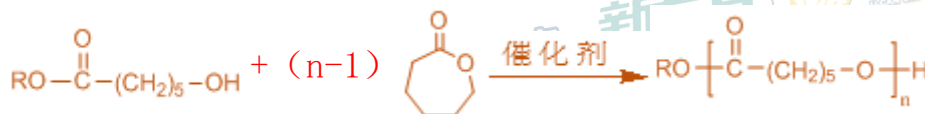
(3) $B \rightarrow D$ 为卤代烃的水解反应，故试剂 a 是氢氧化钠水溶液。

(4) ③反应为酯化反应，由 E 的分子式来判断脱去一个水分子，故



(5) 结合 $\text{R}-\text{O}-\left[\text{C}(\text{O})-\text{CH}_2-\text{O}\right]_n-\text{C}(\text{O})-\text{C}(\text{O})-\text{Br}$ 来判断⑥生成小分子 HBr，故为取代反应。

(6) 由已知信息可判断 F：再结合已知信息可判断反应⑤的化学方程式：



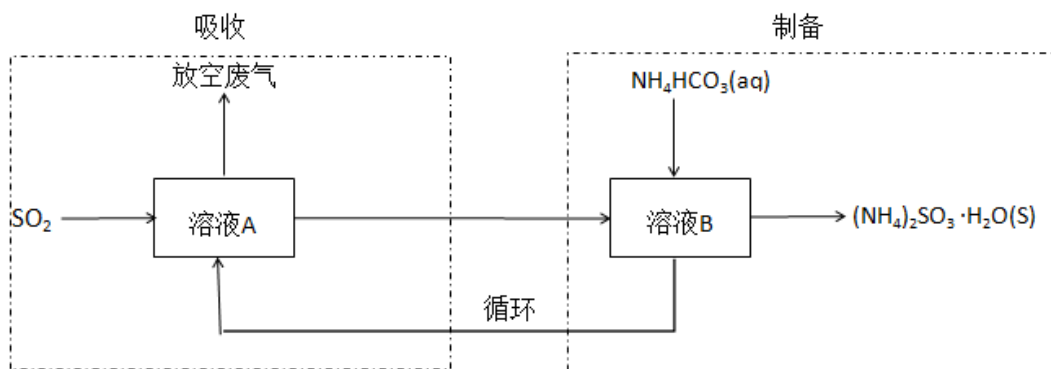
17. (12 分) 含 SO_2 废气的治理可以变废为宝，使硫资源得以利用。

(1) 按每年全国发电燃煤 8 亿吨，煤中含硫质量分数以 2% 计，若不经过脱硫处理，则会有_____亿吨 SO_2 排放到大气中（假设 S 全部转化为 SO_2 ）。

(2) 下列物质中，能吸收 SO_2 的有_____（填序号）。

- | | |
|--------|--------------------------------|
| a. 氨水 | b. 酸性 KMnO_4 溶液 |
| c. 生石灰 | d. Na_2CO_3 溶液 |

(3) 某工厂采用 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的混合溶液 A 吸收烟气中的 SO_2 并制备 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，过程如下：



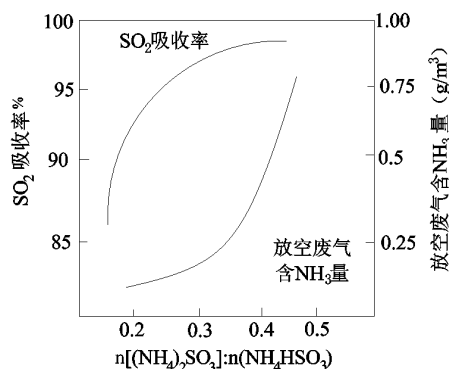
已知：

溶液 (1 mol/L)	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	NH_4HSO_3
pH (25°C)	8.0	4.6

① “吸收”过程中，溶液中 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的物质的量之比变_____（填“大”或“小”）。

② $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 溶液呈碱性的原因是_____。

③用不同的溶液 A 吸收 SO_2 时， SO_2 吸收率和放空废气含 NH_3 量的变化如下图。解释图中放空废气含 NH_3 量增大的原因：随 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的物质的量之比增大，_____。



注：不同溶液 A 的体积相同，所含 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 NH_4HSO_3 的总物质的量相同。

④“制备”过程中，溶液B中发生反应的化学方程式是_____。

(4) 检验产品 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 中含有少量 SO_4^{2-} 的方法如下：取少量产品加水溶解，_____（将实验操作和现象补充完整）。

【答案】

(1) 0.32

(2) abcd

(3) ①变小

② $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$ ， $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ ， NH_4^+ 水解程度小于 SO_3^{2-}

③溶液碱性增强， OH^- 与 NH_4^+ 反应生成 NH_3

④ $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NH}_4\text{HSO}_3 \rightleftharpoons (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

(4) 加入足量稀HCl，再加BaCl₂，若产生白色沉淀，则证明含 SO_4^{2-}

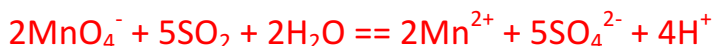
【解析】

(1) 煤中S元素质量 $m(\text{S}) = 8 \text{ 亿吨} \times 2\% = 0.16 \text{ 亿吨}$ ，则S元素物质的量 $n(\text{S}) = 0.16 \times 10^6 \text{ 亿 g} / 32 \text{ (g / mol)} = 5 \times 10^3 \text{ 亿 mol}$ ，根据S元素守恒， $n(\text{SO}_2) = n(\text{S})$ ， $m(\text{SO}_2) = 5 \times 10^3 \text{ 亿 mol} \times 64 \text{ g / mol} = 0.32 \text{ 亿吨}$ 。

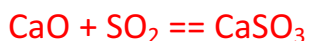
(2) a. 弱碱 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 吸收酸性氧化物 SO_2 ：



b. 强氧化剂 KMnO_4 与强还原剂 SO_2 发生氧化还原反应：



c. 碱性氧化物CaO和酸性氧化物 SO_2 反应：



d. 碳酸钠水解显碱性，酸性 $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$ ， Na_2CO_3 与 SO_2 发生反应： $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$

(3) ①在吸收 SO_2 过程中发生反应 $\text{SO}_3^{2-} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HSO}_3^-$ ，

$c(\text{HSO}_3^-)$ 增大， $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3/\text{NH}_4\text{HSO}_3$ 的比值减小。

② NH_4^+ 水解： $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ ， SO_3^{2-} 水解： $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$ ，水解程度： $\text{SO}_3^{2-} > \text{NH}_4^+$ ，所以溶液显碱性。

③溶液中 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 量增多，则碱性增强， OH^- 与 NH_4^+ 反应生成 NH_3 增多。

④溶液 B 的主要成分是 NH_4HSO_3 ，产品是 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，说明 HSO_3^- 的电离平衡正移，生成 SO_3^{2-} 。 NH_4HCO_3 中的 HCO_3^- 和 HSO_3^- 电离出的 H^+ 反应。

(4) 产品中含 SO_3^{2-} 和 SO_4^{2-} ，检验 SO_4^{2-} 之前必须先除 SO_3^{2-} ，同时不能引入具有氧化性的 NO_3^- ，因为先加过量稀 HCl ，除尽 SO_3^{2-} ，再加 BaCl_2 检验 SO_4^{2-} 。

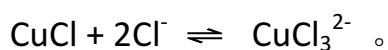
18. (12 分) 近年来，我国印刷电路板(PCB)制造业发展迅速，总产值居世界第一，工业上常用 CuCl_2 和盐酸的混合液作为蚀刻液，蚀刻 PCB 表面的铜箔。

已知：①一定条件下， Cu 与 Cu^{2+} 反应可生成 +1 价铜。

②氯化亚铜(CuCl)难溶于水，可与 Cl^- 形成 CuCl_3^{2-} 进入溶液。

I. 蚀刻过程中将 Cu 转化为 CuCl_3^{2-} 去除。

(1) 蚀刻过程的离子方程式有 _____，

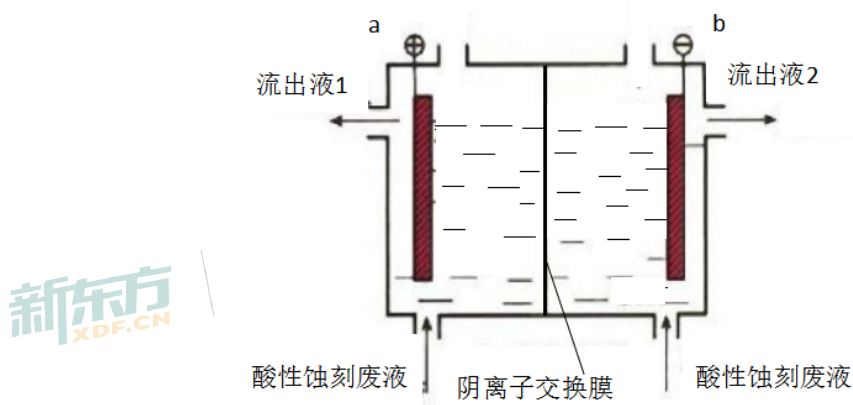


(2) 蚀刻液中的盐酸可大大提高蚀刻效率，结合上述反应解释原因：_____。

II. 蚀刻一段时间后，将蚀刻废液中的 CuCl_3^{2-} 转化为 Cu^{2+} ，即可再生循环利用，常用方法如下：

(1) 化学再生：加入 H_2O_2 可使蚀刻液再生，该反应的离子方程式_____。

(2) 电解再生（电极不参与反应）：按下图装置，使蚀刻液再生并回收金属 Cu。



①在_____极（填“a”或“b”）回收得到金属 Cu。

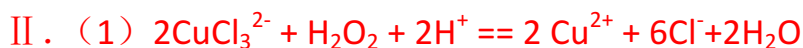
②结合电极反应解释阳极区蚀刻液再生的原理：_____。

③实际电解过程中，通常在两极上均产生少量气体，则流出液 1、流出液 2 混合后，还需补充试剂_____，得到可循环使用的再生液。

④研究表明：其他条件不变，使用无膜电解槽再生时，一段时间后，电极上析出 Cu 的总量反而会随电解时间的增长而减少，解释 Cu 的总量减少的原因：_____。

【答案】

(2) $\text{CuCl} + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CuCl}_3^{2-}$ ，加入盐酸可以增加 $c(\text{Cl}^-)$ ，使平衡正移， CuCl 溶解，形成 CuCl_3^{2-} ，防止 CuCl 覆盖在 Cu 表面，从而增加反应速率。



(2) ①b

②阳极： $\text{CuCl}_3^{2-} - \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 3\text{Cl}^-$ 产生 Cu^{2+} ，同时 Cl^- 通过阴离子交换膜进入阳极室与 Cu^{2+} 及未反应的 H^+ 结合生成 CuCl_2 和 HCl

③ HCl

④阳极产生的 Cu^{2+} 与阴极产生的 Cu 反应又生成 CuCl ，使 Cu 的总量减少。

【解析】I. (1) 由题意可知， Cu^{2+} 与 Cu 发生归中反应生成 CuCl 沉淀

(2) 由于 CuCl 是难溶物，会覆盖在 Cu 表面抑制反应，故加入 HCl 提高 $c(\text{Cl}^-)$ 让其溶解可提高蚀刻效率

(2) ① CuCl_3^{2-} 发生还原反应得到 Cu ，故在阴极区

② 阳极区 CuCl_3^{2-} 发生氧化反应产生 Cu^{2+} ，同时 Cl^- 通过阴离子交换膜进入阳极室分别与 Cu^{2+} 与未反应的 H^+ 结合产生 CuCl_2 和 HCl

③ 阳极发生副反应： $2\text{Cl}^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2$

阴极发生副反应： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$ ，故需要补充 HCl

④ 若无阴离子交换膜， Cu^{2+} 会定向移动到阴极区，与 Cu 反应生成

CuCl ， Cu 的总量减少。

19. (13 分) 探究 0.5 mol/L FeCl_3 溶液 ($\text{pH}=1$) 与不同金属反应时的多样性的原因。

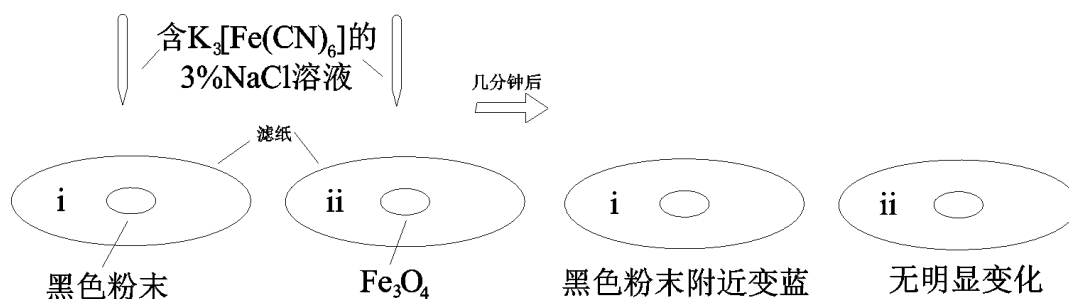
(各组实验中：所用 FeCl_3 溶液体积相同；金属过量；静置、不振荡)

实验	金属	现象及产物检验
I	镁条	立即产生大量气体；金属表面变黑，该黑色固体能被磁铁吸引；液体颜色由棕黄色逐渐变为红褐色；片刻后气泡减少；金属表面覆盖有红褐色沉淀，此时取反应后的液体，滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，生成蓝色沉淀。
II	铜粉	无气体产生；溶液逐渐变为蓝绿色；取反应后的溶液，滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，生成蓝色沉淀。

(1) 根据实验 I 的现象，推测红褐色液体为胶体，并用光束照射该液体，在与光束垂直的方向观察到_____得以证实。

(2) 已知： Fe 和 Fe_3O_4 均能被磁铁吸引。

①为了确定黑色固体的成分是否含有 Fe 与 Fe_3O_4 ，重复实验 I，及时取少量镁条表面生成的黑色粉末，洗净后进行实验如下：



该实验说明黑色固体中一定含有_____，结合现象写出判断的

理由：_____。

②除上述结论外，分析实验 I 的现象，可知被还原的到的产物一定还有_____。

(3) 实验 I、II 现象的差异，与 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 H^+ 、 Cu^{2+} 的氧化性强弱有关，其顺序是 $\text{Mg}^{2+} < \text{Fe}^{2+} < \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 继续探究 0.5 mol/L FeCl_3 溶液 (pH=1) 与 Fe 的反应

实验	金属	现象及产物检验
III	铁粉	持续产生少量气体；一段时间后，溶液颜色变浅，底部有红褐色沉淀，经检验，溶液 pH=4，含有 Fe^{2+} ，无 Fe^{3+} 。
IV	铁丝	无明显的气泡产生；一段时间后，溶液变为浅绿色，经检验，溶液 pH=2，含有 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} ； Fe^{3+} 被还原的量多于实验 III。

①实验 III 中发生反应的离子方程式有_____。

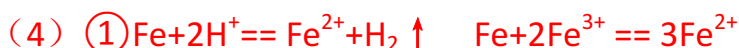
②已知：相同条件下， H^+ 在溶液中的移动速率远大于 Fe^{3+} 。结合实验 I、II，由反应中金属表面离子浓度的变化，推测实验 III、IV 现象差异的原因：_____。

【答案】

(1) 光亮通路

(2) ① Fe 将 Fe_3O_4 加入到 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的 3%NaCl 溶液中，无明显变化，而黑色粉末附近变蓝，说明 Fe 发生吸氧腐蚀生成 Fe^{2+} ，说明黑色粉末中含有 Fe。

② H_2



②由 I、II 可知 H^+ 移动速度大于 Fe^{3+} ，金属表面离子浓度高，反应速度快。对比实验 III、IV 中，实验 III 中为铁粉，表面积大，表面 $c(\text{H}^+)$ 高于 $c(\text{Fe}^{3+})$ ，迅速产生 H_2 ，导致溶液中 $c(\text{H}^+)$ 下降，pH 上升，产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 红褐色沉淀；而 IV 中，接触面积小， $c(\text{H}^+)$ 下降慢， Fe^{3+} 移动过来，由于氧化性 $\text{Fe}^{3+} > \text{H}^+$ ，所以 Fe 与 Fe^{3+} 反应，使得 Fe^{3+} 被还原的量多于 III 中，pH 变化小。

【解析】

(1) 题中提到胶体字眼，又用光束来照射，明显考察胶体的丁达尔效应，所以在光束垂直的方向看到光亮通路。

(2) ①对照组实验分别取 Fe 和 Fe_3O_4 ，发现 Fe 能与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的 3%NaCl 溶液反应变蓝，而 Fe_3O_4 无明显现象，则原混合物中含有 Fe。

②从实验现象看到大量气泡也就是 H_2 的产生，根据氧化还原原理，可以知道 H_2 也是还原产物。

(3) II 中溶液出现蓝绿色，经 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 检验有 Fe^{2+} 存在，所以 Fe^{3+} 被还原，又有 Cu^{2+} 生成，结合活动性顺序表 H^+ 不可能与 Cu 反应生成 Cu^{2+} ，所以 Fe^{3+} 氧化性大于 Cu^{2+} ，之后不难得出 $\text{Fe}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Cu}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$ 。

(4) ①气体是 H_2 ，所以有 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ == \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ ；溶液颜色变化是因为： $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} == 3\text{Fe}^{2+}$ ；红褐色沉淀是指 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，结合 pH=4，则有 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} == \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}^+$ 。

②由 I、II 可知 H^+ 移动速度大于 Fe^{3+} ，金属表面离子浓度高，反应速度快。对比实验 III、IV 中，实验 III 中为铁粉，表面积大，表面 $c(H^+)$ 高于 $c(Fe^{3+})$ ，迅速产生 H_2 ，导致溶液中 $c(H^+)$ 下降，pH 上升，产生 $Fe(OH)_3$ 红褐色沉淀；而 IV 中，接触面积小， $c(H^+)$ 下降慢， Fe^{3+} 移动过来，由于氧化性 $Fe^{3+} > H^+$ ，所以 Fe 与 Fe^{3+} 反应，使得 Fe^{3+} 被还原的量多于 III 中，pH 变化小。

