

北京市东城区 2022-2023 学年度第一学期高三综合练习（一）

# 化 学

2023.3

本试卷共 10 页，共 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 Na 23 S 32 Cl 35.5 Ca 40 Cu 64

## 第一部分

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

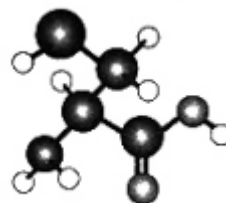
1. 生活中的一些现象常常涉及化学知识。下列分析中不正确的是（ ）

- A. 咀嚼米饭时，越嚼越甜，因为淀粉水解生成了麦芽糖
- B. 向食盐浓溶液中加入鸡蛋清溶液，有白色沉淀析出，因为食盐能使蛋白质变性
- C. 铁锅用水清洗后，出现铁锈，因为潮湿环境中铁锅会发生电化学腐蚀
- D. 打开汽水瓶盖，有大量气泡冒出，因为减小压强后二氧化碳的溶解度减小

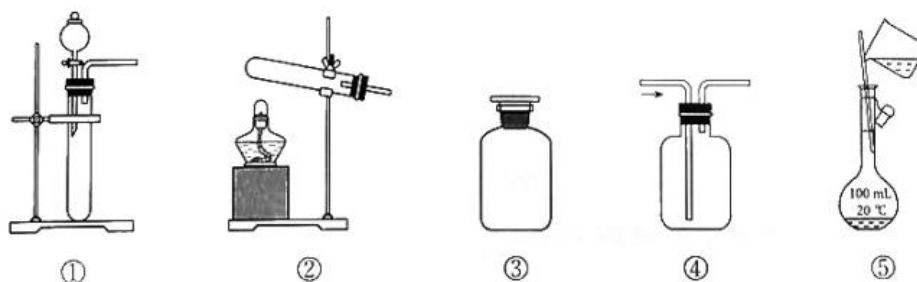
2. 硒代半胱氨酸（含 C、H、N、O、 $^{34}\text{Se}$  5 种元素）是一种氨基酸，其分子空间结构如图。

下列说法不正确的是（ ）

- A. Se 位于元素周期表中第四周期第 VIA 族
- B. 图中最大的球代表 Se
- C. 硒代半胱氨酸分子中含一个手性碳原子
- D. 硒代半胱氨酸难溶于水，易溶于苯



3. 下列实验中，所选装置（可添加试剂，可重复使用）不合理的是（ ）



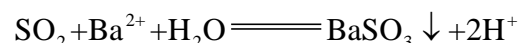
- A. 盛放 NaOH 溶液，选用③
- B. 用  $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  固体制备氨，选用②
- C. 配制 100 mL  $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 溶液，选用⑤
- D. 用大理石和盐酸制取  $\text{CO}_2$  并比较碳酸和苯酚的酸性强弱，选用①④

4. 下列指定微粒或化学键的个数比为 1:2 的是（ ）

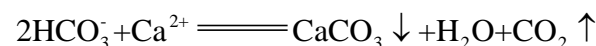
- A.  $^{12}_6\text{C}$  原子中的质子和中子
- B.  $\text{Na}_2\text{O}_2$  固体中的阴离子和阳离子
- C.  $\text{SiO}_2$  晶体中的硅原子和共价键
- D.  $\text{FeCl}_2$  溶液中的  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Cl}^-$

5. 解释下列事实的方程式不正确的是 ( )

A. 将二氧化硫通入硝酸钡溶液中, 产生白色沉淀:



B. 将碳酸氢钠溶液与氯化钙溶液混合, 产生白色沉淀:

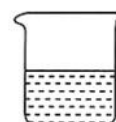
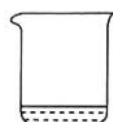


C. 将氯化铜溶液加热, 溶液由蓝色变为绿色:



D. 用氢氧化钠溶液吸收氯气:  $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

6. 关于下列 4 种物质的说法正确的是 ( )



① 64 g Cu      ② 32 g S      ③ 18 g H<sub>2</sub>O      ④ 46 g C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

A. ①的晶体为共价晶体

B. ①与②完全反应时, 转移 2 mol 电子

C. 室温时, ②在水中的溶解度小于其在乙醇中的溶解度

D. ③和④体积不同的主要原因是分子数不同

7. 3-O 咖啡酰奎尼酸是金银花抗菌、抗病毒的有效成分之一, 其分子结构如图。

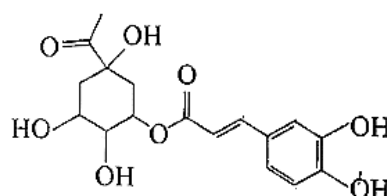
下列关于 3-O- 咖啡酰奎尼酸的说法不正确的是 ( )

A. 存在顺反异构现象

B. 至少有 7 个碳原子在同一个平面内

C. 能发生取代反应和消去反应

D. 1 mol 3-O- 咖啡酰奎尼酸能与 7 mol NaOH 恰好完全反应



8. 依据下列实验现象推测, 其反应原理不涉及氧化还原反应的是 ( )

A. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液和 NH<sub>4</sub>Cl 溶液混合, 产生刺激性气味

B. 把钠放入 CuSO<sub>4</sub> 溶液中, 有蓝色沉淀生成

C. 向酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液中加入 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 溶液紫色褪去

D. 氯水在光照条件下放置一段时间后, 溶液的 pH 降低

9. 某温度下,  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  的平衡常数  $K=4$ 。该温度下, 在甲、乙、丙、丁 4 个相同的恒容密闭容器中进行该反应, 起始浓度如表所示。

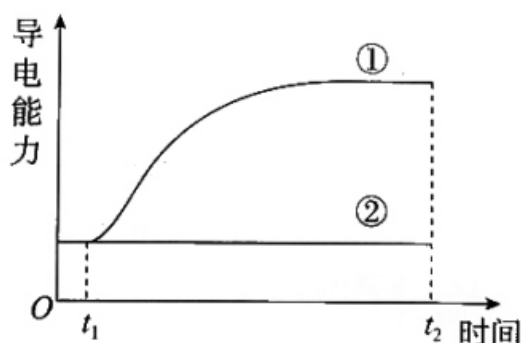
	甲	乙	丙	丁
$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.01	0.02	0.01	0.02

$c(I_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.01	0.01	0.01	0.01
$c(HI)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0	0	0.02	0.02

下列判断不正确的是 ( )

- A. 化学反应速率: 乙>甲      B. 平衡时, 甲中  $I_2$  的转化率为 50%
- C. 平衡时, 丙中  $c(I_2)=0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$       D. 平衡时, 乙和丁中  $\frac{c(H_2)}{c(I_2)}$  相等

10. 室温下,  $t_1$  时刻向两个盛有 50mL 蒸馏水的烧杯中分别加入① 1 g  $\text{CaCO}_3$ 、② 1 g 蔗糖, 搅拌, 最终分别得到悬浊液和澄清溶液, 溶解过程中分散系的导电能力变化如图。



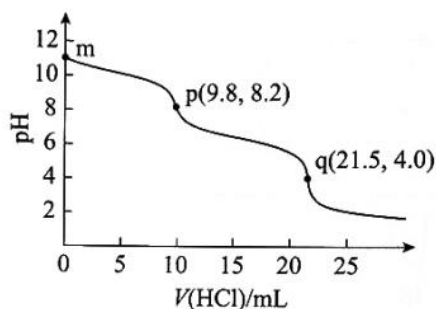
下列分析不正确的是 ( )

- A. 该实验可证明蔗糖不是电解质      B. 该实验可证明碳酸钙是强电解质
- C. 当①中导电能力不变时,  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$  达到平衡
- D.  $t_2$  时刻, ①中再加 1 g  $\text{CaCO}_3$ , 导电能力不变

11. 对下列事实的解释不正确的是 ( )

选项	事实	解释
A	稳定性: $\text{HF} > \text{HI}$	$\text{HF}$ 分子间存在氢键, $\text{HI}$ 分子间不存在氢键
B	键角: $\text{NH}_4^+ > \text{H}_2\text{O}$	中心原子均采取 $\text{sp}^3$ 杂化, 孤电子对有较大的斥力
C	熔点: 石英 > 干冰	石英是共价晶体, 干冰是分子晶体; 共价键比分子间作用力强
D	酸性: $\text{CF}_3\text{COOH} > \text{CCl}_3\text{COOH}$	F 的电负性大于 Cl, F-C 的极性大于 Cl-C, 使 $\text{F}_3\text{C}-$ 的极性大于 $\text{Cl}_3\text{C}-$ 的极性

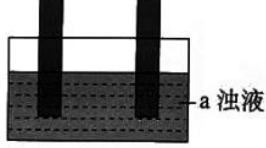
12. 室温下, 向 10.0mL 纯碱 (可能含有  $\text{NaHCO}_3$ ) 的稀溶液中逐滴加入  $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸, 滴定曲线如图, 其中 p、q 为滴定终点。



下列分析不正确的是 ( )

- A. m 处溶液  $\text{pH} > 7$ , 原因是  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{OH}^-$
- B. 由滴定数据可推知, 原纯碱中不含  $\text{NaHCO}_3$
- C. p 和 q 处的溶液中, 均存在  $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$
- D. 原纯碱稀溶液中  $c(\text{Na}^+) = 0.215 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

13. 用石墨作电极电解 a 浊液, 记录如下。

实验装置	实验现象	
	I. a 为 $\text{AgCl}$	II. a 为 $\text{AgI}$
	两电极均产生气泡, 有黑色固体在阴极附近生成, 并沉降在烧杯底部, 烧杯中的液体逐渐变澄清透明	两电极均产生气泡, 阴极表面附着少量银白色固体, 烧杯中的液体逐渐变为棕黄色

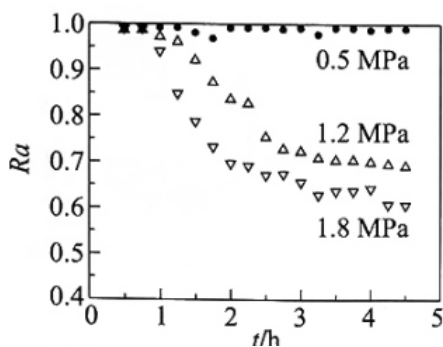
下列说法不正确的是 ( )

- A. I 中阳极气体可能为  $\text{Cl}_2$  和  $\text{O}_2$ , II 中阳极气体为  $\text{O}_2$
- B. I 和 II 中阴极生成气体的方程式均为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- C. II 中液体变为棕黄色, 说明阳极上发生了反应  $2\text{AgI} - 2\text{e}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{Ag}^+$
- D. 两实验阴极现象有差异的原因可能是 II 中  $c(\text{Ag}^+)$  比 I 中的小

14.  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  催化重整的反应为①  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$  其中, 积炭是导致催化剂失活的主要原因。产生积炭的反应有:

- ②  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +74.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ③  $2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3 = -172.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

科研人员研究压强对催化剂活性的影响: 在 1073 K 时, 将恒定组成的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  混合气体, 以恒定流速通过反应器, 测得数据如下。



注:  $R_a$  是以  $\text{CH}_4$  的转化率表示的催化剂活性保留分率, 即反应进行到某一时刻的催化剂活性与反应初始催化剂活性之比。

下列分析不正确的是 ( )

- A.  $\Delta H_1 = +247.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 压强越大, Ra 降低越快, 其主要原因是反应①平衡逆向移动
- C. 保持其他条件不变, 适当增大投料时  $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CH}_4)}$ , 可减缓 Ra 的衰减
- D. 研究表明“通入适量  $\text{O}_2$  有利于重整反应”, 因为  $\text{O}_2$  能与 C 反应并放出热量

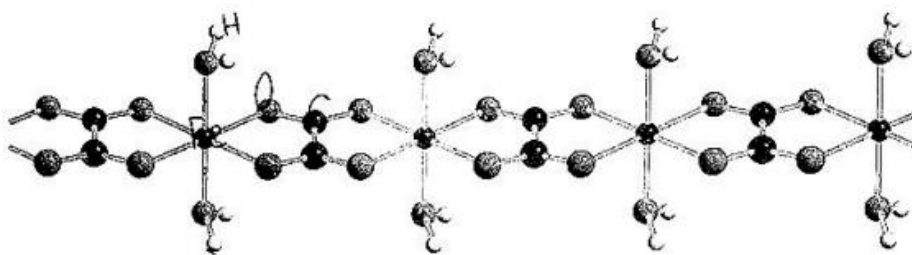
## 第二部分

本部分共 5 题, 共 58 分。

15. (11 分)

$\text{LiFePO}_4$  常用作车载动力电池的正极材料。以碳酸锂、草酸亚铁, 磷酸二氢铵为主要原料经高温煅烧可制备  $\text{LiFePO}_4$ 。

(1) 草酸亚铁晶体由 C、H、O、Fe 4 种元素组成, 其结构片段如图所示。



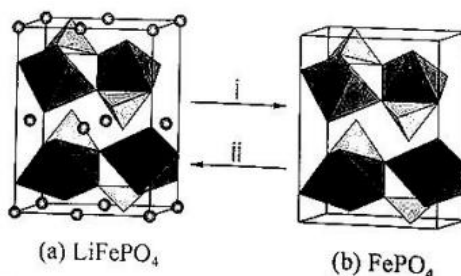
- ①基态  $_{26}\text{Fe}^{2+}$  的价层电子排布式为\_\_\_\_\_。
- ②草酸亚铁晶体中  $\text{Fe}^{2+}$  的配位数为\_\_\_\_\_。
- ③草酸亚铁晶体的化学式为\_\_\_\_\_。

(2) 将原料与适量乙醇充分混合后, 在氮气保护气氛中高温煅烧, 得到  $\text{LiFePO}_4$ 。

- ①从结构的角分析, 氮气能用作保护气的原因是\_\_\_\_\_。
- ②反应体系在  $100\sim 400^\circ\text{C}$  之间具有较大的失重, 导致失重的原因之一是  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  分解, 补全方程式。



(3)  $\text{LiFePO}_4$  晶体中,  $\text{FeO}_6$  八面体和  $\text{PO}_4$  四面体组成空间链状结构,  $\text{Li}^+$  填充在链之间的孔道内, 晶胞如图 a 所示。充放电时,  $\text{LiFePO}_4$  中的  $\text{Li}^+$  会不断脱嵌或嵌入, 晶体结构变化示意图如下。



- ①i 表示\_\_\_\_\_ (填“充电”或“放电”) 过程。

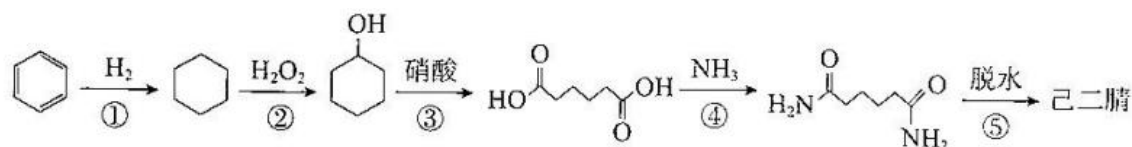
②已知： $\text{Li}^+$ 的脱嵌率= $\frac{\text{脱嵌出的 Li}^+\text{数}}{\text{LiFePO}_4\text{中 Li}^+\text{的总数}} \times 100\%$

某时刻，若正极材料中  $n(\text{Fe}^{2+}):n(\text{Fe}^{3+})=3:1$ ，则  $\text{Li}^+$  的脱嵌率为\_\_\_\_\_，平均每个晶胞脱嵌\_\_\_\_\_个  $\text{Li}^+$ 。

16. (10分)

己二腈 $[\text{NC}(\text{CH}_2)\text{CN}]$ 是合成尼龙-66的中间体。其制备方法如下。

I. 己二酸氨化法



(1) 下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

a. 己二腈的分子中含有碳氮三键 b. 反应②和④中均有  $\text{H}_2\text{O}$  生成 c. 该方法原子利用率低

(2) 若反应③中硝酸的还原产物为  $\text{NO}_2$ ，理论上生产 1 mol 己二酸产生  $\text{NO}_2$  的物质的量是\_\_\_\_\_ mol。

II. 丙烯腈  $\text{CH}_2=\text{CHCN}$  电解二聚法 (两极均为惰性电极)

电解原理如图 a，总反应为  $4\text{CH}_2=\text{CHCN}+2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NC}(\text{CH}_2)_4\text{CN}+\text{O}_2\uparrow$ ，主要副产物为丙腈 ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$ )。

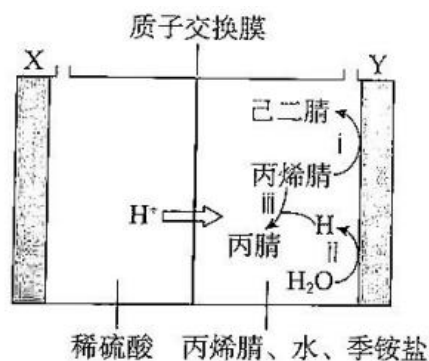


图 a

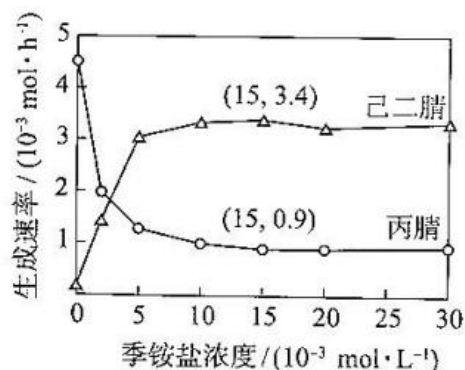


图 b

(3) 电极 X 为\_\_\_\_\_ (填“阴”或“阳”)极。

(4) Y 极区溶液呈酸性会加快丙腈的生成，导致己二腈的产率降低。结合图分析原因是\_\_\_\_\_。

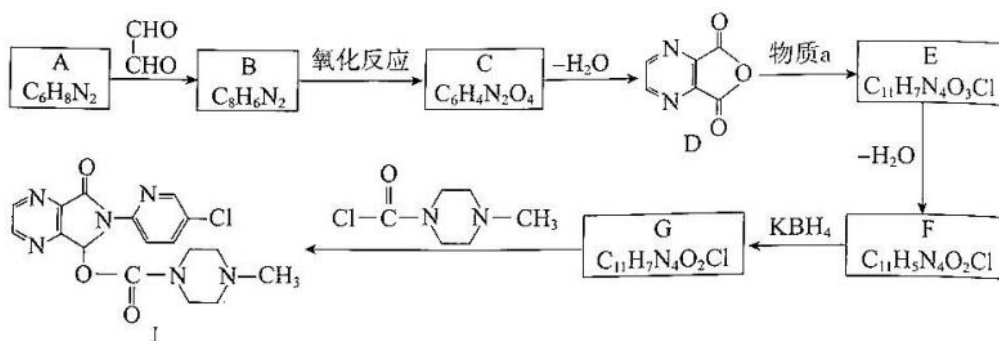
(5) 写出 i 的电极反应式：\_\_\_\_\_。

(6) 己二腈、丙腈的生成速率与季铵盐浓度的关系如图 b。当季铵盐的浓度为  $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时，每小时通过质子交换膜的  $\text{H}^+$  的物质的量最少为\_\_\_\_\_ mol。

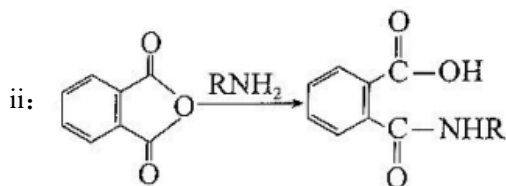
17. (12分)

有机物 A ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$ ) 用于合成药物、塑料等物质。

1. 由 A 合成佐匹克隆 (J) 的路线如下。



已知: i:  $\text{RNH}_2 \xrightarrow{\text{R}'\text{CHO}} \text{RN}=\text{CHR}'$



(1) A 属于芳香族化合物, 核磁共振氢谱有 3 组峰, 峰面积比为 2:1:1。A→B 的化学方程式为\_\_\_\_\_。

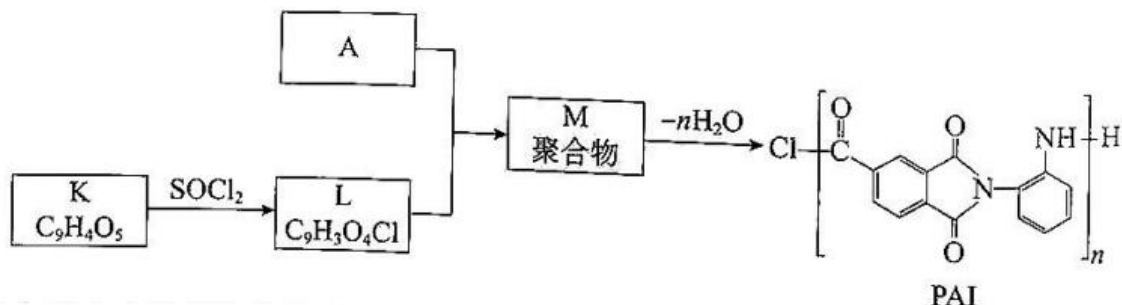
(2)  $\text{OHC}-\text{CHO}$  中官能团的检验方法: 向\_\_\_\_\_ (填试剂) 中加入待测液, 加热, 产生红色沉淀。

(3) C 中含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

(4) 物质 a 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(5) G→J 的反应类型为\_\_\_\_\_。

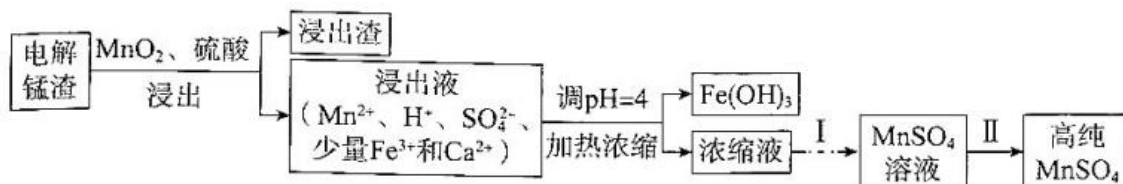
II. 以 A 为原料合成 PAI 塑料的路线如下。



(6) 参照 I 中流程的信息分析, K、M 的结构简式分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

18. (1 分)

电解锰渣的主要成分是  $\text{MnS}$ 。一种由电解锰渣制取高纯  $\text{MnSO}_4$  的流程如下。

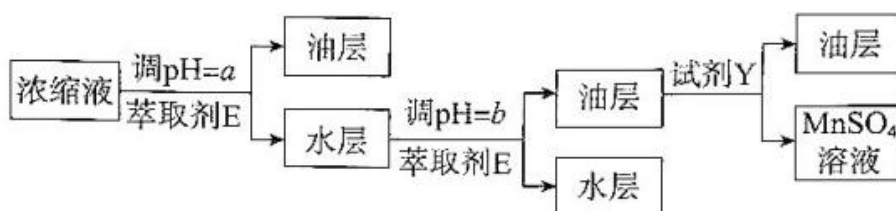


(1)  $\text{MnS}$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  发生复分解反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 浸出过程中, 加入  $\text{MnO}_2$  可减少有毒气体的生成, 同时产生更多  $\text{MnSO}_4$ 。利用的  $\text{MnO}_2$  的化学性质是\_\_\_\_\_。

(3) 结合离子方程式解释从浸出液中除去  $\text{Fe}^{3+}$  的操作的原理: \_\_\_\_\_。

(4) 过程 I 除去  $\text{Ca}^{2+}$  并富集  $\text{Mn}^{2+}$  的流程如下。



已知：

a. 萃取剂 E 是溶解了 P204 (记为 HA) 的磺化煤油 (一种有机溶剂)；

b. HA 为一元弱酸，难溶于水，结构为  $\text{RO}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OR}}{\text{P}}}-\text{OH}$   $\left[ \text{OR} = -\text{CH}_2\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3 \right]$ ；

c. 萃取时发生反应  $\text{M}^{2+} + 2\text{HA} \rightleftharpoons \text{MA}_2 + 2\text{H}^+$  ( $\text{M}^{2+}$  表示  $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{Mn}^{2+}$ )。

①从结构角度分析  $\text{MA}_2$  可溶于磺化煤油的原因：\_\_\_\_\_。

②反应  $\text{M}^{2+} + 2\text{A}^- \rightleftharpoons \text{MA}_2$  的平衡常数用  $\beta$  表示。已知  $\beta(\text{CaA}_2) > \beta(\text{MnA}_2)$ 。

判断调 pH 时 a \_\_\_\_\_ b (填 “<” 或 “>”)，结合平衡常数解释原因：\_\_\_\_\_。

③试剂 Y 是\_\_\_\_\_。

(5) 不同温度下  $\text{MnSO}_4$  的溶解度如表。

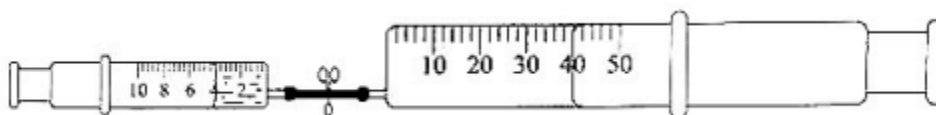
温度/℃	0	10	20	30	40	60	80	90	100
溶解度/g	52.9	59.7	62.9	62.9	60.0	53.6	45.6	40.9	35.3

过程 II 的操作为\_\_\_\_\_，洗涤，干燥。

19. (11 分)

实验室常用 NaOH 溶液吸收  $\text{NO}_2$  尾气，探究其适宜条件原理。

20℃ 时，将 4 mL 不同浓度 NaOH 溶液一次性推入中 4 mL  $\text{NO}_2$ ，观察现象。



编号	$c(\text{NaOH})$	现象
甲	$2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	活塞自动内移，最终剩余约 7 mL 无色气体
乙	$6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	活塞自动内移，最终气体全部被吸收

(1) NaOH 溶液吸收  $\text{NO}_2$  时生成两种钠盐，分别为  $\text{NaNO}_2$  和\_\_\_\_\_。

(2) 检验甲中剩余气体的方法：排出大注射器中的溶液，拔下导管，吸入少量空气，气体变为红棕色。用化学方程式表示检验的反应原理是\_\_\_\_\_。

(3) 某同学推测甲中产生无色气体的原因：局部  $\text{OH}^-$  浓度过低，导致部分  $\text{NO}_2$  与水反应。通过实验证明其成立：用与甲相同的装置、试剂和条件，将  $\text{NO}_2$  缓慢推入 NaOH 溶液中，\_\_\_\_\_ (补全实验现象)。

(4) 进一步探究  $\text{NO}_2$  与水或碱反应时还原产物价态不同的原理。



【查阅资料】

i.  $\text{NO}_2$  遇水时发生反应: a.  $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{HNO}_2$

b.  $2\text{HNO}_2 = \text{NO} \uparrow + \text{NO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;

ii. 酸性条件下,  $\text{HNO}_2$  或  $\text{NO}_2^-$  可与对氨基苯磺酸发生不可逆反应, 所得产物遇萘乙二胺变红, 且原溶液中  $[\text{c}(\text{HNO}_2) + \text{c}(\text{NO}_2^-)]$  越大, 红色越深。

【实验】将 2 mL  $\text{NO}_2$  推入 5 mL 下列试剂中, 随即取出 0.1 mL 溶液, 滴加到等量对氨基苯磺酸溶液 (盐酸酸化) 中, 再加入等量萘乙二胺溶液, 加水定容到相同体积, 对比溶液颜色。

编号	试剂	溶液颜色
丙	水	溶液均呈红色, 丁与戊颜色几乎相同, 丙的颜色更浅
丁	$6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液	
戊	酸性对氨基苯磺酸溶液	

①通过实验\_\_\_\_\_ (填编号) 对比, 说明  $\text{NO}_2$  遇水时发生了反应 a 和 b。

②从化学反应速率的角度分析,  $\text{NO}_2$  与水或碱反应时还原产物价态不同的原因是\_\_\_\_\_。

(5) 若用  $0^\circ\text{C}$  的  $\text{NaOH}$  溶液重复实验甲, 最终剩余约 3 mL ( $20^\circ\text{C}$ ) 无色气体。

(6) 综上, 用  $\text{NaOH}$  溶液吸收  $\text{NO}_2$  尾气, 适宜的条件是\_\_\_\_\_ (写出两点即可)。

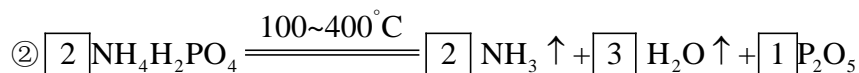
## 北京市东城区 2022-2023 学年度第一学期高三综合练习（一）

## 化学答案及评分参考

2023.3

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

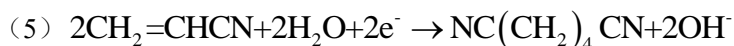
15. (11 分)

(1) ①  $3d^6$  ② 6 ③  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (2) ①  $\text{N}_2$  中存在共价三键 ( $\text{N} \equiv \text{N}$ ), 键能大,  $\text{N}_2$  化学性质稳定

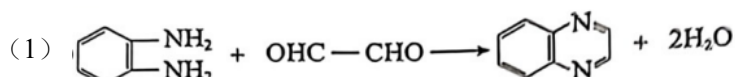
(3) ① 充电 ② 25% 1

16. (10 分)

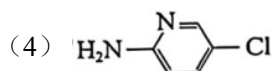
(1) abc (2) 8 (3) 阳

(4)  $\text{H}^+$  和丙烯腈在阴极竞争得电子, 减慢反应 i, 同时生成的 H 加快了反应 iii(6)  $8.6 \times 10^{-3}$ 

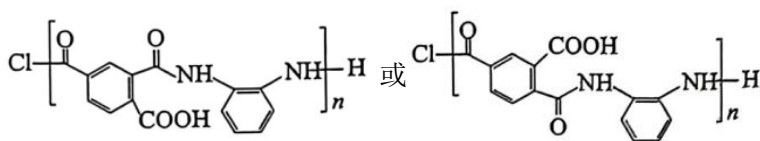
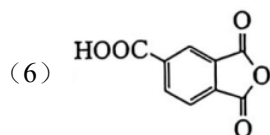
17. (12 分)

(2) 新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 

(3) 羧基



(5) 取代反应



18. (14 分)

(1)  $\text{MnS} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$  (2) 氧化性(3)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ , 增大 pH 和加热均促使水解趋于完全(4) ①  $\text{MA}_2$  中 4 个  $-\text{R}$  的极性小且体积大, 将金属离子包裹于其中 ② <

由  $\beta(\text{CaA}_2) > \beta(\text{MnA}_2)$  可知, 相同  $c(\text{M}^{2+})$  时结合  $\text{Ca}^{2+}$  所需  $c(\text{A}^-)$  更小, 由  $\text{HA}$  的电离平衡可知, 增大  $c(\text{H}^+)$  能减小  $c(\text{A}^-)$ , 有利于  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mn}^{2+}$  分离

③稀硫酸

(5) 加热溶液至100℃，浓缩结晶，趁热过滤

19. (11 分)

(1)  $\text{NaNO}_3$       (2)  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$       (3) 最终剩余气体小于 7 mL

(4) ①丙和戊      ② $\text{HNO}_2$  与碱中和的反应速率大于其分解速率

(6) 低温、浓碱、控制流速、增大气液接触面积