

2020 年普通高等学校招生全国统一考试

理科综合能力测试化学试卷分析

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 Na 23 Al 27 P 31 S 32

Cl 35.5 V 15 Fe 56

一、选择题：本题共 13 小题，每小题 6 分，共 78 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

7. 国家卫健委公布的新冠状肺炎诊疗方案指出，乙醚、75%乙醇、含氯消毒剂、过氧乙酸(CH_3COOOH)、氯仿等均可有效灭活病毒。对于上述化学药品，下列说法错误的是

- A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 能与水互溶 B. NaClO 通过氧化灭活病毒
C. 过氧乙酸相对分子质量为 76 D. 氯仿的化学名称是四氯化碳

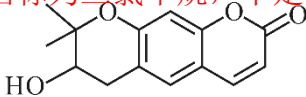
答案：D

解析：A. 乙醇可以与水可以形成分子间氢键，可以与水任意比例互溶。

B. NaClO 具有强氧化性，可以氧化灭活病毒。

C. 过氧乙酸的相对分子质量为 76。

D. 氯仿的化学名称为三氯甲烷，不是四氯化碳，因此错误。

8. 紫花前胡醇（）可从中药材当归和白芷中提取得到，能提高人体免疫力，有关该化合物，下列叙述错误的是（ ）

- A. 分子式为 $\text{C}_{34}\text{H}_{24}\text{O}_4$
B. 不能使酸性重铬酸钾溶液变色
C. 能够发生水解反应
D. 能够发生消去反应生成双键

答案：B

解析：A.正确。 B.有碳碳双键存在可以使使酸性重铬酸钾溶液变色,所以 B 选项错误。 C.该物质中有酯基官能团存在，可以发生水解反应。 D.羟基相连的碳原子的邻位碳原子上有氢原子存在，可发生消去反应生成碳碳双键。

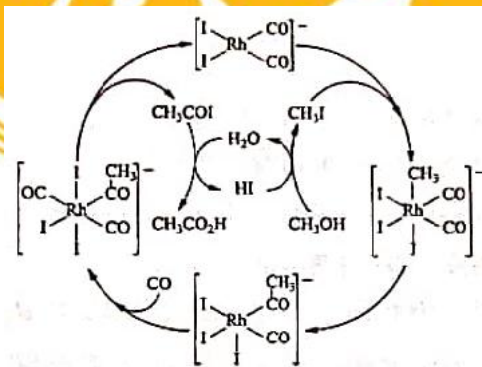
9.下列气体除杂质的方法中，不能实验目的的是（ ）

	气体（杂质）	方法
A.	SO ₂ (H ₂ S)	通过酸性高锰酸钾溶液
B.	Cl ₂ (HCl)	通过饱和食盐水
C.	N ₂ (O ₂)	通过灼热的铜丝网
D.	NO(NO ₂)	通过氢氧化钠溶液

答案：A

解析：A. SO₂ 和 H₂S 都能与酸性高锰酸钾反应，错误。 B. Cl₂ 中混有 HCl，可以用饱和食盐水去除。 C.N₂ 中混有的氧气通过灼热的铜网生成氧化铜去除。 D.虽然除去 NO₂ 时会有部分 NO 和 NO₂ 与氢氧化钠溶液发生归中反应，反应物的少量消耗在产品除杂合理。所以 D 正确。

10. 铑的配合物离子[Rh(CO)₂I₂]⁻可催化甲醇羰基化，反应过程如图所示。



下列叙述错误的是

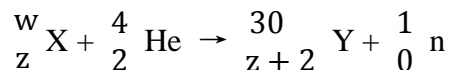
- A. CH₃COI 是反应中间体
- B. 甲醇羰基化反应为 CH₃OH + CO = CH₃CO₂H
- C. 反应过程中 Rh 成键数目保持不变
- D. 存在反应 CH₃OH + HI = CH₃I + H₂O

答案：C

解析：根据图示可以看出 CH₃COI 在反应中既有生成又有参与反应的，故属于反应中间体，A 正确；根据反应图示可知 B 正确；反应过程中 Rh 成键数目在反生改变，分别形成 4，5，6

根键，故 C 错；根据反应历程得知 D 正确。

11. 1934 年约里奥-居里夫妇在核反应中用 α 粒子(即氦核 ${}^4_2\text{He}$)轰击金属原子 ${}^W_Z\text{X}$ ，得到核素 ${}^{30}_{z+2}\text{Y}$ ，开创了人造放射性核素的先河：



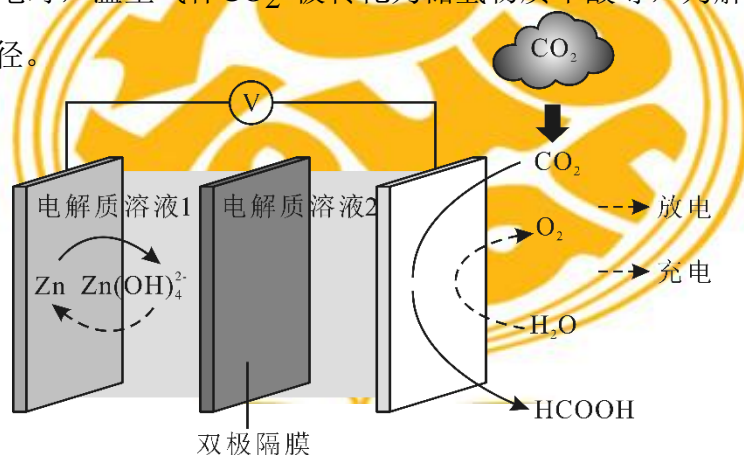
其中元素 X、Y 的最外层电子数之和为 8。下列叙述正确的是

- A. ${}^W_Z\text{X}$ 的相对原子质量为 26
B. X、Y 均可形成三氯化物
C. X 的原子半径小于 Y 的
D. Y 仅有一种含氧酸

答案：B

解析：观察核反应可知，X 的质量数为 27，可以合理猜测 X 为铝，Y 为磷，再通过题干条件“元素 X、Y 的最外层电子数之和为 8”，可验证猜想正确。所以易得 B 项为正确选项。

12. 科学家近年发明了一种新型 Zn-CO₂ 水介质电池。电池示意图如下，电极为金属锌和选择性催化材料。放电时，温室气体 CO₂ 被转化为储氢物质甲酸等，为解决环境和能源问题提供了一种新途径。



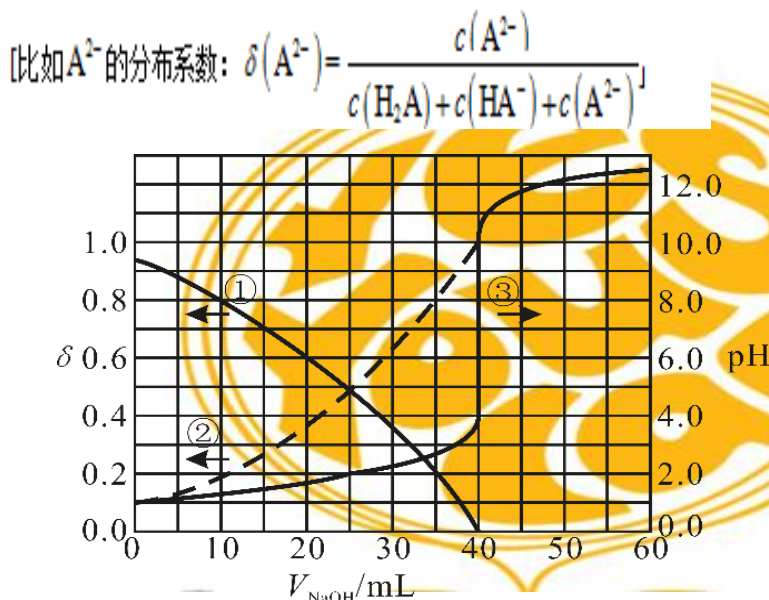
下列说法错误的是

- A. 放电时，负极反应为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$
B. 放电时，1 mol CO₂ 转化为 HCOOH，转移的电子数为 2 mol
C. 充电时，电池总反应为 $2\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} = 2\text{Zn} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O}$
D. 充电时，正极溶液中 OH⁻ 浓度升高

答案：D

解析: A 选项根据图可以得出负极就是 Zn 失去电子变成 $Zn(OH)_4^{2-}$, 所以 A 正确。B 选项 1 mol CO_2 转化为 $HCOOH$ 碳的化合价从 +4 降到 +2, 所以转移电子数为 2 mol。所以 B 正确。C 项, 充电时的电池总反应为原电池的逆过程, 即 $2Zn(OH)_4^{2-} = 2Zn + O_2 \uparrow + 4OH^- + 2H_2O$ 。D 项, 充电时的阳极是水放电产生 O_2 和 H^+ , 所以 OH^- 浓度减小。

13. 以酚酞为指示剂, 用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液滴定 20.00 mL 未知浓度的二元酸 H_2A 溶液。溶液中, pH、分布系数 δ 随滴加 NaOH 溶液体积 V_{NaOH} 的变化关系如下图所示。



下列叙述正确的是

- A. 曲线①代表 $\delta(H_2A)$, 曲线②代表 $\delta(HA^-)$
- B. H_2A 溶液的浓度为 $0.2000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. HA^- 的电离常数 $K = 1.0 \times 10^{-2}$
- D. 滴定终点时, 溶液中 $c(Na^+) < 2c(A^{2-}) + c(HA^-)$

答案: C

解析: A. 该二元酸第一步电离为完全电离, 由曲线趋势可知, 曲线①代表 $\delta(HA^-)$, 曲线②代表 $\delta(A^{2-})$ 。

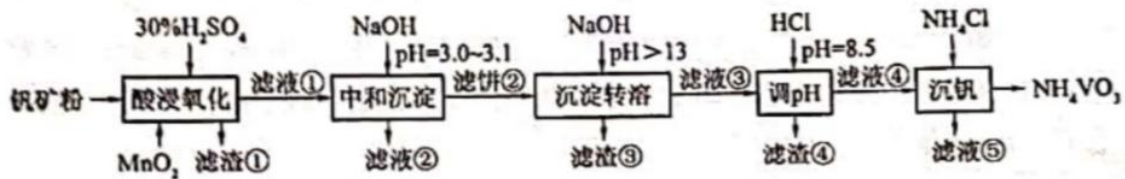
B. NaOH 溶液加入 40 mL 时 pH 发生突变，即此时为恰好完全反应点，所以 H_2A 溶液的浓度为 $0.1000 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

C. 由图像， $c(HA^-)=c(A^{2-})$ 时， $pH=2$ ，所以 HA^- 的电离常数 $K=c(H^+) = 1.0 \times 10^{-2}$

D. 电荷守恒 $c(Na^+) + c(H^+) = 2c(A^{2-}) + c(HA^-) + c(OH^-)$ ，反应终点时，溶液显碱性，所以 $c(H^+) < c(OH^-)$ ，因此 $c(Na^+) > 2c(A^{2-}) + c(HA^-)$ 。

二、填空题

26. (14 分) 钒具有广泛用途，粘土钒矿中，钒以 +3，+4，+5 价的化合物存在，还包括钾，镁的铝硅酸盐，以及二氧化硅，四氧化三铁。采用以下工艺流程，可有黏土钒矿制备 NH_4VO_3 。



该工艺条件下，溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH，如下表所示。

该工艺条件下，溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表所示：

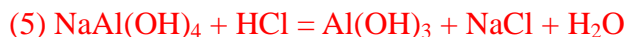
金属离子	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}
开始沉淀 pH	1.9	7.0	3.0	8.1
完全沉淀 pH	3.2	9.0	4.7	10.1

回答下列问题：

- 酸浸氧化需要加热，其原因是_____
- 酸性氧化中， VO^+ 和 VO^{2+} 被氧化成 VO_2^+ ，同时还有_____离子被氧化。写出 VO^+ 转化成 VO_2^+ 反应的离子方程式_____
- 中和沉淀中，钒水解并沉淀为 $V_2O_5 \cdot xH_2O$ ，随滤液 2 除去金属离子 $K^+ Na^+ Mg^{2+}$ _____，以及部分的_____
- 沉淀转溶中， $V_2O_5 \cdot xH_2O$ 转化为钒酸盐溶解，滤渣 3 的主要成分是_____
- 调 pH 中有沉淀生成，生成沉淀反应的化学方程式是_____
- 沉钒中析出 NH_4VO_3 晶体时，需要加入过量 NH_4Cl ，其原因是_____

答案：(1) 加快酸浸和氧化反应速率（促进氧化完全）



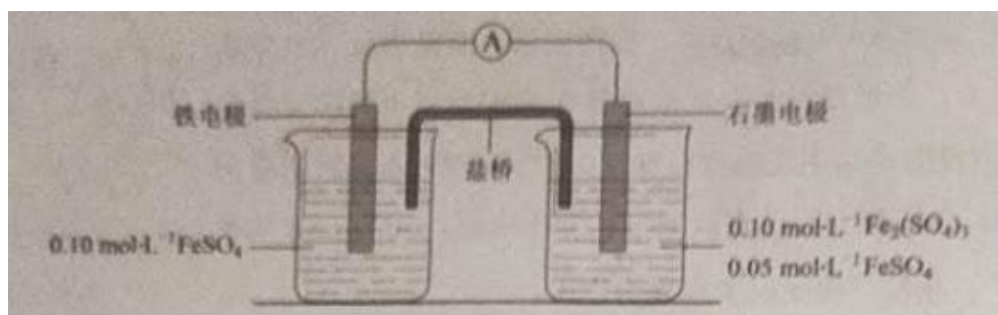


(6) 利用同离子效应，促进 NH_4VO_3 尽可能析出完全

解析：本试题为典型的调 PH 除杂的工艺流程。第一问考察加热的原因，考虑对速率和浸出率的影响。第二问考察氧化还原反应及其陌生氧化还原反应方程式的书写。二价铁离子有还原性可被氧化。陌生方程式注意观察流程及已知条件。第三问，第四问考察流程推断。第五问按要求书写方程式。第六问依据平衡运动的原理得到目标产物。

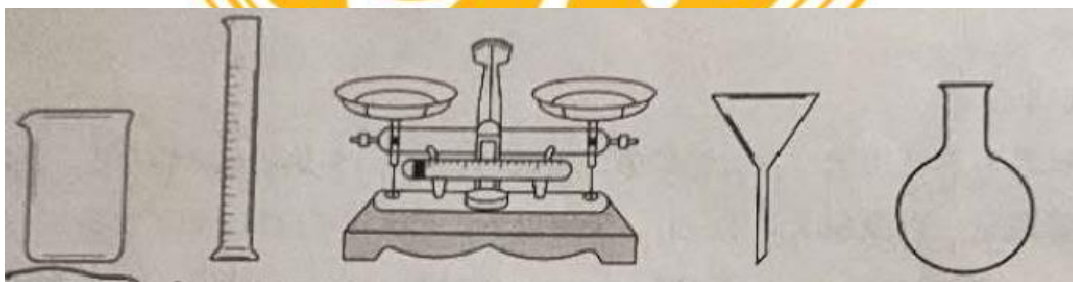
27. (15 分)

为验证不同化合价铁的氧化还原能力，利用下列电池装置进行实验。



回答下列问题：

(1) 由 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 固体配制 $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{FeSO}_4$ 溶液，需要的仪器有钥匙、玻璃棒、(从下列图中选择，写出名称)。



(2) 电池装置中，盐桥连接两电极电解质溶液。盐桥中阴阳离子不与溶液中的物质发生化学反应，并且电迁移率(u^∞)应尽可能相近。根据下表数据，盐桥中应选择_____作为电解质。

阳离子	$u^{\oplus} \times 10^8 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1})$	阴离子	$u^{\ominus} \times 10^8 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1})$
Li^+	4.07	HCO_3^-	4.61
Na^+	5.19	NO_3^-	7.40
Ca^{2+}	6.59	Cl^-	7.91
K^+	7.62	SO_4^{2-}	8.27

(3) 电流表显示电子由铁电极流向石墨电极。可知盐桥中的阳离子进入_____电极溶液中。

(4) 电池反应一段时间后，测得铁电极溶液中 $c(\text{Fe}^{2+})$ 增加了 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。石墨电极上未见 Fe 析出。可知，石墨电极溶液中 $c(\text{Fe}^{2+}) =$ _____。

(5) 根据 (3) (4) 实验结果，可知石墨电极的电极反应式为_____，铁电极的电极反应式为_____。因此，验证了 Fe^{2+} 氧化性小于_____，还原性小于_____。

(6) 实验前需要对铁电极表面活化。在 FeSO_4 溶液中加入几滴 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液，将铁电极浸泡一段时间，铁电极表面被刻蚀活化。检验活化反应完成的方法是_____。

答案：(1) 烧杯、量筒、天平

(2) KNO_3

(3) 石墨

(4) 0.09 mol/L

(5) $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ Fe^{3+} Fe

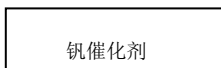
(6) 取少量试液于试管中，加入 KSCN 溶液，无现象

解析：(1) 配置一定物质的量浓度溶液还需烧杯、量筒、天平。(2) 根据电迁移率及溶液中的离子，选择 KNO_3 作为电解质。(3) 由题所知，电子流向石墨，所以石墨为正极，石墨电解液中阳离子浓度降低，所以阳离子移向石墨电极。(4) 铁电极二价铁离子增加 0.2 mol/L ，转移 0.4 mol/L 电子，石墨电极发生 $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，所以石墨电极二价铁离子浓度为 0.09 mol/L 。

(4) 由题知：石墨电极： $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，铁电极 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，根据电极方程式得出， Fe^{2+} 氧化性小于 Fe^{3+} ，还原性小于 Fe 。(6) 铁电极表面被刻蚀活化是被 Fe^{3+} 氧化，所以用 KSCN 溶液检验 Fe^{3+} 不存在，就可以检验活化反应完成。

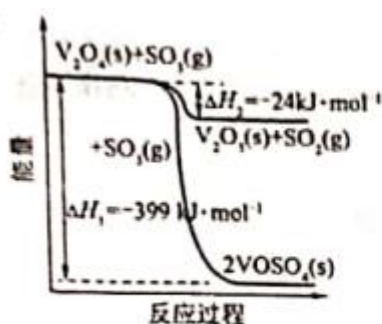
28、(14分)

硫酸是一种重要的基本化工产品。接触法制硫酸生产中的关键工序是 SO_2 的催化氧化：

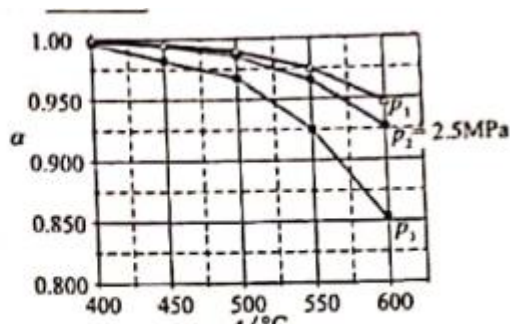


回答下列问题：

(1) 钒催化剂参与反应的能量变化如图(a)所示， $\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})$ 与 $\text{SO}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{VOSO}_4(\text{s})$ 和 $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s})$ 的热化学方程式为：_____。



图(a)



图(b)

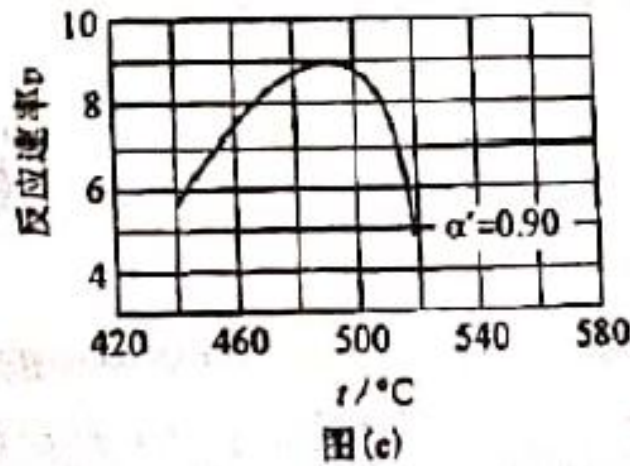
(2) 当 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{O}_2(\text{g})$ 和 $\text{N}_2(\text{g})$ 起始的物质的量分数分别为 7.5%、10.5% 和 82% 时，在 0.5MPa、2.5MPa 和 5.0MPa 压强下， SO_2 平衡转化率 α 随温度的变化如图 (b) 所示。反应在 5.0MPa、550°C 时的 $\alpha =$ _____，判断的依据是_____。影响 α 的因素有_____。

(3) 将组成 (物质的量分数) 为 2m% $\text{SO}_2(\text{g})$ 、m% $\text{O}_2(\text{g})$ 和 q% $\text{N}_2(\text{g})$ 的气体通入反应器，在温度 t、压强 P 条件下进行反应。平衡时，若 SO_2 转化率为 a，则 SO_3 压强为_____，平衡常数 $K_p =$ _____。(以分压表示，分压=总压×物质的量分数)。

(4) 研究表明， SO_2 催化氧化的反应速率方程为：

$$v = k \left(\frac{\alpha}{\alpha'} - 1 \right)^{0.8} (1 - n\alpha')$$

式中：k 为反应速率常数，随温度 t 升高而增大；a 为 SO_2 平衡转化率， α' 为某时刻 SO_2 转化率，n 为常数。在 $\alpha' = 0.90$ 时，将一系列温度下的 k、a 值代入上述速率方程，得到 v-t 曲线，如图 (c) 所示。



曲线上 v 最大值所对应温度称为该 α' 下反应的最适宜温度 t_m 。 $t < t_m$ 时, v 逐渐提高; $t > t_m$ 后, v 逐渐下降, 原因是_____。

答案: (1) $2V_2O_5(s) + 2SO_2(g) = 2VOSO_4(s) + V_2O_4(s)$; $\Delta H = -351 \text{ KJ/mol}$

(2) 0.975 该反应气体分子数减少, 减少压强, α 提高。 $5.0 \text{ MPa} > 2.5 \text{ MPa} = P_2$, 所以 $P_1 = 5.0 \text{ MPa}$,

温度, 压强和反应物的起始浓度

$$(3) \left| \frac{2m\alpha}{100 - m\alpha} P \right| \left| \frac{\alpha}{(1-\alpha)^2 \left(\frac{m}{100 - m\alpha} P\right)^{0.5}} \right|$$

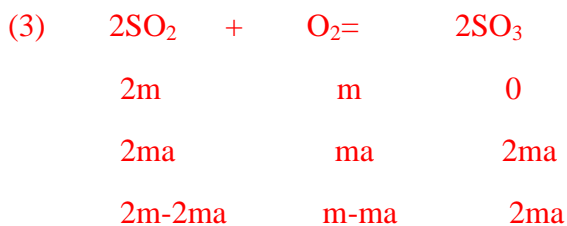
(4) 升高温度, k 增大使 v 逐渐提高, 但 α 下降使 v 逐渐降低。 $t < t_m$ 时, k 增大对 v 的提高大于 α 对 v 的降低, $t > t_m$ 后, k 增大对 v 的提高小于 α 对 v 的降低

解析: (1) $V_2O_4(s) + SO_3(g) = V_2O_5(s) + SO_2(g)$; $\Delta H = -24 \text{ KJ/mol}$

$V_2O_4(s) + 2SO_3(g) = 2VOSO_4(s)$; $\Delta H = -399 \text{ KJ/mol}$

则 $2V_2O_5(s) + 2SO_2(g) = 2VOSO_4(s) + V_2O_4(s)$; $\Delta H = -351 \text{ KJ/mol}$

(2) 压强增大平衡正移, 转化率增大, 故 p_1 为 5.0 MPa , 550°C 时的 α 为 0.975 。影响 α 的因素有温度, 压强和反应物的起始浓度。



$$P_{SO_3} = 2ma\% / (2m\% - 2ma\% + m\% - ma\% + 2ma\%) = 2maP / (100 - ma)$$

$$SO_2 \text{ 的物质的量分数为 } (2m - 2m\%a) / (1 - m\%a),$$

$$O_2 \text{ 的物质的量分数为 } (m - m\%a) / (1 - m\%a),$$

$$SO_3 \text{ 的物质的量分数为 } 2m\%a / (1 - m\%a), \text{ 分压} = \text{总压} \times \text{物质的量分数},$$

$$\text{则 } K_p = [2m\%a / (1 - m\%a)P]^2 / [(2m - 2m\%a) / (1 - m\%a)P]^2 \times (m - m\%a) / (1 - m\%a) =$$

$$\frac{\alpha}{(1 - \alpha)^{1.5} \left(\frac{m}{100 - ma} P\right)^{0.5}}.$$

(4) 升高温度，k 增大使 v 逐渐提高，但 a 下降使 v 逐渐降低。t < t_m 时，k 增大对 v 的提高大于 a 对 v 的降低，t > t_m 后，k 增大对 v 的提高小于 a 对 v 的降低。

35. [化学——选修 3：物质结构与性质] (15 分)

Goodenough 等人因在锂离子电池及钴酸锂、磷酸铁锂等正极材料研究方面的卓越贡献而获得 2019 年诺贝尔化学奖。回答下列问题：

(1) 基态 Fe²⁺ 与 Fe³⁺ 离子中未成对的电子数之比为_。

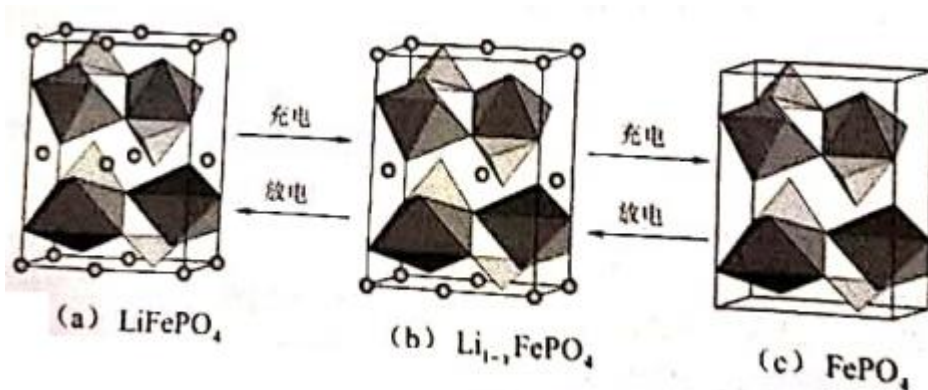
(2) Li 及周期表中相邻元素的第一电离能 (I₁) 如表所示。I₁(Li) > I₁(Na)，原因是_____。I₁(Be) > I₁(B) > I₁(Li)，原因是_____。

I ₁ / (kJ · mol ⁻¹)		
Li	Be	B
520	900	801
Na	Mg	Al
496	738	578

(3) 磷酸根离子的空间构型为_____，其中 P 的价层电子对数为_____、杂化轨道类型为_____。

(4) LiFePO₄ 的晶胞结构示意图图 (a) 所示。其中 O 围绕 Fe 和 P 分别形成正八面体和正四面体，它们通过共顶点、共棱形成空间链结构。每个晶胞中含有 LiFePO₄ 的单元

数有_____个。



电池充电时, LiFePO_4 脱出部分 Li^+ , 形成 $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4$, 结构示意图如 (b) 所示,

则 x _____, $n \text{ Fe}^{2+} : n \text{ Fe}^{3+} =$ _____。

答案:

(1) $\frac{4}{5}$

(2) Na 与 Li 同族, Na 电子层数多, 原子半径大, 易失电子

Li 、 Be 、 B 同周期, 核电荷数依次增加。 Be 为 $1s^2 2s^2$ 全满稳定结构, 第一电离能最大。

与 Li 相比, B 核电荷数大, 原子半径小, 较难失去电子, 第一电离能较大。

(3) 正四面体 4 sp^3

(4) $4 \quad 3/16 \quad 13:3$

解析:

(1) Fe^{2+} 离子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$, 未成对电子有4个

Fe^{3+} 离子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$, 未成对电子有5个

即4:5

(2) Na 与 Li 同族, Na 电子层数多, 原子半径大, 易失电子

第二主族元素第一电离能反常高, 大于其相邻两元素的。 Li 、 Be 、 B 同周期, 核电荷数依次增加。 Be 为 $1s^2 2s^2$ 全满稳定结构, 第一电离能最大。与 Li 相比, B 核电荷数大, 原子半径小, 较难失去电子, 第一电离能较大。

(3) PO_4^{3-} 价层电子对数 = $4 + 1/2 (5 + 3 - 2 \times 4) = 4$, 根据VSEPR模型, 空间构型为正四面体, 杂化轨道为 sp^3

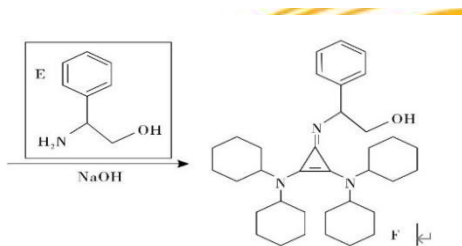
(4) 由图可知：“0”为Li⁺，有4个，所以4个LiFePO₄

一个晶胞去了Li⁺： $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$ 个，Li⁺共4个， $1-x = \frac{4 - \frac{3}{4}}{4} = 1 - \frac{3}{16}$ ；所以 $x = \frac{3}{16}$

Fe²⁺ : Fe³⁺ 的物质的量之比根据化合价可推算。

36. [化学--选修5：有机化学] (15分)

有机碱，例如二甲基胺 (>NH)、苯胺 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$)、吡啶 ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) 等，在有机合成中应用很普通，目前“有机超强碱”的研究越来越受到关注。以下为有机超强碱 F 的合成路线：



已知如下信息：

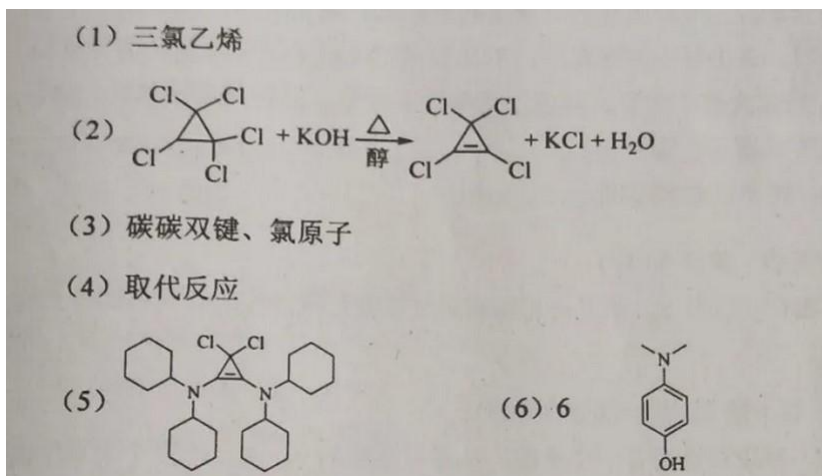


③ 苯胺与甲基吡啶互为芳香同分异构体

回答下列问题：

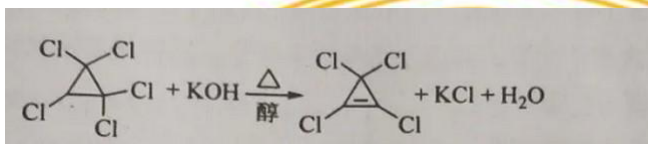
- (1) A 的化学名称为 _____。
- (2) 由 B 生成 C 的化学方程式为 _____。
- (3) C 中所含官能团的名称为 _____。
- (4) 由 C 生成 D 的反应类型为 _____。
- (5) D 的结构简式为 _____。
- (6) E 的六元环芳香同分异构体中，能与金属钠反应，且核磁共振氢谱有四组峰，峰面积之比为 6:2:2:1 的有 _____ 种，其中，芳香环上为二取代的结构简式为 _____。

答案：



解析：

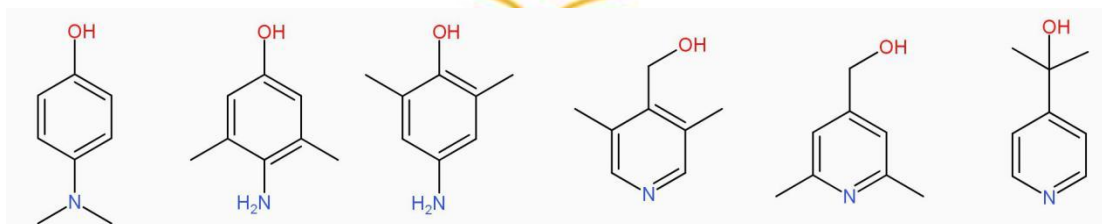
- (1) 根据流程图得， C_2HCl_3 的结构简式式为 $CHCl=CCl_2$ ，化学名称为三氯乙烯；
 (2) 根据提示信息①可知A-B是形成了环状分子，B-C是在氢氧化钾醇溶液条件下进行，发生消去反应，形成碳碳双键，故方程式为



- (3) C中所含的官能团有两种，碳碳双键和氯原子；
 (4) 通过观察C、D分子式，发现C中氯原子减少，氮原子和碳原子增多，说明为取代反应；

- (5) D的结构简式为  ；

- (6) 峰面积之比为6:2:2:1的有6种，分别为



芳香环上为二取代的结构简式为

