

## 河北衡水中学 2021 届全国高三第一次联合考试(全国卷)

# 化 学

本试卷 8 页。总分 100 分。考试时间 90 分钟。

注意事项：

- 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
- 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。

3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

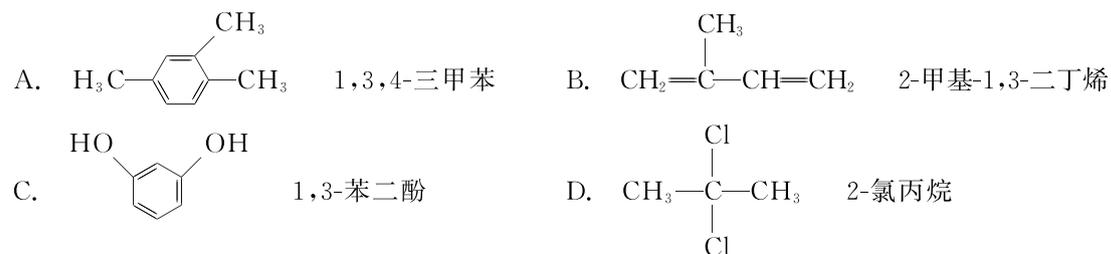
可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 Fe 56

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 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。

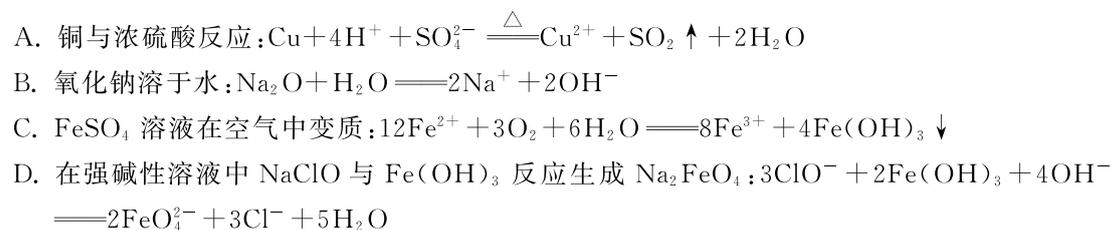
1. 我国的典籍、诗词等与化学有着千丝万缕的联系。下列有关化学知识的解读错误的是

选项	典籍、诗词有关描述	解读
A	“磁石引铁，于金不连”(曹植)	“磁石”为四氧化三铁，能吸引铁，不能吸引金
B	“凡井以黑铅为底，能清水散结，人饮之无疾”(李时珍)	铅盐可沉淀井水中的污染物，使水纯净
C	“独忆飞絮鹅毛下，非复青丝马尾垂”(庾信)	“飞絮”和“马尾”的主要成分均为纤维素
D	“陶犬无守夜之警，瓦鸡无司晨之益”(萧绎)	“陶”和“瓦”都属于无机非金属材料

2. 下列有机物的命名正确的是



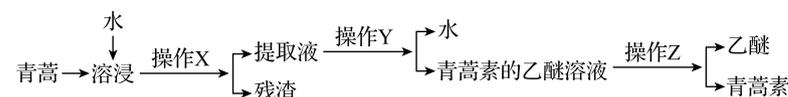
3. 下列离子方程式书写错误的是



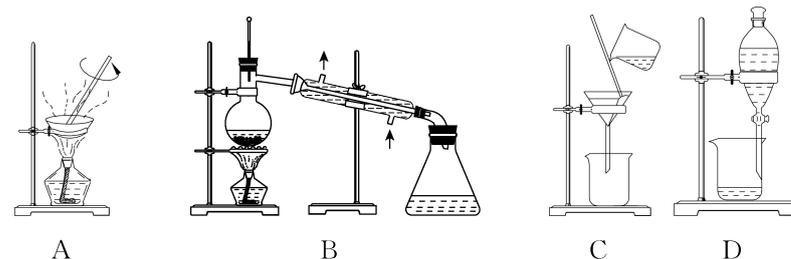
4.  $N_A$  是阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是

- A. 标准状况下，1.12 L  $\text{CO}$  与  $\text{CO}_2$  的混合气体所含质子的数目可能为  $N_A$
- B. 3.0 g 甲醛与足量新制银氨溶液充分反应转移电子的数目为  $0.4N_A$
- C. 标准状况下，2.24 L 氯气溶于水形成的溶液中： $c(\text{Cl}^-) + c(\text{ClO}^-) + c(\text{HClO}) = 0.2N_A$
- D. 1 mol 二环[1.1.1]戊烷()中所含共价键的数目为  $14N_A$

5. 从青蒿中提取青蒿素的一种实验过程如下图所示：



下列选项中涉及本实验过程的操作并且图示正确的是



6. 下列实验操作、现象和解释或结论完全正确的是

选项	实验操作	现象	解释或结论
A	分别向浓度为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸中加入形状、质量相同的锌粒	盐酸中的锌粒表面产生气体的速率明显快	盐酸中的 $\text{H}^+$ 浓度大
B	除去氯化钠固体中的少量硝酸钾时，将固体溶于水，加热浓缩，降温结晶	析出大量固体	利用了硝酸钾的溶解度随温度变化大，而氯化钠变化小的特点
C	将甲烷、乙烯和氯化氢混合气体通入酸性高锰酸钾溶液中	紫色褪去	从高锰酸钾洗气瓶出来的气体含有甲烷、二氧化碳和少量未反应的氯化氢
D	量取 10.00 mL 待测氢氧化钠溶液于锥形瓶中，加入 2 滴甲基橙，用 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸滴定	滴加盐酸至 10.00 mL 时，锥形瓶内溶液颜色由黄色变为橙色，且半分钟内不变色	氢氧化钠溶液的浓度为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

7. X、Y、Z、W 是四种原子序数依次增大的前 20 号主族元素，Y 原子的内层电子数为外层电子数的一半；Z 原子的最外层电子数等于 Y 原子的核外电子数；W 原子的半径是前 20 号元素中最大的；四种元素原子序数之和为 42。下列说法错误的是

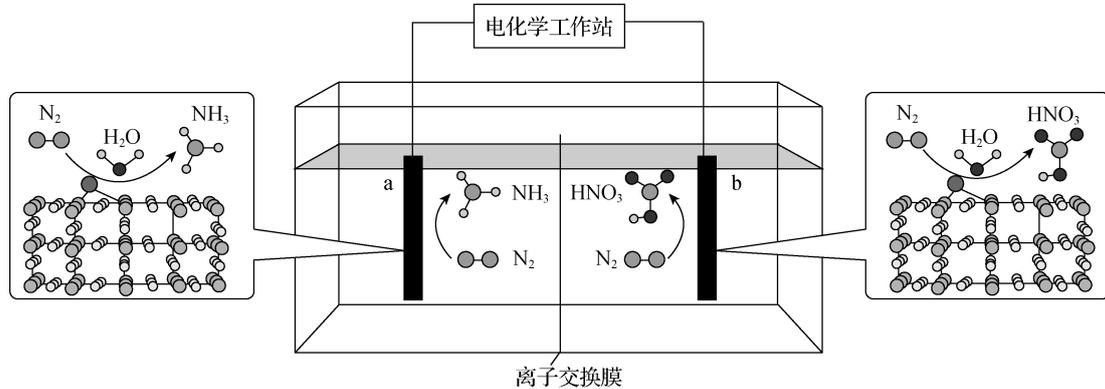
- A. X 与 W 为同主族元素，四种元素为不同周期元素
- B. Y、Z 的单质均有多种同素异形体
- C. X 与 Y、Z、W 形成的二元化合物，均只含有共价键
- D. Y 单质与 Z 的最高价氧化物对应的水化物的浓溶液反应可生成 X、Y、Z、W 中三种元素的氧化物

8. 治疗关节炎类药物萘普生的部分转化关系如下图所示:



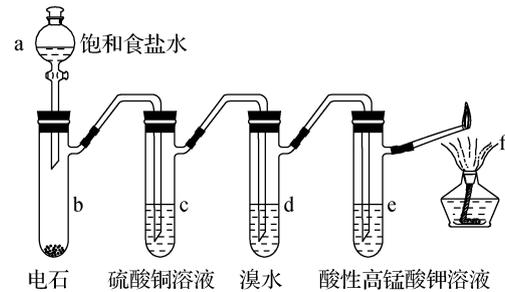
下列说法正确的是

- A. 萘普生中所有碳原子可能在同一平面上  
 B. 1 mol 中间体 I 与足量  $H_2$  和  $NaOH$  反应, 消耗二者的物质的量分别为 6 mol、2 mol  
 C. 中间体 I 经催化氧化和水解反应即可转化为中间体 II  
 D. 可用溴水或酸性高锰酸钾溶液检验萘普生中是否含有中间体 II
9. 近日, 我国科研工作者在电催化固氮领域取得重要进展, 利用双功能催化剂实现室温条件下电催化氮气还原制备氨气, 氧化制备硝酸盐。装置如图所示:



下列说法错误的是

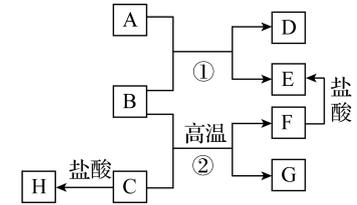
- A. 该装置工作时电子流入 a 极  
 B. 工作相同时间, 阴极室和阳极室消耗的  $N_2$  的质量之比为 3 : 5  
 C. 阳极室的电极反应为  $N_2 + 6H_2O - 10e^- = 2NO_3^- + 12H^+$   
 D. 该装置原理为解决当前严峻的能源和环境问题提供了新的思路
10. 用下图所示装置制备并检验乙炔气体的性质。



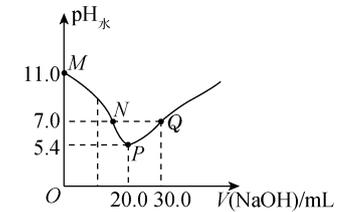
下列说法正确的是

- A. 电石主要成分的电子式为  $Ca^{2+} [ : \ddot{C} : \ddot{C} : ]^{2-}$   
 B. 装置 a、b 可以由启普发生器代替  
 C. 饱和食盐水的作用是提供反应物并减小反应速率  
 D. 装置 c 吸收磷化氢的反应为  $24CuSO_4 + 11PH_3 + 12H_2O = 8Cu_3P \downarrow + 3H_3PO_4 + 24H_2SO_4$ , 则反应每转移 24 mol 电子就有 11 mol  $PH_3$  被氧化

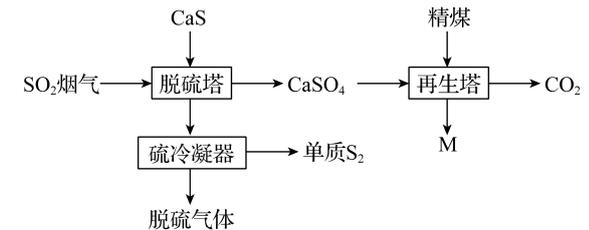
11. 已知 D 是生活中常见的紫红色金属, B、G 为单质, C 和 F 为氧化物, 且 H 遇  $KSCN$  溶液显红色, 它们之间的转化关系如下图所示 (反应生成的水已省略)。下列说法错误的是



- A. 反应①可以设计成原电池, 实现化学能转化为电能  
 B. 反应②常用于野外焊接钢轨  
 C. F 属于金属氧化物, 也属于碱性氧化物  
 D. H 中含有  $Fe^{3+}$ , C 的化学式可能为  $Fe_3O_4$
12. 室温时, 向 40 mL  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} NaHX$  溶液中逐滴滴入  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} NaOH$  溶液,  $pH_{\text{水}}$  为由水电离产生的氢离子浓度的负对数。  $pH_{\text{水}}$  与所加  $NaOH$  溶液的体积关系如下图所示。下列说法错误的是



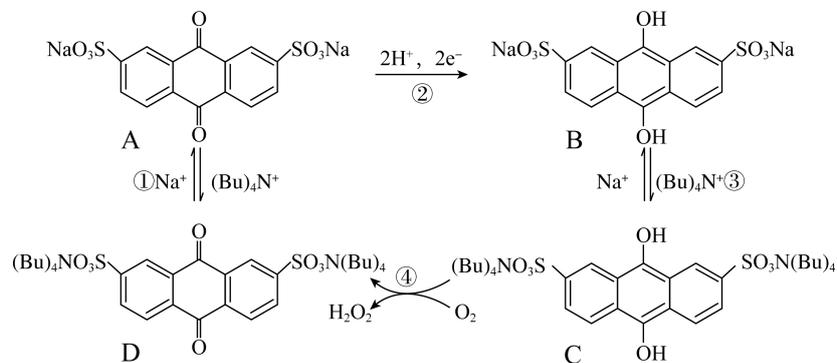
- A. M 点溶液中,  $c(Na^+) > c(HX^-) > c(H^+) > c(X^{2-})$   
 B. N 点和 Q 点溶液由水电离产生的氢离子浓度相同, 溶液都呈中性  
 C. 图中 N 点至 P 点对应的溶液中  $\frac{c(HX^-)c(H^+)}{c(X^{2-})}$  始终减小  
 D. P 点对应的溶液  $pH_{\text{水}} < 7$ , 呈碱性
13. 随着国家环境法律法规与标准日趋严格, 二氧化硫烟气被国家列为重点减排对象, 二氧化硫的减排与回收已成为环保领域急需突破的重大课题。一种还原脱硫的工艺流程如下:



下列说法错误的是

- A.  $SO_2$  有毒且能形成酸雨, 因此被列为国家重点减排对象  
 B. “脱硫塔”中发生反应的化学方程式为  $CaS + 2SO_2 = CaSO_4 + S_2$   
 C. 脱硫过程中, 当产生 1 mol  $CaSO_4$ , 转移电子的物质的量为 2 mol  
 D. “再生塔”中生成的 M 可在“脱硫塔”中循环使用, M 的化学式为  $CaS$

14. 一种低成本、无毒性的催化剂将  $O_2$  选择性地还原为  $H_2O_2$  的过程如图所示,反应②为钠离子-有机物电池中的正极反应,依托此电极反应非常适合电催化合成  $H_2O_2$ 。其中,  $(Bu)_4N^+$  为四丁基铵离子,①③为可逆反应,②④反应完全。下列说法正确的是

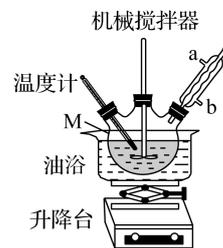


- A. 反应①③为非氧化还原反应  
 B. 若控制条件,使①③转化率相同,则物质 C 为该过程的催化剂  
 C. 反应④的  $\Delta H$  等于反应①③的  $\Delta H$  之和  
 D. 在以上合成过程中每转移  $2 \text{ mol } e^-$ ,生成  $1 \text{ mol } H_2O_2$

二、非选择题:共 58 分。第 15~17 题为必做题,每道试题考生均须作答。第 18、19 题为选做题,考生根据要求作答。

(一)必做题,共 43 分。

15. (14 分)重铬酸钾法测定水样 COD(水样的化学耗氧量,主要是测定有机物的化学耗氧量,以  $O_2$  计,单位为  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ),部分实验装置如下图所示:



测定步骤如下:

- ①取  $20.00 \text{ mL}$  水样置于  $250 \text{ mL}$  仪器 M 中,并向其中加入适量硫酸汞用于除去水样中的氯离子。  
 ②准确加入  $10.00 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  重铬酸钾标准溶液及沸石,连接磨口回流冷凝管,从冷凝管上口慢慢地加入  $30 \text{ mL}$  硫酸-硫酸银溶液,只需加热回流  $2 \text{ h}$  即可充分反应。  
 ③冷却后,将溶液倒入烧杯中,加 3 滴试亚铁灵指示剂,用  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸亚铁铵标准溶液滴定,达到滴定终点时,记录硫酸亚铁铵标准溶液的体积为  $a \text{ mL}$ 。

已知: I. 本实验条件下,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  的氧化性强于  $\text{MnO}_4^-$ ;

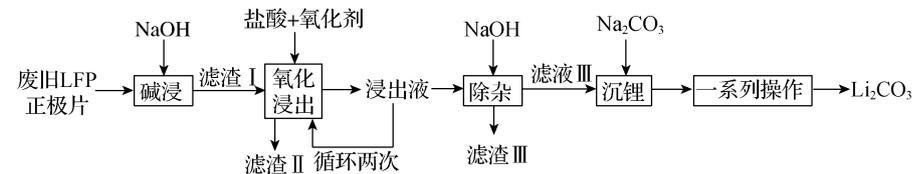
II. 水样被氧化时,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  发生反应  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{橙色}) + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ ;

III.  $\text{Fe}^{2+}$  + 试亚铁灵(指示剂)  $\rightarrow$  红褐色(终点)。

回答下列问题:

- (1)仪器 M 的名称为\_\_\_\_\_。  
 (2)溶液中的氯离子未除去或除不尽会发生副反应,若存在  $1 \text{ mol}$  氯离子,则会消耗重铬酸钾 \_\_\_\_\_  $\text{mol}$ (结果保留 2 位有效数字),COD 测定结果 \_\_\_\_\_(填“偏大”或“偏小”)。  
 (3)硫酸银在实验中的作用是\_\_\_\_\_;油浴加热的优点是\_\_\_\_\_。  
 (4)重铬酸钾氧化有机物的产物为  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  的电子式为\_\_\_\_\_;硫酸亚铁铵标准溶液滴定时发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。  
 (5)达到滴定终点时的现象是\_\_\_\_\_;水样 COD = \_\_\_\_\_  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (用含  $a$  的代数式表示)。

16. (14 分)随着新能源汽车销量的猛增,动力电池退役高峰将至,磷酸铁锂(LFP)是目前使用最多的动力电池材料,因此回收磷酸铁锂具有重要意义。一种从废旧磷酸铁锂正极片( $\text{LiFePO}_4$ 、导电石墨、铝箔)中回收锂的工艺流程如下:



已知:  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  在水中的溶解度随温度升高而降低,但煮沸时发生水解;  $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 1.6 \times 10^{-4}$ 。

回答下列问题:

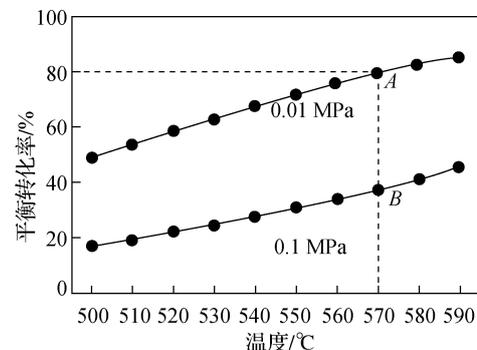
- (1)在“碱浸”时,为加快浸出速率,下列措施不可行的是 \_\_\_\_\_(填标号)。  
 a.适当提高浸出温度  
 b.使用电动搅拌器  
 c.适当提高氢氧化钠的浓度  
 d.增大矿石的粒度  
 (2)“氧化浸出”时,保持其他条件不变,不同氧化剂对锂的浸出实验结果如下表,实际生产中氧化剂选用  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,不选用  $\text{NaClO}_3$  的原因是\_\_\_\_\_。在“氧化浸出”时,温度不宜超过  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,其目的是\_\_\_\_\_。“氧化浸出”时生成了难溶的  $\text{FePO}_4$ ,该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

序号	锂含量/%	氧化剂	pH	浸出液 Li 浓度/ $(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	浸出渣中 Li 含量/%
1	3.7	$\text{H}_2\text{O}_2$	3.5	9.02	0.10
2	3.7	$\text{NaClO}_3$	3.5	9.05	0.08
3	3.7	$\text{O}_2$	3.5	7.05	0.93
4	3.7	$\text{NaClO}$	3.5	8.24	0.43

- (3)“浸出液”循环两次的目的是\_\_\_\_\_。  
 (4)“沉锂”的温度保持在  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ ,最适宜的加热方式为\_\_\_\_\_。“一系列操作”具体包括\_\_\_\_\_、洗涤、干燥。若所得“滤液 III”中  $c(\text{Li}^+) = 1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，“沉锂”结束时溶液中  $c(\text{CO}_3^{2-})$  为  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,则“沉锂”过程中,锂的沉降率为 \_\_\_\_\_%(保留 2 位小数)。  
 (5)“滤渣 II”经纯化可得  $\text{FePO}_4$ ,流程中生成的  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{FePO}_4$  在高温条件下与  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  煅烧可得  $\text{LiFePO}_4$ ,实现再生利用,其化学方程式为\_\_\_\_\_。

17. (15分) 丙烯是最重要的基础化工原料之一,工业上常用丙烷直接催化脱氢和氧化脱氢两种方法制备。丙烷直接催化脱氢容易造成积碳,降低催化剂的稳定性。回答下列问题:

(1) 丙烷直接催化脱氢:分别向 0.01 MPa 和 0.1 MPa 恒压容器中通入 1 mol 丙烷发生催化反应  $C_3H_8(g) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} C_3H_6(g) + H_2(g) \quad \Delta H$ 。不同温度下测得平衡转化率如下图所示。



①反应的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0(填“>”“<”或“=”,下同);A、B 两点对应的  $C_3H_6$  的平衡浓度:  $c(A)$  \_\_\_\_\_  $c(B)$ ;两点对应的平衡常数:  $K_A$  \_\_\_\_\_  $K_B$ 。

②570 °C、0.01 MPa 下,反应进行 3 h 后达到平衡,以  $C_3H_6$  表示的反应速率  $v(C_3H_6) =$  \_\_\_\_\_  $MPa \cdot h^{-1}$ (保留 3 位小数,下同),脱氢反应的  $K_p =$  \_\_\_\_\_  $MPa$ 。

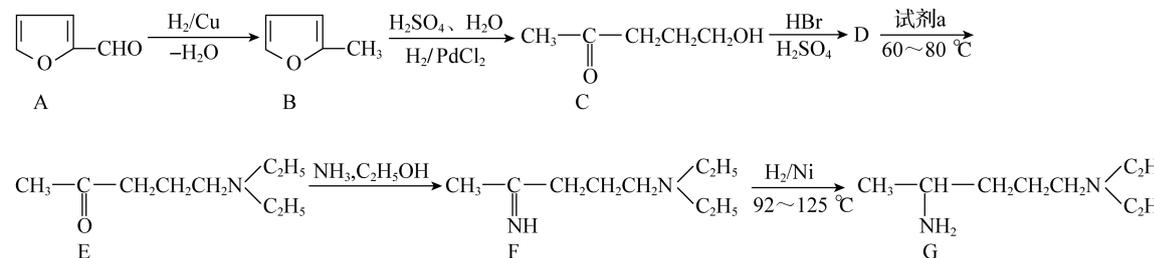
③用  $p$  表示容器内压强,若  $C_3H_8$  的平衡转化率为  $x$ ,则  $x^2 =$  \_\_\_\_\_。(用含  $p$ 、 $K_p$  的式子表示)

④在 570 °C、0.01 MPa 下,反应达到平衡后,再充入 2 mol  $C_3H_8(g)$  和 3 mol  $C_3H_6(g)$ ,化学平衡 \_\_\_\_\_(填“正向移动”“逆向移动”或“不移动”)。

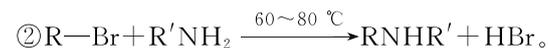
(2) 丙烷还可与逆水煤气变换(RWGS)耦合进行氧化脱氢:  $CO_2(g) + C_3H_8(g) \rightleftharpoons C_3H_6(g) + CO(g) + H_2O(g)$ 。反应体系中耦合机制为  $C_3H_8(g) \rightleftharpoons C_3H_6(g) + H_2(g)$ ,  $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ 。与直接脱氢相比,此方法的优点是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ (写出两点)。

(二) 选做题:共 15 分。本题共 2 小题,从中选一题作答。若多做,则按所做的第一题计分。

18. (15分) 化合物 E(5,5-二乙胺基戊酮)是合成抗疟疾药物磷酸氯喹的重要中间体,其合成路线及相关反应如下所示:



已知:



回答下列问题:

(1) 物质 A 的化学式为 \_\_\_\_\_, B 中官能团的名称为 \_\_\_\_\_, 检验 C 中是否含有 B 所用试剂为 \_\_\_\_\_。

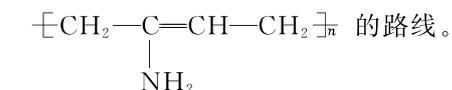
(2) 由 C 生成 D 的化学方程式为 \_\_\_\_\_, F 生成 G 的反应类型为 \_\_\_\_\_, 试剂 a 的结构简式为 \_\_\_\_\_。

(3) 物质 H 与 C 互为同分异构体, 满足下列条件的 H 共有 \_\_\_\_\_ 种。

①能发生银镜反应 ②1 mol H 与足量金属钠反应产生 0.5 mol  $H_2$

其中核磁共振氢谱显示有 4 种峰, 峰面积之比为 6 : 2 : 1 : 1 且不能发生消去反应的结构简式为 \_\_\_\_\_。

(4) 参照题中所给信息, 请设计以  $\text{CH}_2(\text{Br})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2(\text{Br})$  为原料(其他试剂任选), 合成



19. (15分) 碳、氮、铁三种元素均可以形成一些结构独特、性能特殊的物质。回答下列问题:

(1) 基态氮原子能量最高能级的电子云轮廓图为 \_\_\_\_\_ 形; 基态碳原子和铁原子所含未成对电子数之比为 \_\_\_\_\_。

(2) 铁与锰在元素周期表中属于相邻元素, 二者电离能( $I$ )如下表。

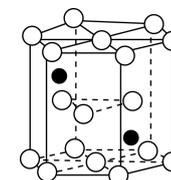
元素	$I_1/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$I_2/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$I_3/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
锰	717.3	1 509.9	3 248
铁	762.5	1 561.9	2 953

$I_3(\text{Mn}) > I_3(\text{Fe})$  的主要原因为 \_\_\_\_\_。

(3)  $(\text{CN})_2$  分子中每个原子最外层均为 8 电子结构, 则  $(\text{CN})_2$  分子中所含  $\sigma$  键与  $\pi$  键数目之比为 \_\_\_\_\_。 $(\text{CN})_2$  的沸点为  $-21.2^\circ\text{C}$ ,  $\text{N}_2$  的沸点为  $-195.62^\circ\text{C}$ ,  $(\text{CN})_2$  的沸点高于  $\text{N}_2$  的原因为 \_\_\_\_\_。

(4)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  中化学键的类型为 \_\_\_\_\_, 配位体中碳原子的杂化方式为 \_\_\_\_\_。

(5) 铁原子与氮原子形成的一种晶胞如下图所示(白球代表铁原子, 黑球代表氮原子), 该晶体的化学式为 \_\_\_\_\_, 已知该晶体的密度为  $d \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 正六棱柱底边边长为  $x \text{ cm}$ ,  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值, 则该正六棱柱的高为 \_\_\_\_\_  $\text{cm}$ (用含  $x$ 、 $d$ 、 $N_A$  的代数式表示, 列出计算式即可)。





# 参考答案及解析

## 河北衡水中学 2021 届全国高三第一次联合考试(全国卷) · 化学

### 一、选择题

- 1. C** 【解析】本题以传统文化为载体,考查化学中相关知识。磁石(或磁铁)是四氧化三铁的俗称,A 正确;李时珍在《本草纲目》中指出,铅盐可沉淀井水中的污染物,从而净化井水,B 正确;“飞絮”来自植物,主要成分为纤维素,“马尾”来自动物,主要成分为蛋白质,C 错误;“陶”和“瓦”主要成分均为硅酸盐,都属于传统的无机非金属材料,D 正确。故选 C。
- 2. C** 【解析】本题考查了有机化合物的命名。A 项中取代基位次之和不是最小,正确名称应为 1,2,4-三甲苯;B 项正确名称应为 2-甲基-1,3-丁二烯;C 项名称为间苯二酚或 1,3-苯二酚,正确;D 项正确名称应为 2,2-二氯丙烷。故选 C。
- 3. A** 【解析】本题以离子反应正误判断为载体,考查氧化还原、药品变质和离子方程式书写技巧等。书写铜与浓硫酸反应的离子方程式时,浓硫酸不能拆开,A 错误;B、C、D 均正确。故选 A。
- 4. C** 【解析】本题以物质结构、可逆反应和有机物结构为载体考查了阿伏加德罗常数。标准状况下,1.12 L CO 与 CO<sub>2</sub> 的混合气体的物质的量为 0.05 mol,0.05 mol CO 中含质子数为 0.7N<sub>A</sub>,0.05 mol CO<sub>2</sub> 中含质子数为 1.1N<sub>A</sub>,则混合后可能为 N<sub>A</sub>,A 正确;3.0 g 甲醛与新制银氨溶液充分反应,生成 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,由 0 价到 +4 价,转移电子的数目为 0.4N<sub>A</sub>,B 正确;标准状况下,2.24 L 氯气的物质的量为 0.1 mol,溶于水充分反应形成氯水,含有未反应的 Cl<sub>2</sub> 分子,所以 c(Cl<sup>-</sup>) + c(ClO<sup>-</sup>) + c(HClO) < 0.2N<sub>A</sub>,C 错误;1 mol 二环[1.1.1]戊烷中含 6 mol 碳碳单键,8 mol 碳氢单键,含共价键的总数为 14N<sub>A</sub>,D 正确。故选 C。
- 5. D** 【解析】本题以物质的分离提纯为情境,综合考查了实验流程分析、实验基本操作、实验常用仪器及实验装置正误判断等常考化学实验内容。由实验流程图可以推出,操作 X 为过滤,Y 为萃取、分液,Z 为蒸馏。A 项,本实验装置所示的操作为蒸发结晶,该实验过程没有涉及,不符合题目要求;B 项,本实验装置所示的操作为蒸馏,该实验装置中牛角管与锥形瓶连接时不能完全封闭,应该与空气相通,错误;C 项,本实验装置所示的操作为过滤,该实验装置中漏斗下口尖端应该紧贴烧杯内壁,错误;D 项,本实验装置所示的操作为分液,该实验装置符合分液操作要求,正确。故选 D。
- 6. D** 【解析】本题考查了催化剂、物质提纯除杂、气体净化、中和滴定等实验。盐酸中的锌粒表面产生气体的速率明显快,原因可能是氯离子的催化作用和硫酸根的抑制作用,而不是盐酸中的 H<sup>+</sup> 浓度大,A 错误;除去氯化钠中的少量硝酸钾用蒸发结晶的方法,B 错误;乙烯和氯化氢混合气体通入酸性高锰酸钾中都能够发生反应,分别生成二氧化碳和氯气,C 错误;D 选项为中和滴定实验,操作、现象及结论均正确。故选 D。
- 7. C** 【解析】本题以原子结构、化合价、物质用途及制备为载体,考查了粒子半径大小比较、元素周期律、物质性质递变规律、元素化合物的转化、氧化还原反应等内容。四种元素原子序数依次增大,原子内层电子数为外层电子数的一半的元素为碳元素;前 20 号元素中原子半径最大的元素为钾,则 W 是钾元素;四种元素的原子序数之和为 42,且 Z 原子最外层电子数等于碳原子的核外电子数 6,则 Z 为硫元素,X 为氢元素。H 与 K 为同主族元素,四种元素分别位于第 1、2、3、4 周期,为不同周期元素,A 正确;碳单质有金刚石、石墨、C<sub>60</sub>、碳纳米管等多种同素异形体,硫单质有多种同素异形体,常见的有单斜硫与斜方硫,B 正确;H 与 C、N 形成的二元化合物,均为共价化合物,只含有共价键,H 与 K 形成的二元化合物为离子化合物 KH,只含有离子键,C 错误;碳与浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 可以生成 H、C、S 的氧化物 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>,D 正确。故选 C。
- 8. B** 【解析】本题以萘普生的合成为载体考查了共面判断、官能团性质、反应类型判断、物质检验等知识。萘普生中与苯环直接相连的碳原子与甲基碳原子、羧基碳原子和苯环上的碳原子一定不能共面,A 错误;1 mol 中间体 I 与足量 H<sub>2</sub> 和 NaOH 反应,消耗二者的物质的量分别为 6 mol、2 mol,B 正确;中间体 I 经催化氧化、加成反应和水解反应才可转化为中间体 II,C 错误;萘普生中与苯环直接相连的碳原子上连有氢原子,可以使酸性高锰酸钾溶液褪色,D 错误。故选 B。
- 9. B** 【解析】本题以电催化固氮原理为载体考查电化学相关知识。a 极为阴极,为电子流入的极,A 正确;工作相同时间,若不存在其他副反应,根据电子转移守恒,阴极室和阳极室消耗的 N<sub>2</sub> 的质量之比为 5 : 3,B 错误;阳极室的电极反应为 N<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O - 10e<sup>-</sup> = 2NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + 12H<sup>+</sup>,C 正确;该装置可以直接将可再生能源产生的电能转化为易于储存和运输的氨和硝酸,并保证二

氧化碳的零排放,为解决当前严峻的能源和环境问题提供了新的思路,D正确。故选B。

10. C 【解析】本题考查了乙炔气体的制备原理、乙炔的化学性质、 $\text{CaC}_2$ 的电子式、化学反应速率等知识。电石中碳碳之间有三对共用电子,A错误。电石和水反应时,生成糊状的氢氧化钙会堵塞容器缝隙,影响反应进行;且电石与水反应很剧烈,固体很快溶解或变成粉末而不能保持块状;再者反应大量放热,会损坏启普发生器;故不能使用启普发生器,B错误。电石与水反应消耗水,实验时滴加饱和食盐水,会有氯化钠晶体析出,覆盖在电石表面,防止反应过于剧烈,C正确。反应  $24\text{CuSO}_4 + 11\text{PH}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 8\text{Cu}_3\text{P} \downarrow + 3\text{H}_3\text{PO}_4 + 24\text{H}_2\text{SO}_4$  中,24 mol  $\text{CuSO}_4$  作氧化剂,11 mol  $\text{PH}_3$  中3 mol 作还原剂,共转移 24 mol  $\text{e}^-$ ,D错误。故选C。

11. C 【解析】本题以生活中常见金属铜、铁、铝之间的转化为载体,考查了氧化还原反应的应用,氧化物种类判断及物质成分判断。由D是生活中常见的紫红色金属,可知D为Cu。C和F为氧化物,且H遇KSCN溶液显红色,可知C为含三价铁的氧化物,故G为铁,B与C高温下反应生成铁,则B为Al,进一步判断出F为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,E为 $\text{AlCl}_3$ ,A为 $\text{CuCl}_2$ 。反应①为Al和 $\text{CuCl}_2$ 的置换反应,是自发进行的氧化还原反应,可设计成原电池,A正确;反应②为铝热反应,B正确;F为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,属于金属氧化物,也属于两性氧化物,C错误;物质C可能是 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,也可能是 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,D正确。故选C。

12. B 【解析】本题以向NaHX溶液中逐滴滴入NaOH溶液为载体,考查水的电离程度、溶液酸碱性、离子浓度关系等。M点溶液中,水的电离受到抑制,所以 $\text{HX}^-$ 的电离程度大于水解程度,溶液中 $c(\text{Na}^+) > c(\text{HX}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{X}^{2-})$ ,A正确;N点和Q点溶液由水电离产生的氢离子浓度相同,Q点溶液呈碱性,B错误;图中N点至P点对应的溶液中 $\frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{X}^{2-})}$ 、 $c(\text{H}^+)$ 都减小,所以 $\frac{c(\text{HX}^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{X}^{2-})}$ 始终减小,C正确;P点对应溶液水解呈碱性,促进水的电离, $\text{pH}_\text{水} = 5.4 < 7$ ,D正确。故选B。

13. C 【解析】本题以 $\text{SO}_2$ 烟气脱硫为载体,考查 $\text{SO}_2$ 的性质、氧化还原反应、电子转移、流程中产物判断。 $\text{SO}_2$ 有毒且能形成酸雨,因此被列为国家重点减排对象,A正确;“脱硫塔”中进箭头为反应物,出箭头为生成物,根据得失电子守恒配平得 $\text{CaS} + 2\text{SO}_2 = \text{CaSO}_4 + \text{S}_2$ ,B正确;当产生1 mol  $\text{CaSO}_4$ 时生成1 mol  $\text{S}_2$ ,转移电子的物质的量为4 mol,C错误;“再生塔”中C与 $\text{CaSO}_4$ 反应生成 $\text{CO}_2$ 和M,根据元素守

恒和得失电子守恒规律,可判断M为 $\text{CaS}$ ,D正确。故选C。

14. A 【解析】本题以催化剂将 $\text{O}_2$ 选择性地还原为 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的过程为载体,考查催化剂、可逆反应、电子转移、反应类型等。反应①和③为复分解反应,属于非氧化还原反应,A正确;若控制条件,使①③转化率相同,物质D参加反应前后质量和数量均不变,故D为催化剂,B错误;反应④的 $\Delta H$ 与反应①③的 $\Delta H$ 之和没有必然联系,C错误;反应④每转移2 mol  $\text{e}^-$ ,生成1 mol  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,反应②也有电子转移,且反应③的转化率也不确定,D错误。故选A。

## 二、非选择题

15. (14分)

(1)三颈烧瓶(1分)

(2)0.17(2分) 偏大(2分)

(3)催化剂(1分) 受热均匀,便于控制温度和保持温度(1分)

(4):  $\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$  (1分)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$  (2分)

(5)溶液由橙色变为红褐色,且半分钟不恢复原色(2分)  
2 400—40a(2分)

【解析】本题以氧化还原法测定水质COD为背景,考查了仪器名称、试剂在反应中的作用、油浴加热优点、电子式书写、滴定终点判断、氧化还原计算等知识。

(1)仪器M是实验中常见的三颈烧瓶,使装置变得简单,便于操作。

(2)溶液中的氯离子未除去或除不尽会发生反应 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Cl}^- = 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$ ,若存在1 mol氯离子,则会消耗0.17 mol重铬酸钾,从而消耗过多的重铬酸钾,氯离子充当了有机物,使最终测定的COD值偏大。

(3)从反应原理看,硫酸银的作用是催化剂,加快有机物和重铬酸钾的反应。油浴加热的优点是受热均匀,便于控制温度和保持温度。

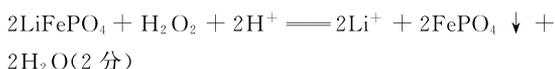
(4) $\text{CO}_2$ 的电子式为: $\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$ ;滴定时发生的反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

(5)煮沸后的溶液未加入硫酸亚铁铵之前,溶液中有剩余的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,水溶液为橙色,加入硫酸亚铁铵之后,橙色会慢慢变化,当加入最后一滴时,亚铁离子和试亚铁灵结合,溶液变为红褐色。所以滴定终点为溶液由橙色变为红褐色,且半分钟不恢复原色。根据离子方程式 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 可以计算得到剩余的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的物质的量为 $(\frac{10^{-4}a}{6})$  mol,则水中有机物消耗的重铬酸钾

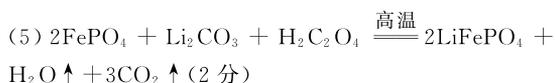
的物质的量为  $(10^{-3} - \frac{10^{-4}a}{6})$  mol, 转移的电子的物质的量为  $(6 \times 10^{-3} - 10^{-4}a)$  mol, 则相当于氧气的物质的量为  $\frac{6 \times 10^{-3} - 10^{-4}a}{4}$  mol, 则  $\text{COD} = \frac{6 \times 10^{-3} - 10^{-4}a}{4} \times 32 = (2400 - 40a) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

16. (14 分)

(1) d (1 分)

(2)  $\text{NaClO}_3$  与盐酸反应产生  $\text{Cl}_2$ , 污染生产环境 (2 分) 防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解和盐酸挥发 (2 分)(3) 提高盐酸与  $\text{H}_2\text{O}_2$  的利用率 (1 分)

(4) 水浴加热 (1 分) 趁热过滤 (1 分) 98.89 (2 分)



**【解析】** 本题以废旧磷酸铁锂正极片 ( $\text{LiFePO}_4$ 、导电石墨、铝箔) 进行回收锂的工艺为载体, 考查了速率的控制、氧化还原反应、方程式书写、加热方式、温度控制、实验操作及相关计算。

(1) “碱浸”时, 适当提高浸出温度、使用搅拌器、适当提高氢氧化钠的浓度均可提高矿石的浸出速率, 但增大矿石的粒度, 会减小接触面积, 降低浸出率, 所以选 d。

(2) “氧化浸出”时, 实际生产中氧化剂选用  $\text{H}_2\text{O}_2$  而不选用  $\text{NaClO}_3$  的原因是  $\text{NaClO}_3$  与盐酸反应产生  $\text{Cl}_2$ , 污染生产环境; “氧化浸出”时, 发生反应  $2\text{LiFePO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{LiCl} + 2\text{FePO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 温度不宜超过  $50^\circ\text{C}$ , 其目的是防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解和盐酸挥发; 把以上化学方程式改为离子方程式, 得  $2\text{LiFePO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Li}^+ + 2\text{FePO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) “浸出液”循环两次的目的是提高盐酸与  $\text{H}_2\text{O}_2$  的利用率。

(4) “沉锂”的温度保持在  $95^\circ\text{C}$ , 低于  $100^\circ\text{C}$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  溶液煮沸发生水解, 所以最好选用的加热方式为水浴加热。因  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  在水中溶解度随温度升高而降低, 为降低  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的溶解, “一系列操作”具体包括趁热过滤、洗涤、干燥。  $K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = c^2(\text{Li}^+) \times c(\text{CO}_3^{2-}) = 1.6 \times 10^{-4}$ , 求得“沉锂”后的溶液中  $c(\text{Li}^+) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 故锂的沉降率为  $(1 - \frac{0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}) \times 100\% \approx 98.89\%$ 。

(5) “滤渣 II”经纯化可得  $\text{FePO}_4$ , 流程中生成的  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{FePO}_4$  在高温条件下与  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  煅烧可得

$\text{LiFePO}_4$ , 因  $\text{FePO}_4$  被还原为  $\text{LiFePO}_4$ , 根据氧化还原反应规律可判断  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  被氧化为  $\text{CO}_2$ , 根据得失电子守恒和元素守恒配平得  $2\text{FePO}_4 + \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{LiFePO}_4 + \text{H}_2\text{O} \uparrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。

17. (15 分)

(1) ① &gt; (2 分) &lt; (2 分) = (1 分)

② 0.001 (2 分) 0.018 (2 分)

③  $\frac{K_p}{K_p + p}$  (2 分) ④ 正向移动 (2 分)

(2) 平衡转化率大为提高 (1 分) 二氧化碳可以消除表面积炭, 提高催化剂的稳定性 (1 分)

**【解析】** 本题以丙烷催化脱氢制备为素材考查  $\Delta H$ 、平衡浓度比较、反应速率、转化率与  $K$  和  $K_p$  的关系、平衡移动计算、反应机理分析等知识点。

(1) ① 升温, 平衡转化率增大, 说明正反应为吸热反应,  $\Delta H > 0$ ; A 点和 B 点相比, A 点容积增大, 根据勒夏特列原理, 只能减弱不能消除改变, 所以 A 点对应的  $\text{C}_3\text{H}_6$  的平衡浓度小于 B 点的; 温度一定, 平衡常数不变, 所以  $K_A$  等于  $K_B$ 。

②  $570^\circ\text{C}$ 、0.01 MPa 下, 3 h 后达到平衡,  $p(\text{C}_3\text{H}_6) =$ 

$$p(\text{H}_2) = \frac{0.8}{1.8} \times 0.01 \text{ MPa}, v(\text{C}_3\text{H}_6) = (\frac{0.8}{1.8} \times 0.01 \text{ MPa} \div 3) \text{ MPa} \cdot \text{h}^{-1} \approx 0.001 \text{ MPa} \cdot \text{h}^{-1};$$

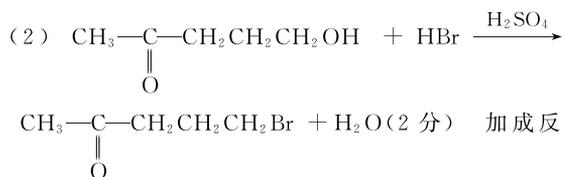
$$p(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{0.2}{1.8} \times 0.01 \text{ MPa}, K_p = (\frac{0.8}{1.8} \times 0.01 \text{ MPa})^2 \div (\frac{0.2}{1.8} \times 0.01 \text{ MPa}) \approx 0.018 \text{ MPa}。$$

$$\textcircled{3} K_p = (\frac{x}{1+x} p)^2 \div (\frac{1-x}{1+x} p), \text{整理可得, } x^2 = \frac{K_p}{K_p + p}。$$

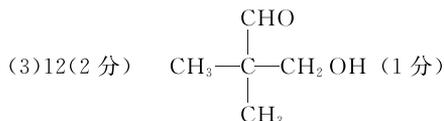
④ 再充入 2 mol  $\text{C}_3\text{H}_8$  (g) 和 3 mol  $\text{C}_3\text{H}_6$  (g),  $Q_p = \frac{3.8}{6.8} \times (0.01 \text{ MPa})^2 \div (\frac{2.2}{6.8} \times 0.01 \text{ MPa}) \approx 0.00203 \text{ MPa} < K_p$ , 所以平衡向正反应方向移动。

(2)  $\text{CO}_2$  除去  $\text{H}_2$  使得丙烷脱氢反应的平衡转化率相比直接脱氢大为提高, 二氧化碳可以和碳反应消除表面积炭, 提高催化剂的稳定性。

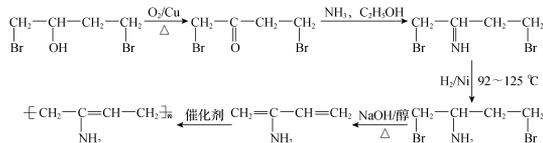
18. (15 分)

(1)  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$  (1 分) 碳碳双键、醚键 (2 分) 溴水 (或溴的四氯化碳溶液) (1 分)

应(或还原反应)(1分)  $\text{NH}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  (1分)



(4)

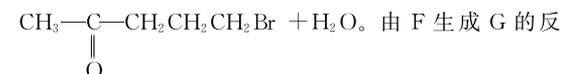
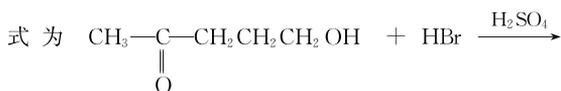


(4分)

**【解析】** 本题以药物中间体合成为载体,考查官能团名称、物质检验、反应类型判断、有机物结构推断、化学方程式书写及合成路线设计等知识点。

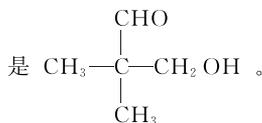
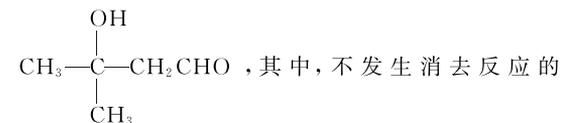
(1) 物质 A 的分子式为  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ , B 中官能团的名称为碳碳双键、醚键。B 中含有碳碳双键, 检验 C 中是否含有 B 所用试剂为溴水或溴的四氯化碳溶液, 不能用酸性高锰酸钾溶液。

(2) 根据已知反应①和流程可判断 D 的结构简式为  $\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ , 故由 C 生成 D 的化学方程

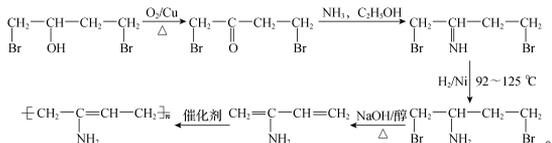


由 F 生成 G 的反应类型为加成反应, 根据已知反应和流程可判断试剂 a 的结构简式为  $\text{NH}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 。

(3) H 中含有的官能团为一个醛基, 一个羟基。H 共有 12 种同分异构体, 其中核磁共振氢谱峰面积之比



(4) 根据题中所给信息及所学知识, 可得合成路线为



19. (15分)

(1) 哑铃(或纺锤)(1分) 1:2(1分)

(2)  $\text{Mn}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  的外围电子排布分别是  $3d^5$  和  $3d^6$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  的 3d 轨道为半充满状态, 体系能量较低稳定, 失去一个电子较难(2分)

(3) 3:4(1分)  $(\text{CN})_2$  的范德华力大于  $\text{N}_2$  的范德华力(2分)

(4) 共价键、配位键(2分, 每个 1分)  $sp$ (2分)

(5)  $\text{Fe}_3\text{N}$ (2分) 
$$\frac{56 \times 6 + 14 \times 2}{\frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot x^2 \times d \times N_A}$$
 (2分)

**【解析】** 本题以常见元素涉及的物质为命题情境, 考查了原子结构与性质、电子云轮廓图、电子排布、杂化方式、晶体沸点判断、晶胞有关计算等知识。

(1) 基态氮原子能量最高能级为 2p, 其电子云轮廓图为哑铃或纺锤形; 基态碳原子未成对电子数目为 2, 铁原子未成对电子数目为 4, 二者未成对电子数目之比为 1:2。

(2)  $\text{Mn}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  的外围电子排布分别是  $3d^5$  和  $3d^6$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  的 3d 轨道为半充满状态, 体系能量较低稳定, 失去一个电子较难, 所以  $I_3(\text{Mn}) > I_3(\text{Fe})$ 。

(3)  $(\text{CN})_2$  分子中每个原子最外层均为 8 电子结构, 则碳原子与氮原子之间形成碳氮三键, 其中含有 1 个  $\sigma$  键与 2 个  $\pi$  键, 故  $(\text{CN})_2$  分子中  $\sigma$  键与  $\pi$  键的数目之比为 3:4。由  $(\text{CN})_2$  的沸点和  $\text{N}_2$  的沸点可以推出二者均属于分子晶体且均不存在氢键, 范德华力越大, 物质的沸点越高, 所以  $(\text{CN})_2$  的范德华力大于  $\text{N}_2$  的范德华力。

(4)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  属于配合物离子, Fe 为中心原子, 提供空轨道,  $\text{CN}^-$  属于配位体, 提供孤电子对, 化学键中既有普通共价键, 又有配位键; 配位体  $\text{CN}^-$  中碳原子形成碳氮三键, 其杂化方式为  $sp$ 。

(5) 由图可知, 12 个铁原子位于正六棱柱的顶点, 2 个铁原子位于底面, 3 个铁原子位于晶胞内部, 2 个氮原子位于晶胞内部, 由均摊法推出该晶体的化学式为  $\text{Fe}_3\text{N}$ ; 该晶胞底面的面积为  $\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot x^2 \times 6$ , 晶胞的体积  $V =$

底面积  $\times$  高, 该晶体的密度为  $\frac{56 \times 6 + 14 \times 2}{V \times N_A} =$

$d \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 则该正六棱柱的高为  $\frac{56 \times 6 + 14 \times 2}{\frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot x^2 \times d \times N_A} \text{ cm}$ 。