

# 2023 北京清华附中高三 9 月月考

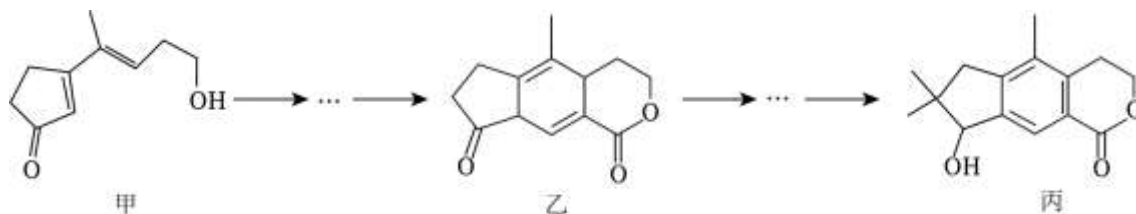
## 化 学

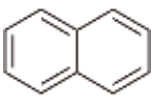
一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 分，共 78 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 化学无处不在，下列化学与生活中有关的说法正确的是 ( )

- A. 淀粉、纤维素、油脂都属于天然高分子
- B. 化妆品中添加含铬物质制美白肌肤“SK - II”，可使女性青春永驻
- C. 水果罐头中常添加维生素 C 用作营养强化剂
- D. 传统鎏金工艺是将金溶于汞中制成“金汞漆”，涂在器物表面，然后加火除汞，鎏金工艺利用了汞的挥发性

2. 有机化合物丙具有镇痉、抗肿瘤等生物活性，其部分合成路线如图。下列说法正确的是 ( )



- A. 甲中含有手性碳原子
- B. 丙的水解产物不可能发生缩聚反应
- C. 乙存在含萘环 (  ) 结构的同分异构体
- D. 可用酸性高锰酸钾溶液验证甲中含有碳碳双键

3. 某固体样品，可能含有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{KClO}_3$  和  $\text{NaCl}$ 。取少量样品进行如下实验：

- ①取少量固体滴加一定浓度的稀盐酸，有气泡产生；
- ②另取少量固体加热，固体质量减少；
- ③取②中加热后的固体溶于水，静置后，取上层清液，向其中先滴加足量稀硝酸，无现象，再滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液，有白色沉淀生成。

下列说法中正确的是 ( )

- A. 该固体样品中一定含有  $\text{NaHCO}_3$
- B. 该固体样品中一定含有  $\text{NaCl}$
- C. 该固体样品中一定含有  $\text{KClO}_3$
- D. 步骤①的试管口产生的气体一定是无色的

4. 下列实验目的、方案设计和现象、结论有错误的是 ( )

选项	实验目的	方案设计和现象	结论
A	比较 S 与 Cl 的非金属性强	用 pH 试纸测定 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}$ 和 $\text{NaCl}$ 溶液	若前者的 pH 值比后者



	弱	的 pH	大, 说明非金属性: S < Cl
B	验证某固体是 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 还是 NaHCO <sub>3</sub>	室温下取少量固体于试管中, 插入温度计, 加几滴水, 温度降低	该固体是 NaHCO <sub>3</sub>
C	测定均为离子化合物的 Na <sub>2</sub> S 和 K <sub>2</sub> S 的离子键强弱	Na <sub>2</sub> S 的熔点更高	Na <sub>2</sub> S 中离子键强于 K <sub>2</sub> S 中离子键
D	探究淀粉的水解程度	将淀粉水解液分成两份, 向第一份中加入 NaOH 溶液调节溶液至碱性, 加入银氨溶液并水浴加热出现银镜; 向第二份中滴加少量碘水, 溶液变蓝色	淀粉部分水解

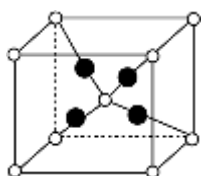
A. A

B. B

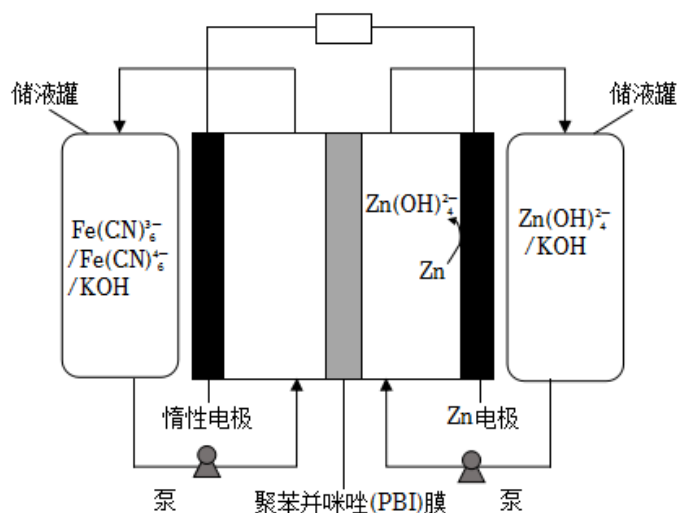
C. C

D. D

5. M、X、Y、Z、Q、W 是原子序数依次增大的前四周期元素, M 的某一核素没有中子, X、Z 的基态原子 2p 能级上各有两个未成对电子, Y 与 Q 同主族, W 原子 N 能层只有一个电子, 其余能层全充满。下列说法错误的是 ( )

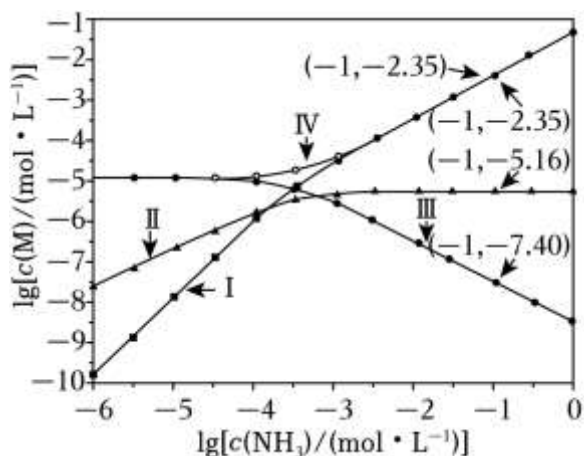
A. 元素第一电离能:  $I_1(Y) > I_1(Z)$ B.  $XZ_3^{2-}$  的空间构型为平面三角形C.  $M_3QZ_3$  是一种三元酸D. W 与 Z 形成的化合物晶胞如图, 其化学式为  $W_2Z$ 

6. 锌铁液流电池由于安全、稳定、电解液成本低等优点成为电化学储能热点技术之一, 如图为以  $Zn(OH)_4^{2-}/Zn$  和  $Fe(CN)_6^{3-}/Fe(CN)_6^{4-}$  作为电极氧化还原电对的碱性锌铁液流电池放电时的工作原理示意图。已知: 聚苯并咪唑 (PBI) 膜允许  $OH^-$  离子通过。下列说法错误的是 ( )



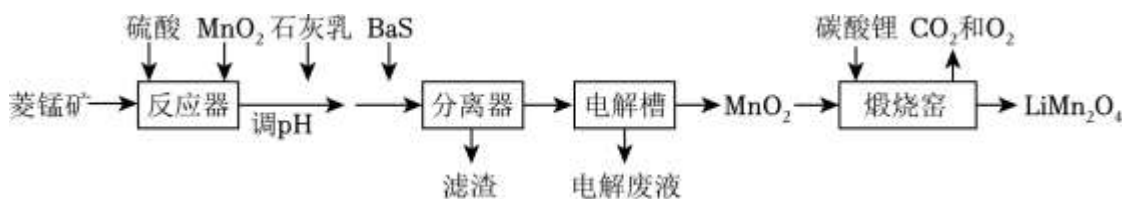
- A.  $1\text{mol Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  含有  $\sigma$  键的数目为  $12N_A$
- B. 放电过程中, 当有  $2\text{mol}$  电子转移时, 负极区电解液增重  $65\text{g}$
- C. 充电过程中, 阴极区的溶液  $\text{pH}$  逐渐增大
- D. 充电过程中, 总反应为  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} = 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{Zn} + 4\text{OH}^-$

7. 向  $\text{AgCl}$  饱和溶液 (有足量  $\text{AgCl}$  固体) 中滴加氨水, 发生反应  $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  和  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $\lg[c(\text{M}) / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$  与  $\lg[c(\text{NH}_3) / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$  的关系如图所示 (其中  $\text{M}$  代表  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  或  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ )。下列说法错误的是 ( )



- A. 曲线IV可视为  $\text{AgCl}$  溶解度随  $\text{NH}_3$  浓度变化曲线
- B.  $\text{AgCl}$  的溶度积常数的数量级为  $10^{-9}$
- C. 反应  $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  的平衡常数  $K$  的值为  $10^{3.24}$
- D. 向  $\text{AgCl}$  饱和溶液 (有足量  $\text{AgCl}$  固体) 中滴加氨水后, 溶液中存在  $c(\text{OH}^-) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+)$

8. (15分)  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  作为一种新型锂电池正极材料受到广泛关注。由菱锰矿 (主要为  $\text{MnCO}_3$ , 含有少量  $\text{Si}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Al}$  等元素) 制备  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  的流程如图:



已知:  $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2.8 \times 10^{-39}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1.0 \times 10^{-32}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2] = 5.5 \times 10^{-16}$ 。

回答下列问题:

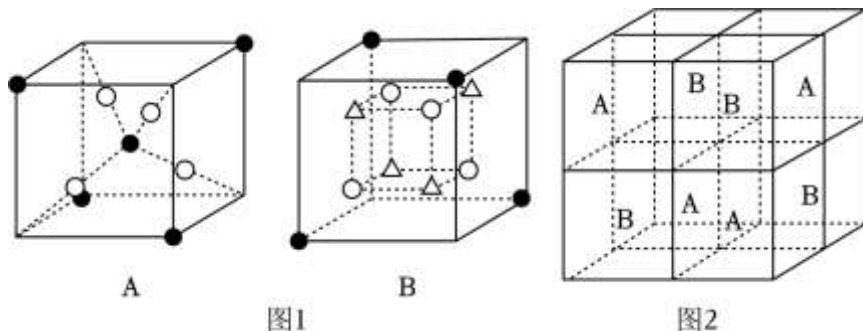
- 为了提高硫酸溶矿浸出的速率, 可以采取的措施有: ①适当升高温度; ②搅拌; ③\_\_\_\_\_。
- 加入少量  $\text{MnO}_2$  发生的离子反应方程式是\_\_\_\_\_。
- 溶矿反应完成后, 反应器中溶液  $\text{pH}=4$ , 可完全除去的金属离子是\_\_\_\_\_; 用石灰乳调节  $\text{pH}$  大于\_\_\_\_\_, 可将金属  $\text{Al}^{3+}$  完全除去 (离子浓度小于  $10^{-5}\text{mol/L}$  即可认为完全除去)。
- 加入少量  $\text{BaS}$  溶液除去  $\text{Ni}^{2+}$ , 生成的沉淀有\_\_\_\_\_。

(5) 煅烧窑中，生成  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  反应的化学方程式是 \_\_\_\_\_。

(6) 锰酸锂可充电电池的总反应为： $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + \text{Li}_x\text{C} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{LiMn}_2\text{O}_4 + \text{C}$  ( $0 < x < 1$ )。

① 充电时，电池的阳极反应式为 \_\_\_\_\_，若此时转移  $1\text{mol e}^-$ ，则石墨电极将增重 \_\_\_\_\_g。

② 一种  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  晶胞可看成由图 1 中 A、B 单元按图 2 方式构成。图 1 中“○”表示  $\text{O}^{2-}$ ，则“●”表示的微粒是 \_\_\_\_\_ (填离子符号)。



9. (14 分) 钴配合物  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  溶于热水，在冷水中微溶，难溶于乙醇，可通过如下反应制备： $2\text{CoCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 10\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{活性炭}} [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。该反应放出大量的热，制备具体步骤如下：

I. 称取 2.0g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  于三颈烧瓶中，用 5mL 水溶解。

II. 分批加入 3.0g  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  后，将溶液温度降至  $10^\circ\text{C}$  以下，加入 1g 活性炭、7mL 浓氨水，搅拌下逐滴加入 10mL 6% 的双氧水。

III. 加热至  $55 \sim 60^\circ\text{C}$  反应 20min。冰水浴冷却，过滤。

IV. 将滤得的固体转入含有少量盐酸的 25mL 沸水中，趁热过滤。

V. 滤液转入烧杯，加入 4mL 浓盐酸，冷却、过滤、用乙醇洗涤晶体并干燥，得到橙黄色晶体。

回答下列问题：

(1) 步骤 I 中使用的玻璃仪器有三颈烧瓶、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2) 步骤 II 中，逐滴加入 10mL 6% 的双氧水若改为一次性加入会出现的问题是\_\_\_\_\_。

(3) 步骤 III 中，冰水浴冷却的目的是\_\_\_\_\_，步骤 IV 趁热过滤掉的主要物质为\_\_\_\_\_。

(4) 步骤 V 中加入浓盐酸的目的是\_\_\_\_\_，用乙醇洗涤与蒸馏水洗涤相比优点是\_\_\_\_\_。

(5) 上述实验过程中若不使用活性炭作催化剂，则会得到紫红色晶体  $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3$  ( $M = 250.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )。取 2.505g 紫红色晶体，溶于水后加入足量  $\text{AgNO}_3$  溶液，生成白色沉淀 2.870g，写出该反应的化学方程式\_\_\_\_\_。

10. (15 分) 聚苯乙烯是一类重要的高分子材料，可通过苯乙烯聚合制得。回答下列问题：

I. 苯乙烯的制备

(1) 工业常采用乙苯脱氢的方法制备苯乙烯，其原理如下：



近期科技工作者结合实验与计算机模拟结果，研究了一个乙苯分子在催化剂表面脱氢制苯乙烯的反应，其历程如图 1 所示 (吸附在催化剂表面的物质用\*标注)：

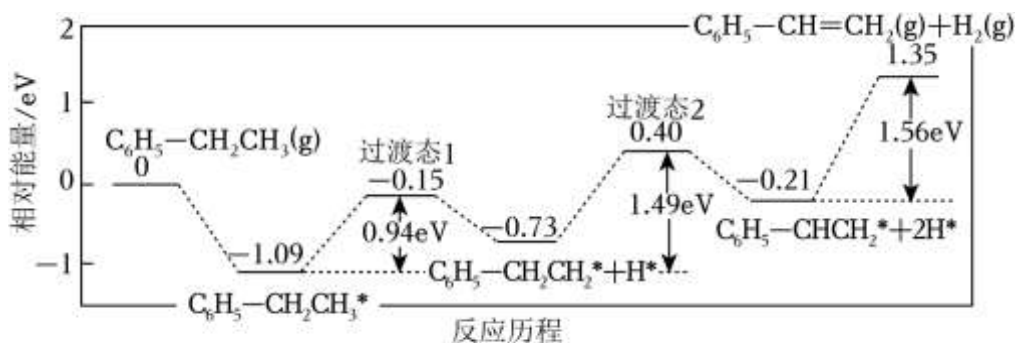


图1

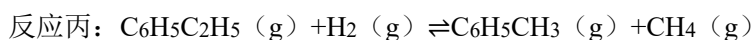
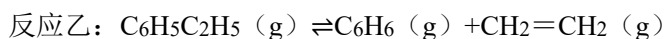
乙苯脱氢制苯乙烯反应的焓变  $\Delta H_1$  \_\_\_\_\_ 0 (选填“大于”或“小于”或“等于”), 该反应历程的决速步骤反应方程式为 \_\_\_\_\_。

(2) 乙苯脱氢是合成苯乙烯的关键步骤。某温度下, 向 2.0L 恒容密闭容器中充入 0.10mol  $C_6H_5CH_2CH_3$  (g), 测得乙苯脱氢反应时间 (t) 与容器内气体总压强 (p) 的数据见下表:

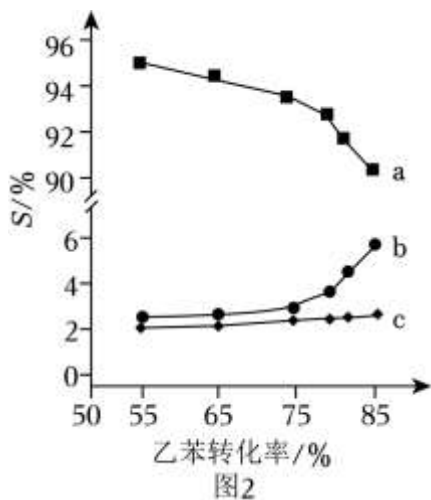
时间 t/h	0	1	2	4	8	16	20	25	30
总压强 p/100kPa	4.91	5.58	6.32	7.31	8.54	9.50	9.52	9.53	9.53

计算该温度下的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_ (结果保留至小数点后两位)。

(3) 在 913K、100kPa 下, 以水蒸气作稀释气。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作催化剂, 乙苯除脱氢生成苯乙烯外, 还会发生如下两个副反应:



以上反应体系中, 芳香烃产物苯乙烯、苯和甲苯的选择性 S 随乙苯转化率的变化曲线如图 2 所示, 其中曲线 b 代表的产物是 \_\_\_\_\_, 理由是 \_\_\_\_\_。(S=转化为目的产物所消耗乙苯的量×100%)



(4) 实验测得, 乙苯脱氢反应的速率方程为  $v_{正} = k_{正} p_{乙苯}$ ,  $v_{逆} = k_{逆} p_{苯乙烯} p_{氢气}$  ( $k_{正}$ 、 $k_{逆}$  为速率  $\frac{1}{T}$  常数,

只与温度有关), 图 3 中③代表  $\lg k_{逆}$  随  $\frac{1}{T}$  的变化关系, 则能代表  $\lg k_{正}$  随  $\frac{1}{T}$  的变化关系的是 \_\_\_\_\_。

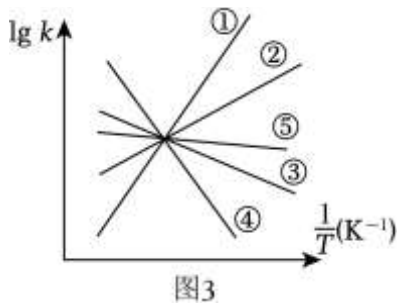


图3



## II. 苯乙烯的聚合

(5) 苯乙烯聚合有多种方法，其中一种方法的关键步骤是某 Cu (I) 的配合物促进，CuCl 是合成该 Cu (I) 的配合物的关键物质。在 CuCl 的晶胞中，Cl<sup>-</sup> 的位置如图 4 所示。Cu<sup>+</sup> 填充于 Cl<sup>-</sup> 构成的四面体空隙中，则 Cu<sup>+</sup> 的配位数为 \_\_\_\_\_；若 N<sub>A</sub> 为阿伏加德罗常数的值，该晶体的密度为 ρg·cm<sup>-3</sup>，则该晶胞中 Cu<sup>+</sup> 之间的距离为 \_\_\_\_\_nm (用含 ρ、N<sub>A</sub> 的代数式表示)。

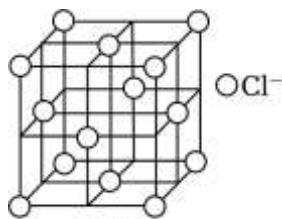
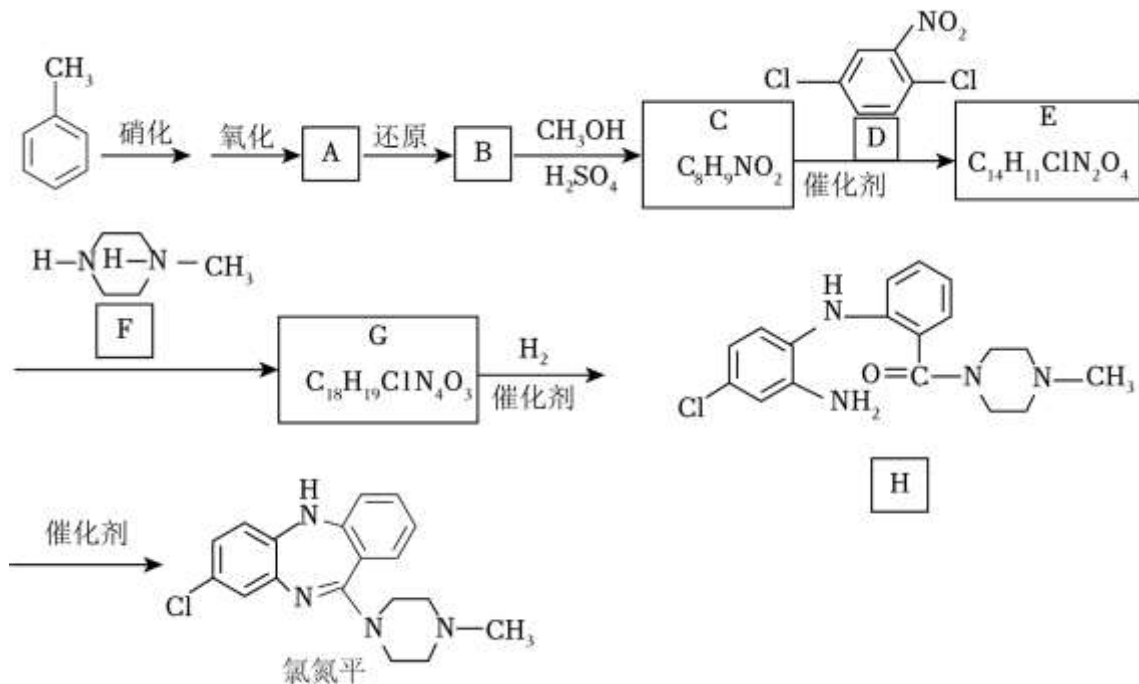
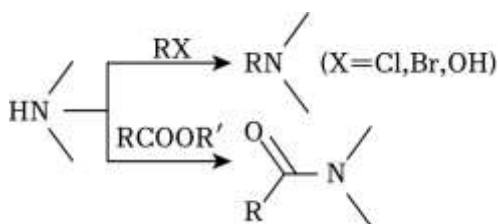


图4

11. (14分) 某研究小组按下列路线合成药物氯氮平。



已知：





回答下列问题:

- (1) 化合物 A 中碳的轨道杂化类型有 \_\_\_\_\_ 种。
- (2) B 的化学名称是 \_\_\_\_\_。
- (3) C 中的官能团名称是 \_\_\_\_\_。
- (4) E 的结构简式是 \_\_\_\_\_。
- (5) 化合物 H 成环得氯氮平的过程中涉及两步反应, 其反应类型依次为 \_\_\_\_\_。
- (6) 写出 C→E 的化学方程式 \_\_\_\_\_。
- (7) 同时符合下列条件的化合物 F 的同分异构体有 \_\_\_\_\_ 种 (不考虑碳原子的手性造成的旋光异构):

①分子中含一个五元环

②分子中含有一个 -NH<sub>2</sub>

在符合条件的同分异构体中 <sup>1</sup>H - NMR 谱表明有四组峰, 峰面积之比为 1: 1: 2: 2 的结构简式是 \_\_\_\_\_。



## 参考答案

一、选择题：本题共 7 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。

1. 【分析】A. 相对分子质量大于一万的物质是高分子；

B. 铬是重金属；

C. 维生素 C 具有还原性；

D. 汞的沸点低。

【解答】解：A. 油脂相对分子量远远小于 1 万，不属于天然高分子，故 A 错误；

B. 铬是重金属，有毒，化妆品中添加含铬物质对人体有害，故 B 错误；

C. 维生素 C 具有还原性，水果罐头中常添加维生素 C 用作抗氧化剂，故 C 错误；

D. 汞的沸点低，加火除汞，利用汞的挥发性，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查高分子、重金属及维生素 C 的作用，主要考查化学与生活，题目比较简单。

2. 【分析】A. 连接 4 个不同原子或原子团的碳原子为手性碳原子；

B. 丙分子中含有酯基，其酸性水解产物含有羧基、羟基；

C. 乙的分子式为  $C_{13}H_{14}O_3$ ，不饱和度为 7，与萘环的不饱和度相同；

D. 碳碳双键、羟基均能被酸性高锰酸钾溶液氧化。

【解答】解：A. 连接 4 个不同原子或原子团的碳原子为手性碳原子，甲中不含有手性碳原子，故 A 错误；

B. 丙分子中含有酯基，其酸性水解产物含有羧基、羟基，一定条件下可以发生缩聚反应，故 B 错误；

C. 乙的分子式为  $C_{13}H_{14}O_3$ ，不饱和度为 7，与萘环的不饱和度相同，则乙存在含萘环结构的同分异构体，故 C 正确；

D. 碳碳双键、羟基均能被酸性高锰酸钾溶液氧化，甲结构中含有碳碳双键、羟基，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查有机物的结构与性质，侧重考查学生有机基础知识的掌握情况，试题难度中等。

3. 【分析】①取少量固体滴加一定浓度的稀盐酸，有气泡产生，气体可能为碳酸氢钠与盐酸反应生成的无色气体二氧化碳，也可能为盐酸与氯酸钾发生氧化还原反应生成的黄绿色氯气；

②另取少量固体加热，固体质量减少，碳酸氢钠和氯酸钾受热都会分解导致固体质量减小；

③取②中加热后的固体溶于水，静置后，取上层清液，则说明含不溶于水的  $SiO_2$ ，向其中先滴加足量稀硝酸，无现象，说明样品不含碳酸氢钠，则含氯酸钾；由于氯酸钾受热分解生成氯化钾，再滴加  $AgNO_3$  溶液，有氯化银白色沉淀生成，不能判断样品是否含有氯化钠、碳酸氢钠。

【解答】解：①取少量固体滴加一定浓度的稀盐酸，有气泡产生，气体可能为碳酸氢钠与盐酸反应生成的无色气体二氧化碳，也可能为盐酸与氯酸钾发生氧化还原反应生成的黄绿色氯气；②另取少量固体加热，固体质量减少，碳酸氢钠和氯酸钾受热都会分解导致固体质量减小；③取②中加热后的固体溶于水，





静置后，取上层清液，则说明含不溶于水的  $\text{SiO}_2$ ，向其中先滴加足量稀硝酸，无现象，说明样品不含碳酸氢钠，则含氯酸钾；由于氯酸钾受热分解生成氯化钾，再滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液，有氯化银白色沉淀生成，不能判断样品是否含有氯化钠、碳酸氢钠；步骤①的试管口产生的气体一定有氯气，一定有颜色，故选：C。

【点评】本题考查物质成分的确定，侧重考查学生物质之间的反应的掌握情况，试题难度中等。

4. 【分析】A. 用 pH 试纸测定  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{NaCl}$  溶液的 pH，只能根据溶液 pH 大小判断比较  $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  的酸性强弱，不能用于比较两种元素的非金属性的强弱；
- B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶于水放出热量使温度升高，而  $\text{NaHCO}_3$  溶于水吸收热量使温度降低；
- C.  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{K}_2\text{S}$  都是离子化合物，阴阳离子之间以离子键结合，离子键越强，断裂离子键消耗能量就越多，物质的熔沸点就越高；
- D. 向淀粉水解后的溶液中滴加  $\text{NaOH}$  溶液调节溶液至碱性，然后加入银氨溶液并水浴加热出现银镜。

【解答】解：A. 根据  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HClO}_4$  的酸性强酸判断元素的非金属性： $\text{S} < \text{Cl}$ ，用 pH 试纸测定  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{NaCl}$  溶液的 pH，只能根据溶液 pH 大小判断比较  $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  的酸性强弱，不能用于比较两种元素的非金属性的强弱，故 A 错误；

B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶于水放出热量使温度升高，而  $\text{NaHCO}_3$  溶于水吸收热量使温度降低，故可以根据向二者固体中滴加水，通过测定温度计的示数变化进行判断，故 B 正确；

C.  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{K}_2\text{S}$  都是离子化合物，阴阳离子之间以离子键结合，离子键越强，断裂离子键消耗能量就越多，物质的熔沸点就越高，故可以根据  $\text{Na}_2\text{S}$  的熔点更高判断得出结论是  $\text{Na}_2\text{S}$  中离子键强于  $\text{K}_2\text{S}$  中离子键，故 C 正确；

D. 向淀粉水解后的溶液中滴加  $\text{NaOH}$  溶液调节溶液至碱性，然后加入银氨溶液并水浴加热出现银镜，说明发生水解反应产生了含有醛基的葡萄糖；向淀粉水解后的溶液中滴加少量碘水，溶液变蓝色，说明其中含有未水解的淀粉，从而可证明淀粉部分发生水解反应，故 D 正确；

故选：A。

【点评】本题考查实验方案的设计，侧重考查学生无机基础实验的掌握情况，试题难度中等。

5. 【分析】M、X、Y、Z、Q、W 是原子序数依次增大的前四周期元素，M 的某一核素没有中子，M 为 H 元素；X、Z 的基态原子  $2p$  能级上各有两个未成对电子，X 的原子序数小于 Z，而 Y 的原子序数介于 X、Z 之间，X、Z 的核外电子排布分别为  $1s^2 2s^2 2p^2$ ， $1s^2 2s^2 2p^4$ ，故 X 为 C 元素、Z 为 O 元素、Y 为 N 元素；Y 与 Q 同主族，Q 为 P 元素；W 原子 N 能层只有一个电子，其余能层全充满，原子序数大于 P，只能是第四周期，核外电子数为  $2+8+18+1=29$ ，故 W 为 Cu 元素。

【解答】解：A. 同周期随原子序数增大，第一电离能呈增大趋势，但 N 元素  $2p$  能级为半满稳定状态，能量较低，第一电离能高于同周期相邻元素，故第一电离能： $I(\text{O}) < I(\text{N})$ ，故 A 正确；

B.  $\text{CO}_3^{2-}$  中心原子价层电子对数为  $3 + \frac{1}{2}(4+2-3 \times 2) = 3$ ，且没有孤电子对，空间构型为平面三角形，故 B 正确；

C.  $\text{H}_3\text{PO}_3$  是二元弱酸，故 C 错误；



D. 由均摊法可知, 该晶胞中含 Cu 原子数为 4 个, 含 O 原子数为  $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ , 所以该化合物的化学式为  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 故 D 正确;

故选: C。

【点评】本题考查原子结构和晶体结构, 侧重考查学生第一电离能、分子空间构型和晶胞结构的掌握情况, 试题难度中等。

6. 【分析】由图可知, 放电时: Zn 失去电子生成  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , 则 Zn 作负极, 电极反应式:  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ; 惰性电极为正极,  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  得电子生成  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ , 电极反应式:  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{e}^- = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ ; 据此解题。

【解答】解: A. 在配合物  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  中,  $\text{CN}^-$  与铁离子间形成 6 个  $\sigma$  配位键, 每个  $\text{CN}^-$  有一个  $\sigma$  键, 所以  $1\text{mol Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  含有  $\sigma$  键的数目为  $12N_A$ , 故 A 正确;

B. Zn 作负极, 电极反应式:  $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 4\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ , 转移  $2\text{mol}$  电子时溶解  $1\text{mol Zn}$ , 同时溶液中的阴离子透过聚苯并咪唑 (PBI) 膜向阴极移动, 则负极区电解液增重大于  $65\text{g}$ , 故 B 错误;

C. 充电过程中, Zn 是阴极, 电极方程式为:  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$ , 反应过程中生成  $\text{OH}^-$ , 所以阴极区的溶液 pH 逐渐增大, 故 C 正确;

D. 根据分析可知, 充电过程中总反应:  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} = 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{Zn} + 4\text{OH}^-$ , 故 D 正确; 故选: B。

【点评】本题考查化学电源新型电池, 为高考常见题型, 侧重于学生的分析能力和计算能力的考查, 明确原电池工作原理为解题关键, 注意结合电解质条件书写电极反应式, 题目难度中等。

7. 【分析】随着  $c(\text{NH}_3)$  增大,  $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  正向移动,  $c(\text{Ag}^+)$  减小,  $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$  正向移动,  $\text{AgCl}$  溶解度逐渐增大,  $\text{Cl}^-$  浓度逐渐增大,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  与  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  浓度增大, 当  $c(\text{NH}_3)$  很小时,  $c(\text{Cl}^-) > c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+) > c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ , 则曲线 I 表示  $c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$  随  $c(\text{NH}_3)$  变化曲线, 曲线 II 表示  $c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+)$  随  $c(\text{NH}_3)$  变化曲线, 曲线 III 表示  $c(\text{Ag}^+)$  随  $c(\text{NH}_3)$  变化曲线, 曲线 IV 表示  $c(\text{Cl}^-)$  随  $c(\text{NH}_3)$  变化曲线, 也可表示  $\text{AgCl}$  溶解度随  $\text{NH}_3$  浓度变化曲线。

【解答】解: A. 曲线 IV 可视为  $\text{AgCl}$  溶解度随  $\text{NH}_3$  浓度变化曲线, 故 A 正确;

B. 当  $c(\text{NH}_3) = 0.1\text{mol/L}$ ,  $c(\text{Ag}^+) = 10^{-7.40}\text{mol/L}$ ,  $c(\text{Cl}^-) = 10^{-2.35}\text{mol/L}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 10^{-7.40} \times 10^{-2.35} = 10^{-9.75}$ ,  $\text{AgCl}$  的溶度积常数的数量级为  $10^{-10}$ , 故 B 错误;

C. 当  $c(\text{NH}_3) = 0.1\text{mol/L}$ ,  $c(\text{Ag}^+) = 10^{-7.40}\text{mol/L}$ ,  $c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+) = 10^{-5.16}\text{mol/L}$ ,



$\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  的平衡常数  $K = \frac{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+)}{c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{NH}_3)} = \frac{10^{-5.16}}{10^{-7.40} \times 0.1} = 10^{3.24}$ , 故 C 正确;

D. 根据电荷守恒溶液中存在  $c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Ag}^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ , 根据物料守恒  $c(\text{Cl}^-) = c(\text{Ag}^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+) + c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)$ , 则  $c(\text{OH}^-) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+)$ , 故 D 正确;

故选: B.

【点评】本题考查难溶电解质的沉淀溶解平衡, 侧重考查学生溶度积曲线的掌握情况, 试题难度中等。

8. 【分析】将菱锰矿置于反应器中, 加入硫酸和  $\text{MnO}_2$  可将固体溶解, 并将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 反应为  $\text{MnO}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ; 再加入石灰乳调节溶液 pH 将  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  转化为氢氧化物沉淀除去; 随后加入  $\text{BaS}$  将溶液中的  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  转化为  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{NiS}$  沉淀除去, 此时溶液中含有大量的  $\text{Mn}^{2+}$ , 将此溶液置于电解槽中电解得到  $\text{MnO}_2$ , 经过过滤、洗涤、干燥得到  $\text{MnO}_2$ , 最后将  $\text{MnO}_2$  与  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  共同煅烧得到  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , 反应为  $8\text{MnO}_2 + 2\text{Li}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{LiMn}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ , 据此分析解答

(1) ~ (5);

(6) 由电池总反应  $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + \text{Li}_x\text{C} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{LiMn}_2\text{O}_4 + \text{C}$  可知, 放电时为原电池,  $\text{Li}_x\text{C}$  发生失电子的氧化反应, 碳材料作负极,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  为正极, 正极上  $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4$  得电子生成  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , 负极反应式为  $\text{Li}_x\text{C}_6 - x\text{e}^- = x\text{Li}^+ + \text{C}_6$ , 正极反应式为  $x\text{Li}^+ + x\text{e}^- + \text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 = \text{LiMn}_2\text{O}_4$ , 充电时为电解池, 原电池的负、正极分别与电源的负、正极相接, 作阴极、阳极, 阴、阳极反应与原电池负、正极反应相反, 据此分析解答。

【解答】解: (1) 为了提高硫酸溶矿浸出的速率, 可以采取的措施有: 适当升高温度、搅拌、提高硫酸浓度、粉碎菱锰矿等,

故答案为: 提高硫酸浓度 (或粉碎菱锰矿);

(2) 加入硫酸时菱锰矿固体溶解, 溶液中含有  $\text{Fe}^{2+}$ , 加入少量  $\text{MnO}_2$  可将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 反应的离子方程式为  $\text{MnO}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ,

故答案为:  $\text{MnO}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

(3) 溶矿反应完成后溶液中含有  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ , 反应器中溶液 pH=4 时  $c(\text{OH}^-) = 10^{-(14-4)} \text{ mol/L} = 10^{-10} \text{ mol/L}$ , 离子沉淀完全时离子浓度小于  $10^{-5} \text{ mol/L}$ , 离子积  $Q[\text{Fe}(\text{OH})_3] = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-) = 10^{-5} \times (10^{-10})^3 > 2.8 \times 10^{-39} = K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 、 $Q[\text{Al}(\text{OH})_3] = c(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-) = 10^{-5} \times (10^{-10})^3 < 1.0 \times 10^{-32} = K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 、 $Q[\text{Ni}(\text{OH})_2] = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 10^{-5} \times (10^{-10})^2 < 5.5 \times 10^{-16} = K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2]$ , 即可除去的离子为  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Al}^{3+}$  沉淀除去时  $c(\text{OH}^-) =$



$\sqrt[3]{\frac{1.0 \times 10^{-32}}{10^{-5}}} \text{ mol/L} = 10^{-9} \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \text{ mol/L}$ ,  $\text{pH} = 5$ , 即用石灰乳调节  $\text{pH}$  大于 5 时可将金

属  $\text{Al}^{3+}$  完全除去,

故答案为:  $\text{Fe}^{3+}$ ; 5;

(4) 加入硫酸溶解时, 溶液中含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ , 加入  $\text{BaS}$  可将  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  转化为  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{NiS}$  沉淀除去,

故答案为:  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{NiS}$ ;

(5) 煅烧窑中  $\text{MnO}_2$  与  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  反应生成  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ , 反应的化学方程式为  $8\text{MnO}_2 + 2\text{Li}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{LiMn}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ ,

故答案为:  $8\text{MnO}_2 + 2\text{Li}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{LiMn}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ ;



(6) ①充电时为电解池, 阳极发生氧化反应, 即化合价升高, 失去电子的反应, 反应式为  $\text{LiMn}_2\text{O}_4 - x\text{e}^- = \text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + x\text{Li}^+$ , 石墨上的电极反应为  $\text{C} + x\text{e}^- + x\text{Li}^+ = \text{Li}_x\text{C}$ , 转移  $1\text{mol}$  电子时石墨电极增重的质量为  $1\text{molLi}^+$  的质量,  $1\text{molLi}^+$  的质量为  $7\text{g}$ ,

故答案为:  $\text{LiMn}_2\text{O}_4 - x\text{e}^- = \text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4 + x\text{Li}^+$ ; 7;

②由图可知, A 中  $\text{O}^{2-}$  位于体内、数目为 4、“●”位于体心和顶点, B 中  $\text{O}^{2-}$  位于体内、数目为 4, “●”位于顶点, “△”位于体内, 一个晶胞中含有 A、B 单元, 则晶胞中  $\text{O}^{2-}$  的数目为  $4 \times 8 = 32$ , “△”数目为  $4 \times 4 = 16$ , 化学式为  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , 所以晶胞中  $\text{Li}^+$  数目为 8, 4 个为体内、6 个位于面心、8 个位于顶点,  $4 + 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} = 8$ , 所以图中“●”表示的微粒是  $\text{Li}^+$ ,

故答案为:  $\text{Li}^+$ 。

【点评】本题主要考查了实验方案的设、电解原理的应用、晶胞计算, 侧重分析能力和综合运用能力考查, 把握制备原理、物质的性质及反应、溶度积常数的计算、电极反应及反应式书写、晶胞的计算等知识是解题关键, 晶胞的相关计算是难点, 题目难度中等。

9. 【分析】钴配合物  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  溶于热水, 在冷水中微溶, 难溶于乙醇, 可通过如下反应制备:  $2\text{CoCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 10\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{活性炭}} 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ , 称取  $2.0\text{g}$   $\text{NH}_4\text{Cl}$  于三颈烧瓶中溶解后加入  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  和氧化剂  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 完全反应后冷却过滤除去活性炭, 得到的滤液趁热过滤, 用酒精洗涤后得到  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ , 以此解答。

【解答】解: (1) 步骤 I 中称取  $2.0\text{g}$   $\text{NH}_4\text{Cl}$  于三颈烧瓶中, 用  $5\text{mL}$  水溶解, 需要用到的玻璃仪器有: 三颈烧瓶、玻璃棒、量筒,

故答案为: 玻璃棒; 量筒;

(2)  $\text{H}_2\text{O}_2$  不稳定, 受热易分解, 步骤 II 中, 逐滴加入  $10\text{mL}$  6% 的双氧水若改为一次性加入, 在温度迅速升高过程中,  $\text{H}_2\text{O}_2$  大量分解, 浓氨水分解和挥发,

故答案为：在温度迅速升高过程中， $\text{H}_2\text{O}_2$  大量分解，浓氨水分解和挥发；

(3) 钴配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  溶于热水，在冷水中微溶，步骤III中，冰水浴冷却的目的是：降低 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的溶解度，提高产量；活性炭不溶于酸，步IV趁热过滤掉的主要物质为活性炭，

故答案为：降低 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的溶解度，提高产量；活性炭；

(4) 步骤V中加入浓盐酸的目的是增大氯离子浓度可以利用同离子效应促使 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  析出；钴配合物 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  难溶于乙醇，用乙醇洗涤与蒸馏水洗涤相比优点是产品损失少，且易干燥，

故答案为：增大氯离子浓度可以利用同离子效应促使 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  析出；产品损失少，且易干燥；

(5) 2.505g 紫红色晶体  $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3$  的物质的量为  $\frac{2.505\text{g}}{250.5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}=0.01\text{mol}$ ，溶于水后加入足量

$\text{AgNO}_3$  溶液，生成白色沉淀  $\text{AgCl}$  的质量为 2.870g，物质的量为  $\frac{2.870\text{g}}{143.5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}=0.02\text{mol}$ ，说明  $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3$  中电离出 2 个  $\text{Cl}^-$ ，该反应的化学方程式为： $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3+2\text{AgNO}_3=2\text{AgCl}\downarrow+[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}](\text{NO}_3)_2$ ，

故答案为： $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3+2\text{AgNO}_3=2\text{AgCl}\downarrow+[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}](\text{NO}_3)_2$ 。

【点评】本题考查物质的制备，侧重考查学生物质之间的转化和配合物的掌握情况，试题难度中等。

10. 【分析】(1) 由反应历程可知乙苯脱氢制苯乙烯反应的焓变  $\Delta H_1 = (1.35\text{eV} - 0\text{eV}) \times N_A \text{mol}^{-1} = 1.35\text{eV/mol}$ ，活化能最大的一步，反应速率最慢，是总反应的决速步；

(2) 恒温恒容条件下，气体的压强之比等于物质的量之比，所以由总压强  $P$  和起始压强  $P_0$  计算反应物

乙苯的转化率  $\alpha$  (乙苯) 的表达式  $\alpha(\text{乙苯}) = \frac{P-P_0}{P} \times 100\% = (\frac{P}{P_0} - 1) \times 100\%$ ，平衡时，乙苯的转

化率  $\alpha = \frac{9.53-4.91}{4.91} \times 100\% = 94.1\%$ ；在反应开始时  $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0.050\text{mol/L}$ ，由于其平衡转

化率为 94.1%，则根据反应方程式  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  中物质转化关系可知：平衡时各种气体的浓度分别为： $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0.050\text{mol/L} \times (1 - 94.1\%)$ ， $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = c(\text{H}_2) = 0.050\text{mol/L} \times 94.1\%$ ；

(3) 反应甲为主反应，反应乙丙为副反应，苯乙烯的选择性最大；在恒温恒压下，随乙苯转化率的增大，反应乙正向移动，反应丙不移动；

(4) 实验测得，乙苯脱氢的速率方程为  $V_{\text{正}} = k_{\text{正}} p_{\text{乙苯}}$ ， $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} p_{\text{苯乙烯}} p_{\text{氢气}}$ ，图 4 中③代表  $\lg k_{\text{逆}}$  随  $\frac{1}{T}$  的

变化关系，达到平衡时， $V_{\text{正}} = V_{\text{逆}}$ ，即  $k_{\text{正}} p_{\text{乙苯}} = k_{\text{逆}} p_{\text{苯乙烯}} p_{\text{氢气}}$ ，则有  $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ ，由上题可知该反应正反应

是一个吸热反应，故温度越高平衡正向移动， $K$  增大， $\frac{1}{T}$  越大， $T$  越小，则  $K$  越小；

(5)  $\text{Cu}^+$  填充于  $\text{Cl}^-$  构成的四面体空隙中，则  $\text{Cu}^+$  的配位数为 4；根据均摊原则，晶胞中  $\text{Cl}^-$  数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，根据化学式，可知  $\text{Cu}^+$  数为 4，若  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值，设晶胞边长为  $a\text{nm}$ ，



该晶体的密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $\frac{4(64+35.5)}{(a \times 10^{-7})^3 \times N_A} = \rho$ ,  $a = \sqrt[3]{\frac{398}{\rho \times N_A}} \times 10^7$ .

【解答】解：(1) 乙苯脱氢制苯乙烯反应的焓变  $\Delta H_1 = (1.35 \text{ eV} - 0 \text{ eV}) \times N_A \text{ mol}^{-1} = 1.35 \text{ eV/mol}$ , 由图可知, 活化能最大的一步, 反应速率最慢, 是总反应的决速步, 则该反应历程的决速步骤反应方程式为  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CHCH}_2^* + 2\text{H}^* = \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$ ,

故答案为: 大于;  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CHCH}_2^* + 2\text{H}^* = \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$ ;

(2) 恒温恒容条件下, 气体的压强之比等于物质的量之比, 则  $\alpha(\text{乙苯}) = \frac{P - P_0}{P} \times 100\% = \left(\frac{P}{P_0} - 1\right) \times 100\%$ , 平衡时, 乙苯的转化率  $\alpha = \frac{9.53 - 4.91}{4.91} \times 100\% = 94.1\%$ ; 在反应

开始时  $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0.050 \text{ mol/L}$ , 其平衡转化率为 94.1%, 则根据反应方程式  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  可知: 平衡时各种气体的浓度分别为:  $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0.050 \text{ mol/L} \times (1 - 94.1\%)$ ,  $c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = c(\text{H}_2) = 0.050 \text{ mol/L} \times 94.1\%$ , 故该反应的化学平衡常数  $K = \frac{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2)c(\text{H}_2)}{c(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3)} = \frac{(0.050 \times 94.1\%)^2}{0.050 \times (1 - 94.1\%)} \text{ mol/L} = 0.75 \text{ mol/L}$ ,

故答案为: 0.75;

(3) 反应甲为主反应, 反应乙丙为副反应, 苯乙烯的选择性最大; 在恒温恒压下, 随乙苯转化率的增大, 反应乙正向移动, 反应丙不移动, 则曲线 b 代表产物苯,

故答案为: 苯; 反应甲为主反应, 反应乙丙为副反应, 苯乙烯的选择性最大; 在恒温恒压下, 随乙苯转化率的增大, 反应乙正向移动, 反应丙不移动, 则曲线 b 代表产物苯;

(4) 实验测得, 乙苯脱氢的速率方程为  $V_{\text{正}} = k_{\text{正}} p_{\text{乙苯}}$ ,  $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} p_{\text{苯乙烯}} p_{\text{氢气}}$ , 图 4 中③代表  $\lg k_{\text{逆}}$  随  $\frac{1}{T}$  的变化关系, 达到平衡时,  $V_{\text{正}} = V_{\text{逆}}$ , 即  $k_{\text{正}} p_{\text{乙苯}} = k_{\text{逆}} p_{\text{苯乙烯}} p_{\text{氢气}}$ , 则有  $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ , 由上题可知该反应正反应

是一个吸热反应, 故温度越高平衡正向移动,  $K$  增大,  $\frac{1}{T}$  越大,  $T$  越小, 则  $K$  越小, ③代表  $\lg k_{\text{逆}}$  随的变

化关系, 故能代表  $\lg k_{\text{正}}$  随  $\frac{1}{T}$  的变化关系的是④,

故答案为: ④;

(5)  $\text{Cu}^+$  填充于  $\text{Cl}^-$  构成的四面体空隙中, 则  $\text{Cu}^+$  的配位数为 4; 根据均摊原则, 晶胞中  $\text{Cl}^-$  数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , 根据化学式, 可知  $\text{Cu}^+$  数为 4, 若  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值, 设晶胞边长为  $a \text{ nm}$ ,

该晶体的密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,  $\frac{4(64+35.5)}{(a \times 10^{-7})^3 \times N_A} = \rho$ ,  $a = \sqrt[3]{\frac{398}{\rho \times N_A}} \times 10^7$ , 则该晶胞中  $\text{Cu}^+$  之间的最

短距离为面对角线的一半, 距离为  $\frac{\sqrt{2}}{2} \times \sqrt[3]{\frac{398}{\rho \times N_A}} \times 10^7 \text{ nm}$ ,



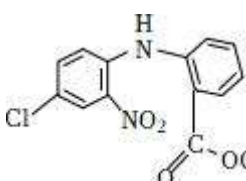
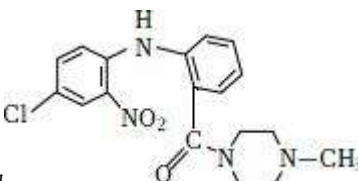
故答案为：4； $\frac{\sqrt{2}}{2} \times 3 \sqrt{\frac{398}{\rho N_A}} \times 10^7 \text{ nm}$ 。

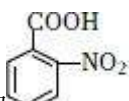
【点评】本题考查反应中的能量变化和化学平衡，侧重考查学生焓变、平衡移动和平衡常数计算的掌握情况，试题难度中等。

11. 【分析】对比 D、F、H 的结构简式可知，甲苯发生甲基的邻位硝化反应、甲基氧化为羧基生成 A，A

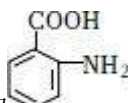
中硝基还原为氨基生成 B，故 A 为 、B 为 ，根据 C 的分子式、反应条件可知，B 和

甲醇发生酯化反应生成 C 为 ，根据 D 的结构简式、E 的分子式、H 的结构简式，推知 E 为

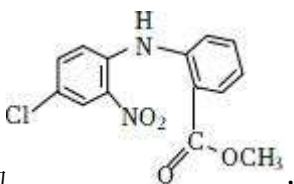
，E 和 F 发生取代反应生成 G 为 ，G 中硝基发生还原反应生成 H 中氨基，H 发生加成反应、消去反应生成氯氮平。

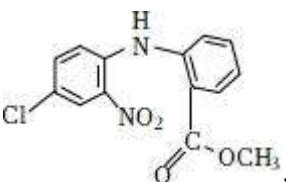
【解答】解：（1）A 的结构简式为 ，分子中碳原子价层电子对数都是 3，均采用  $sp^2$  杂化，即分子中碳的轨道杂化类型只有 1 种，

故答案为：1；

（2）B 的结构简式为 ，苯甲酸为母体，其名称为邻氨基苯甲酸，  
故答案为：邻氨基苯甲酸；

（3）C 的结构简式为 ，含有的官能团有氨基、酯基，  
故答案为：氨基、酯基；

（4）由分析可知，E 的结构简式为 ，

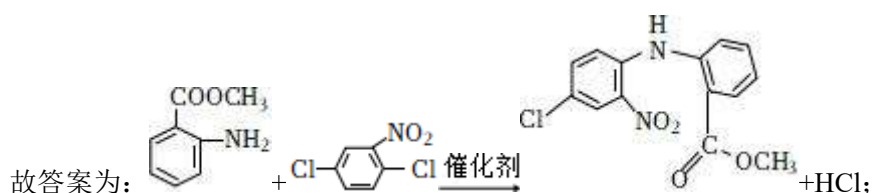
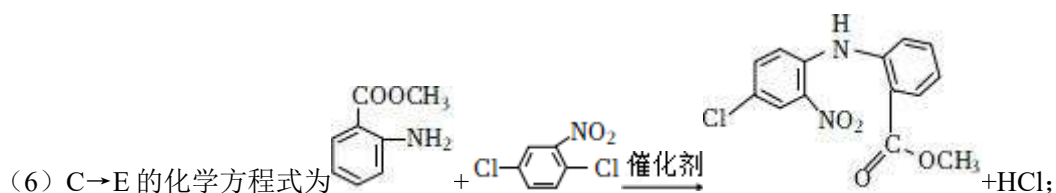
故答案为：；

（5）对比 H、氯氮平的结构简式，可知 H 中氨基与羰基之间先发生加成反应成环、再发生消去反应形成碳氮双键得到氯氮平，

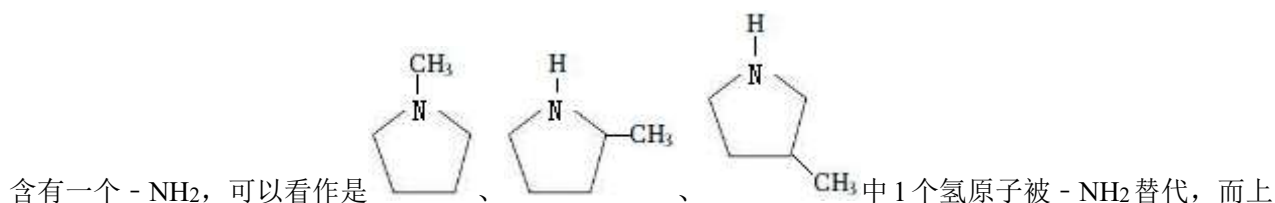




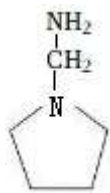
故答案为：加成反应、消去反应；



(7) F 的结构简式为 ，F 的同分异构体符合下列条件：①分子中含一个五元环，②分子中



述三个分子中化学环境不同的氢原子依次有 3 种、6 种、6 种，还可以是 ，符合条件的同分异构体共有 3+6+6+1=16 种，在符合条件的同分异构体中 <sup>1</sup>H-NMR 谱表明有四组峰，峰面积之比为 1:



故答案为：16；。

【点评】本题考查有机物的推断与合成，涉及杂化方式、有机物命名、官能团识别、有机反应类型、有机反应方程式的书写、限制条件同分异构体的书写等，充分利用目标物的结构简式进行分析推断，题目侧重考查学生分析推理能力、知识迁移运用的能力。

