

2019 年全国统一高考化学试卷（新课标 I）

参考答案与试题解析

一、选择题：共 7 小题，每小题 6 分，满分 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. (6 分) 陶瓷是火与土的结晶，是中华文明的象征之一，其形成、性质与化学有着密切的关系。下列说法错误的是 ()

- A. “雨过天晴云破处”所描述的瓷器青色，来自氧化铁
- B. 闻名世界的秦兵马俑是陶制品，由黏土经高温烧结而成
- C. 陶瓷是应用较早的人造材料，主要化学成分是硅酸盐
- D. 陶瓷化学性质稳定，具有耐酸碱侵蚀、抗氧化等优点

【分析】A. 氧化铁为红棕色固体，陶瓷以青色为主，原因是烧瓷原料中含有氧化铁的色釉，在烧制的过程中还原成青色；

B. 黏土是制作砖瓦和陶瓷的主要原料，经高温烧结得到陶瓷制品；

C. 传统硅酸盐产品包括：普通玻璃、陶瓷、水泥，含有硅酸根离子的盐属于硅酸盐，陶瓷是应用较早的人造材料；

D. 陶瓷是陶器和瓷器的总称，是以粘土为主要原料以及各种天然矿物经过粉碎混炼、成型和煅烧制得的材料以及各种制品。

【解答】解：A. 瓷器着色如雨过天晴，为青色，瓷器的原料高岭矿或高岭土中普遍含有铁元素，青瓷的烧制过程就是将含有红棕色氧化铁的色釉在火里烧，再经过还原行成为青色，此时铁不再是三价铁，而是二价铁，故 A 错误；

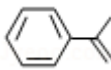
B. 陶瓷的传统概念是指所有以黏土等无机非金属矿物为原材料，经过高温烧制而成的产品，闻名世界的秦兵马俑是陶制品，由黏土经高温烧结而成，故 B 正确；

C. 以含硅元素物质为原料通过高温加热发生复杂的物理、化学变化制得硅酸盐产品，传统硅酸盐产品包括：普通玻璃、陶瓷、水泥，陶瓷，是用物理化学方法制造出来的最早的人造材料，一万多年以前，它的诞生使人类由旧石器时代进入了新石器时代，故 C 正确；

D. 陶瓷有：日用陶瓷、卫生陶瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷和电瓷、压电陶瓷等，共性为具有抗氧化、抗酸碱腐蚀、耐高温、绝缘、易成型等优点，故 D 正确；

故选：A。

【点评】 本题考查陶瓷有关知识，掌握相关的硅酸盐产品的生产原料、产品组成、性质以及硅酸盐的概念是解答本题的关键，注意基础知识的积累掌握，题目难度不大。

2. (6分) 关于化合物 2-苯基丙烯 ()，下列说法正确的是 ()

- A. 不能使稀高锰酸钾溶液褪色
- B. 可以发生加成聚合反应
- C. 分子中所有原子共平面
- D. 易溶于水及甲苯

【分析】 该有机物中含有苯环和碳碳双键，具有苯和烯烃性质，能发生加成反应、取代反应、加聚反应、氧化反应，据此分析解答。

【解答】 解：A. 含有碳碳双键，所以具有烯烃性质，能被酸性高锰酸钾溶液氧化而使酸性高锰酸钾溶液褪色，故 A 错误；

B. 含有碳碳双键，所以能发生加聚反应生成高分子化合物，故 B 正确；

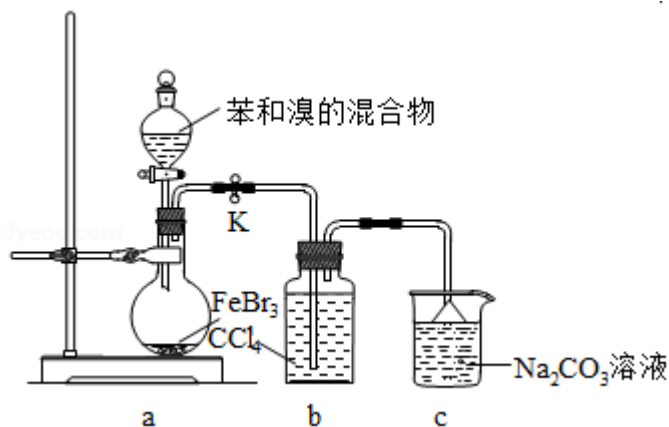
C. 苯分子中所有原子共平面、乙烯分子中所有原子共平面，甲烷分子为正四面体结构，有 3 个原子共平面，该分子中甲基具有甲烷结构特点，所以该分子中所有原子不能共平面，故 C 错误；

D. 该物质为有机物，没有亲水基，不易溶于水，易溶于甲苯，故 D 错误；

故选：B。

【点评】 本题考查有机物结构和性质，侧重考查苯和烯烃性质，明确官能团及其性质关系是解本题关键，会利用知识迁移方法判断原子是否共平面，题目难度不大。

3. (6分) 实验室制备溴苯的反应装置如图所示，关于实验操作或叙述错误的是 ()



A. 向圆底烧瓶中滴加苯和溴的混合液前需先打开 K

- B. 实验中装置 b 中的液体逐渐变为浅红色
- C. 装置 c 中碳酸钠溶液的作用是吸收溴化氢
- D. 反应后的混合液经稀碱溶液洗涤、结晶，得到溴苯

【分析】A. K 关闭时难以加入苯和溴的混合液；

B. 液溴易挥发，溴的四氯化碳溶液呈浅红色；

C. 碳酸钠溶液能够 HBr 反应；

D. 洗涤后混合液分层，应该用分液、蒸馏法分离。

【解答】解：A. 向圆底烧瓶中滴加苯和溴的混合液前，需先打开 K 才能平衡压强，以便加入混合液，故 A 正确；

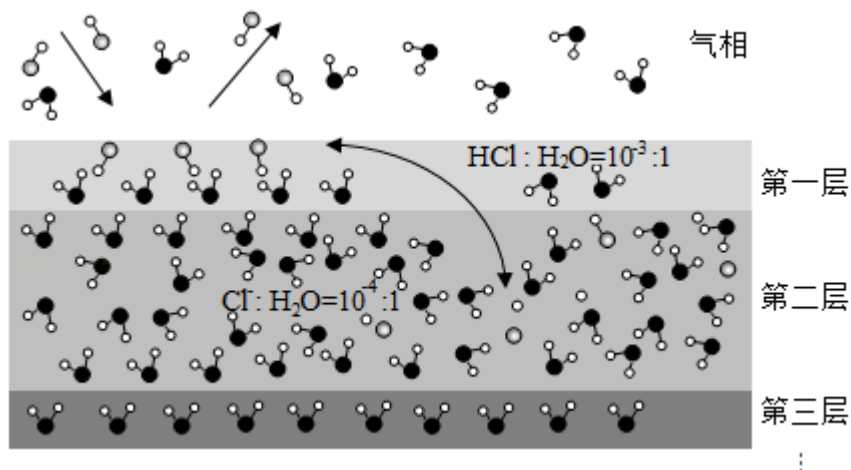
B. 挥发出的 HBr 中含有溴，溴溶于四氯化碳呈浅红色，故 B 正确；

C. HBr 为污染物，需要用碳酸钠溶液吸收，故 C 正确；

D. 溴苯中含有剩余的苯，混合液分层，经稀碱溶液洗涤后应先分液再蒸馏，故 D 错误。故选：D。

【点评】本题考查性质方案的评价，题目难度中等，明确实验原理为解答关键，注意掌握常见元素化合物性质，试题侧重考查学生的分析能力及化学实验能力。

4. (6分) 固体界面上强酸的吸附和离解是多相化学在环境、催化、材料科学等领域研究的重要课题。如图为少量 HCl 气体分子在 253K 冰表面吸附和溶解过程的示意图，下列叙述错误的是 ()



- A. 冰表面第一层中，HCl 以分子形式存在
- B. 冰表面第二层中， H^+ 浓度为 $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ (设冰的密度为 $0.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
- C. 冰表面第三层中，冰的氢键网络结构保持不变

D. 冰表面各层之间, 均存在可逆反应 $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

【分析】A. 由图可知, 冰表面第一层中存在 HCl 分子;

B. 冰表面第二层中, $\text{Cl}^- : \text{H}_2\text{O} = 10^{-4} : 1$, 设水的体积为 1L, 以此计算;

C. 冰表面第三层中, 仍存在 H_2O 分子;

D. 由图可知, 只有第二层存在 HCl 气体分子在冰表面吸附和溶解过程。

【解答】解: A. 由图可知, 冰表面第一层中存在 HCl 分子, 则 HCl 以分子形式存在, 故 A 正确;

B. 冰表面第二层中, $\text{Cl}^- : \text{H}_2\text{O} = 10^{-4} : 1$, 设水的体积为 1L, 溶液体积近似为 1L, 则

$$\text{H}^+ \text{浓度为} \frac{\frac{1000\text{mL} \times 0.9\text{g/mL}}{18\text{g/mol}} \times 10^{-4}}{1\text{L}} = 5 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{故 B 正确};$$

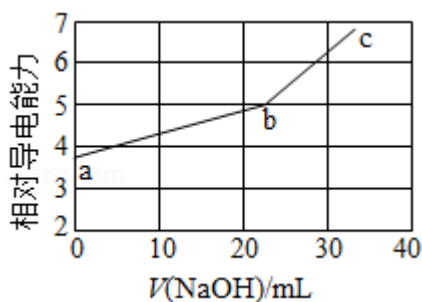
C. 冰表面第三层中, 仍存在 H_2O 分子, 则冰的氢键网络结构保持不变, 故 C 正确;

D. 由图可知, 只有第二层存在 HCl 气体分子在冰表面吸附和溶解过程, 第一、三层不存在, 故 D 错误;

故选: D。

【点评】本题考查溶解平衡, 为高频考点, 把握分子构成、物质的量浓度的计算、溶解平衡为解答的关键, 侧重分析与应用能力的考查, 注意选项 D 为解答的难点, 题目难度不大。

5. (6分) NaOH 溶液滴定邻苯二甲酸氢钾 (邻苯二甲酸 H_2A 的 $\text{K}_{\text{a}1} = 1.1 \times 10^{-3}$, $\text{K}_{\text{a}2} = 3.9 \times 10^{-6}$) 溶液, 混合溶液的相对导电能力变化曲线如图所示, 其中 b 点为反应终点。下列叙述错误的是 ()



A. 混合溶液的导电能力与离子浓度和种类有关

B. Na^+ 与 A^{2-} 的导电能力之和大于 HA^- 的

C. b 点的混合溶液 $\text{pH} = 7$

D. c 点的混合溶液中, $c(\text{Na}^+) > c(\text{K}^+) > c(\text{OH}^-)$

【分析】A. 由图象可知 a、b、c 点的离子种类、浓度不同，且导电能力不同；

B. a 点溶液主要成分为 KHA，b 点主要成分为 Na_2A 、 K_2A ；

C. b 点溶质为为 Na_2A 、 K_2A ，溶液呈碱性；

D. c 点 NaOH 过量，且溶液呈碱性。

【解答】解：A. 溶液的导电能力取决于电荷浓度的大小，由图象可知 a、b、c 点的离子种类、浓度不同，可知混合溶液的导电能力与离子浓度和种类有关，故 A 正确；

B 由图象可知 b 点钾离子浓度较小，b 点导电能量较大，b 点存在 Na^+ 与 A^{2-} ，可知 Na^+ 与 A^{2-} 的导电能力之和大于 HA^- 的，故 B 正确；

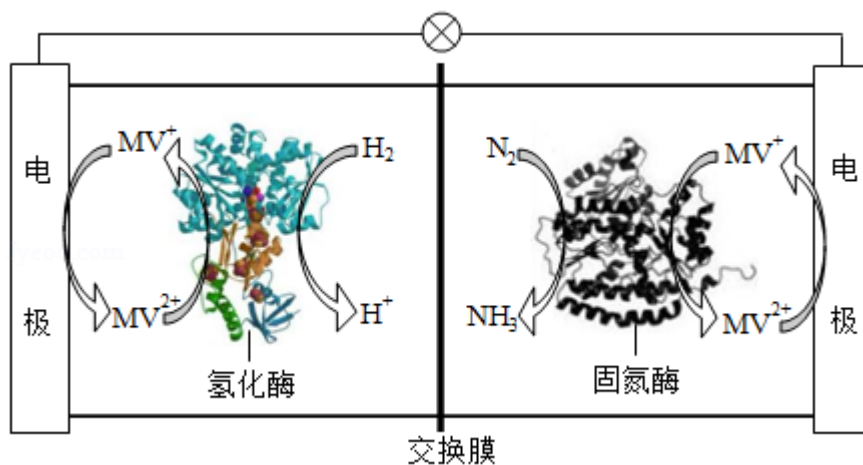
C. 由题给数据可知 H_2A 为二元弱酸，b 点溶质为为 Na_2A 、 K_2A ，为强碱弱酸盐，溶液呈碱性，则 $\text{pH} > 7$ ，故 C 错误；

D. c 点 NaOH 过量，则 $n(\text{NaOH}) > n(\text{KHA})$ ，溶液呈碱性，可知 $c(\text{Na}^+) > c(\text{K}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，故 D 正确。

故选：C。

【点评】本题考查酸碱混合的定性判断，为高频考点和常见题型，侧重考查学生的分析能力，注意把握题给信息以及图象的分析，把握溶液导电能力和离子浓度的关系，题目难度中等。

6. (6分) 利用生物燃料电池原理研究室温下氨的合成，电池工作时 $\text{MV}^{2+}/\text{MV}^+$ 在电极与酶之间传递电子，示意图如下所示。下列说法错误的是 ()



- A. 相比现有工业合成氨，该方法条件温和，同时还可提供电能
- B. 阴极区，在氢化酶作用下发生反应 $\text{H}_2 + 2\text{MV}^{2+} = 2\text{H}^+ + 2\text{MV}^+$
- C. 正极区，固氮酶为催化剂， N_2 发生还原反应生成 NH_3
- D. 电池工作时质子通过交换膜由负极区向正极区移动

【分析】生物燃料电池的工作原理是 $N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{生物催化剂}} 2NH_3$ ，其中 N_2 在正极区得电子发生还原反应， H_2 在负极区失电子发生氧化反应，原电池工作时阳离子向正极区移动，据此分析判断。

【解答】解：A. 利用生物燃料电池在室温下合成氨，既不需要高温加热，同时还能将化学能转化为电能，故 A 正确；

B. 原电池只有正、负极，不存在阴、阳极，其中负极区，氢气在氢化酶的作用下，发生氧化反应，反应式为 $H_2 + 2MV^{2+} = 2H^+ + 2MV^+$ ，故 B 错误；

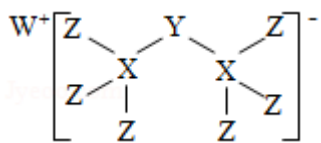
C. N_2 在正极区得电子发生还原反应，生成 NH_3 ，故 C 正确；

D. 燃料电池工作时，负极区生成的 H^+ 透过质子交换膜进入正极区，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查原电池原理的应用，涉及燃料电池正负极的判断及离子的移动方向判断，能准确利用反应原理判断正、负极是解题关键，题目难度不大，属基础考查。

7. (6分) 科学家合成出了一种新化合物(如图所示)，其中 W、X、Y、Z 为同一短周期元素，Z 核外最外层电子数是 X 核外电子数的一半。下列叙述正确的是 ()



A. WZ 的水溶液呈碱性

B. 元素非金属性的顺序为 $X > Y > Z$

C. Y 的最高价氧化物的水化物是中强酸

D. 该新化合物中 Y 不满足 8 电子稳定结构

【分析】W、X、Y、Z 为同一短周期元素，根据图知，X 能形成 4 个共价键、Z 能形成 1 个共价键，则 X 位于第 IVA 族、Z 位于第 VIIA 族，且 Z 核外最外层电子数是 X 核外电子数的一半，Z 最外层 7 个电子，则 X 原子核外有 14 个电子，X 为 Si 元素，Z 为 Cl 元素，该阴离子中 Cl 元素为 -1 价、X 元素为 +4 价，根据化合价的代数和为 -1 价，Y 为 -3 价，所以 Y 为 P 元素，根据阳离子所带电荷知，W 为 Na 元素，通过以上分析知 W、X、Y、Z 分别是 Na、Si、P、Cl 元素，结合题目分析解答。

【解答】解：通过以上分析知，W、X、Y、Z 分别是 Na、Si、P、Cl 元素，

A. WZ 为 NaCl，NaCl 是强酸强碱盐，其水溶液呈中性，故 A 错误；

B. 同一周期元素非金属性随着原子序数增大而增强，则非金属性 $Cl > P > Si$ ，所以非金

属性 $Z > Y > X$ ，故 B 错误；

C. Y 为 P 元素，Y 的最高价氧化物的水合物是 H_3PO_4 为中强酸，故 C 正确；

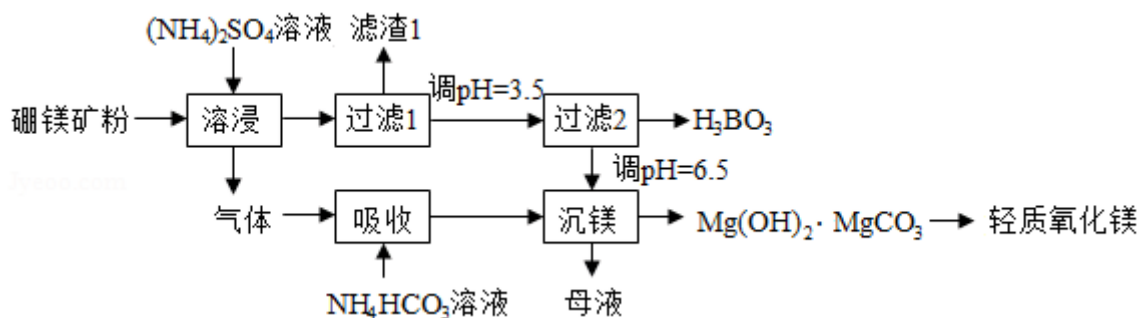
D. Y 为 P 元素，其最外层有 5 个电子，P 原子形成 2 个共价键且该阴离子得到 W 原子一个电子，所以 P 原子达到 8 电子结构，即 Y 原子达到 8 电子结构，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查原子结构和元素周期律关系，侧重考查原子结构、元素周期表结构、元素化合物性质，正确推断 Y 元素是解本题关键，往往易根据 Y 形成的共价键而判断为 S 元素而导致错误，综合性较强，题目难度中等。

二、非选择题：共 43 分。第 8~10 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 11~12 为选考题，考生根据要求作答。（一）必考题：

8. (14 分) 硼酸 (H_3BO_3) 是一种重要的化工原料，广泛应用于玻璃、医药、肥料等工业。一种以硼镁矿（含 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 、 SiO_2 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ）为原料生产硼酸及轻质氧化镁的工艺流程如下：



回答下列问题：

(1) 在 $95^\circ C$ “溶浸”硼镁矿粉，产生的气体在“吸收”中反应的化学方程式为 $NH_3 + NH_4HCO_3 = (NH_4)_2CO_3$ 。

(2) “滤渣 1”的主要成分有 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 。为检验“过滤 1”后的滤液中是否含有 Fe^{3+} 离子，可选用的化学试剂是 $KSCN$ 。

(3) 根据 H_3BO_3 的解离反应： $H_3BO_3 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + B(OH)_4^-$ ， $K_a = 5.81 \times 10^{-10}$ ，可判断 H_3BO_3 是 一元弱 酸；在“过滤 2”前，将溶液 pH 调节至 3.5，目的是 转化为 H_3BO_3 ，促进析出。

(4) 在“沉镁”中生成 $Mg(OH)_2 \cdot MgCO_3$ 沉淀的离子方程式为 $2Mg^{2+} + 3CO_3^{2-} + 2H_2O = Mg(OH)_2 \cdot MgCO_3 \downarrow + 2HCO_3^-$ ，母液经加热后可返回 溶浸 工序循环使用。由碱式碳酸镁制备轻质氧化镁的方法是 高温焙烧。

【分析】 硼镁矿（含 $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 SiO_2 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ）加入硫酸铵溶液，得到气体，根据硼镁矿和硫酸铵化学式知，得到的气体为 NH_3 ，用 NH_4HCO_3 吸收 NH_3 ，发生反应 $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，根据过滤 2 及沉镁成分知，过滤 1 中得到的滤渣为难溶性的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ，调节溶液 $\text{pH} = 3.5$ 时得到 H_3BO_3 ，滤液中含有 MgSO_4 ，沉镁过程发生的反应为 $2\text{Mg}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ，加热分解可以得到轻质 MgO ；母液中含有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，

(1) 氨气为碱性气体，能和酸式铵盐吸收生成正盐；

(2) 滤渣 1 为难溶性的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ； Fe^{3+} 和 KSCN 溶液混合得到血红色液体；

(3) H_3BO_3 能发生一步电离，且电离平衡常数很小，为一元弱酸；在“过滤 2”前，将溶液 pH 调节至 3.5，有利于析出 H_3BO_3 ；

(4) 在“沉镁”中镁离子和碳酸根离子发生水解和复分解反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$ 沉淀，同时还生成碳酸氢根离子离子；在母液中得到 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，在溶浸时需要加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，碱式碳酸镁高温易分解得到氧化物、水和二氧化碳。

【解答】 解：硼镁矿（含 $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 SiO_2 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ）加入硫酸铵溶液，得到气体，根据硼镁矿和硫酸铵化学式知，得到的气体为 NH_3 ，用 NH_4HCO_3 吸收 NH_3 ，发生反应 $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，根据过滤 2 及沉镁成分知，过滤 1 中得到的滤渣为难溶性的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ，调节溶液 $\text{pH} = 3.5$ 时得到 H_3BO_3 ，滤液中含有 MgSO_4 ，沉镁过程发生的反应为 $2\text{Mg}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ，加热分解可以得到轻质 MgO ；母液中含有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，

(1) 氨气为碱性气体，能和酸式铵盐吸收生成正盐，反应方程式为 $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，

故答案为： $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ；

(2) 滤渣 1 为难溶性的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ； Fe^{3+} 和 KSCN 溶液混合得到血红色液体，所以可以用 KSCN 溶液检验铁离子，

故答案为： SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 ； KSCN ；

(3) H_3BO_3 能发生一步电离，且电离平衡常数很小，所以为一元弱酸；在“过滤 2”前，将溶液 pH 调节至 3.5，有利于析出 H_3BO_3 ，如果溶液 pH 较大，得不到硼酸而得到硼酸盐，

故答案为：一元弱；转化为 H_3BO_3 ，促进析出；

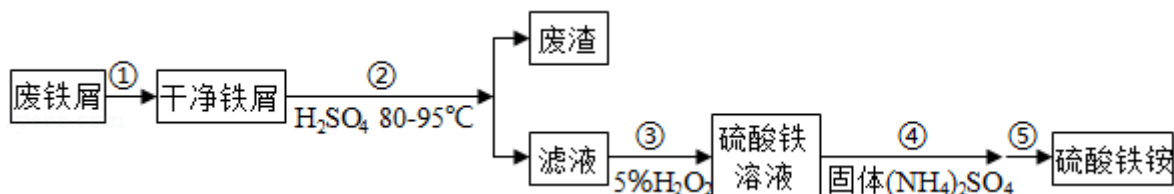
(4) 在“沉镁”中镁离子和碳酸根离子发生水解和复分解反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$

沉淀，同时还生成碳酸氢根离子离子，离子方程式为 $2\text{Mg}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ；在母液中得到 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，在溶浸时需要加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，所以母液经加热后可返回溶浸工序循环使用，碱式碳酸镁高温易分解得到氧化物、水和二氧化碳，所以高温焙烧就可以得到轻质氧化镁，

故答案为： $2\text{Mg}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ；溶浸；高温焙烧。

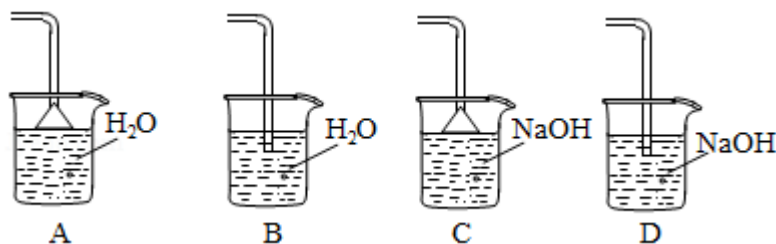
【点评】 本题考查物质分离提纯及制备，涉及方程式的书写、制备方法判断、离子检验等知识点，明确元素化合物性质及其性质差异性、离子检验方法及流程图中发生的反应是解本题关键，注意从整体上分析判断各物质成分，题目难度中等。

9. (15分) 硫酸铁铵 $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$ 是一种重要铁盐。为充分利用资源，变废为宝，在实验室中探究采用废铁屑来制备硫酸铁铵，具体流程如图：



回答下列问题：

- (1) 步骤①的目的是去除废铁屑表面的油污，方法是碱煮水洗。
- (2) 步骤②需要加热的目的是加快反应，温度保持 $80 - 95^\circ\text{C}$ ，采用的合适加热方式是热水浴。铁屑中含有少量硫化物，反应产生的气体需要净化处理，合适的装置为C（填标号）。



- (3) 步骤③中选用足量的 H_2O_2 ，理由是将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ，不引入杂质。分批加入 H_2O_2 ，同时为了防止 Fe^{3+} 水解，溶液要保持 pH 小于 0.5。
- (4) 步骤⑤的具体实验操作有蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤，经干燥得到硫酸铁铵晶体样品。
- (5) 采用热重分析法测定硫酸铁铵晶体样品所含结晶水数，将样品加热到 150°C 时失掉 1.5 个结晶水，失重 5.6%。硫酸铁铵晶体的化学式为 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。

【分析】 废铁屑中含有油污，油污在碱性条件下水解，且碱和 Fe 不反应，所以可以用碱

性溶液除去废铁屑中的油污，将干净铁屑进入稀硫酸中并加热，稀硫酸和 Fe 发生置换反应生成硫酸亚铁和氢气，过滤除去废渣得到滤液，滤液中含有未反应的稀硫酸和生成的硫酸亚铁，然后向滤液中加入 H_2O_2 ， Fe^{2+} 被氧化生成 Fe^{3+} 而得到硫酸铁溶液，然后向硫酸铁溶液中加入硫酸铵固体，然后通过加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到硫酸铁铵固体；

(1) 油污在碱性条件下水解；

(2) 温度越高化学反应速率越快；低于 100°C 的加热需要水浴加热；铁屑中含有少量硫化物，反应产生的气体需要净化处理，硫化物和稀硫酸反应生成 H_2S ， H_2S 属于酸性气体，用碱液吸收，且要防止倒吸；

(3) H_2O_2 具有氧化性，能氧化 Fe^{2+} ，且双氧水被还原生成水； Fe^{3+} 水解导致溶液呈酸性，所以酸能抑制 Fe^{3+} 水解；

(4) 从溶液中获取晶体采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥的方法；

(5) 采用热重分析法测定硫酸铁铵晶体样品所含结晶水数，将样品加热到 150°C 时失掉 1.5 个结晶水，失去结晶水的式量 $= 18 \times 1.5 = 27$ ，失重 5.6%，则该晶体式量 $= \frac{27}{5.6\%} = 482$ ， $x = \frac{482 - 14 - 4 - 56 - 96 \times 2}{18}$ 。

【解答】解：废铁屑中含有油污，油污在碱性条件下水解，且碱和 Fe 不反应，所以可以用碱性溶液除去废铁屑中的油污，将干净铁屑进入稀硫酸中并加热，稀硫酸和 Fe 发生置换反应生成硫酸亚铁和氢气，过滤除去废渣得到滤液，滤液中含有未反应的稀硫酸和生成的硫酸亚铁，然后向滤液中加入 H_2O_2 ， Fe^{2+} 被氧化生成 Fe^{3+} 而得到硫酸铁溶液，然后向硫酸铁溶液中加入硫酸铵固体，然后通过加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到硫酸铁铵固体；

(1) 油污在碱性条件下水解生成羧酸盐和甘油，羧酸盐和甘油都易溶于水，然后水洗，从而除去油污，

故答案为：碱煮水洗；

(2) 温度越高化学反应速率越快，缩短反应时间，所以步骤②需要加热的目的是加快反应；低于 100°C 的加热需要水浴加热，所以温度保持 $80 - 95^\circ\text{C}$ ，采用的合适加热方式为热水浴；铁屑中含有少量硫化物，反应产生的气体需要净化处理，硫化物和稀硫酸反应生成 H_2S ， H_2S 属于酸性气体，用碱液吸收，且要防止倒吸，

BD 不能防止倒吸且 A 溶解硫化氢能力较弱，所以选取 C，

故答案为：加快反应；热水浴；C；

(3) H_2O_2 具有氧化性，能氧化 Fe^{2+} 生成铁离子且双氧水被还原生成水，不引进杂质，所以选取双氧水作氧化剂； Fe^{3+} 水解导致溶液呈酸性， H^+ 能抑制 Fe^{3+} 水解，为防止 Fe^{3+} 水解需要溶液的 pH 保持 0.5，

故答案为：将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ，不引入杂质；防止 Fe^{3+} 水解；

(4) 从溶液中获取晶体采用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥的方法，所以步骤⑤中从溶液中获取晶体的步骤为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，

故答案为：蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤；

(5) 采用热重分析法测定硫酸铁铵晶体样品所含结晶水数，将样品加热到 150°C 时失掉 1.5 个结晶水，失去结晶水的式量 $= 18 \times 1.5 = 27$ ，失重 5.6%，则该晶体式量 $= \frac{27}{5.6\%} =$

$$482, x = \frac{482 - 14 - 4 - 56 - 96 \times 2}{18} = 12, \text{ 所以其化学式为 } \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O},$$

故答案为： $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。

【点评】 本题考查物质制备，涉及物质分离提纯、反应条件选取、尾气处理、计算等知识点，侧重考查分析判断、实验操作、计算能力，明确流程图中各物质成分及其性质、化学反应原理及元素化合物性质是解本题关键，难点是 (5) 题计算，题目难度不大。

10. (14 分) 水煤气变换 $[\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})]$ 是重要的化工过程，主要用于合成氨、制氢以及合成气加工等工业领域中。回答下列问题：

(1) Shibata 曾做过下列实验：①使纯 H_2 缓慢地通过处于 721°C 下的过量氧化钴 $\text{CoO}(\text{s})$ ，氧化钴部分被还原为金属钴 $\text{Co}(\text{s})$ ，平衡后气体中 H_2 的物质的量分数为 0.0250。

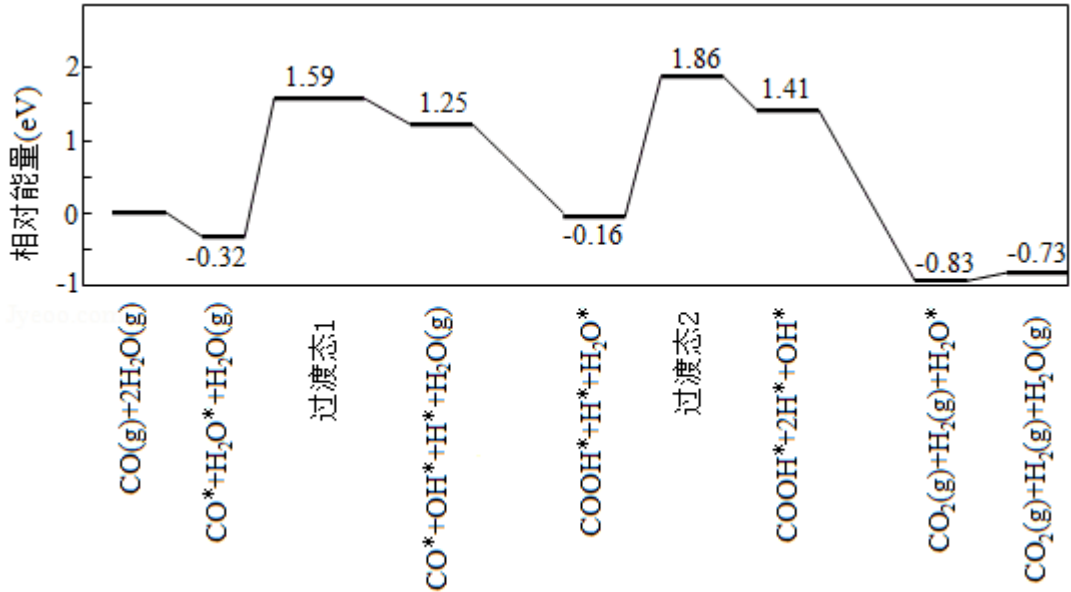
②在同一温度下用 CO 还原 $\text{CoO}(\text{s})$ ，平衡后气体中 CO 的物质的量分数为 0.0192。

根据上述实验结果判断，还原 $\text{CoO}(\text{s})$ 为 $\text{Co}(\text{s})$ 的倾向是 CO 大于 H_2 (填“大于”或“小于”)。

(2) 721°C 时，在密闭容器中将等物质的量的 $\text{CO}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 混合，采用适当的催化剂进行反应，则平衡时体系中 H_2 的物质的量分数为 C (填标号)。

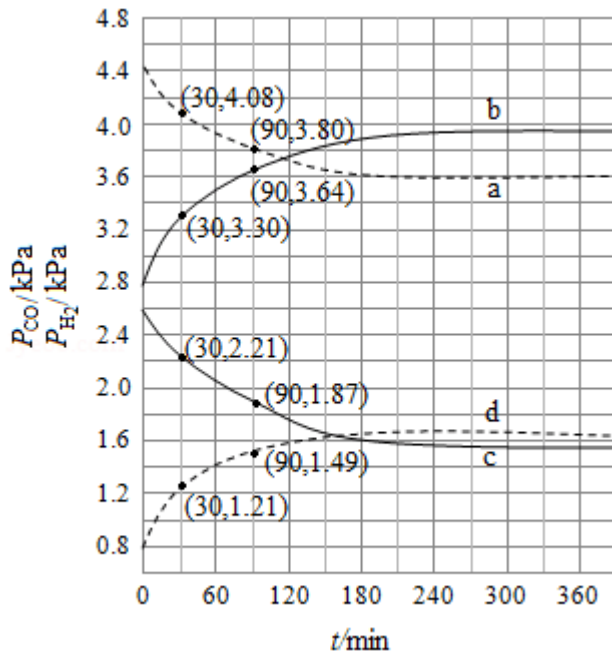
A. <0.25 B. 0.25 C. $0.25 \sim 0.50$ D. 0.50 E. >0.50

(3) 我国学者结合实验与计算机模拟结果，研究了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程，如图所示，其中吸附在金催化剂表面上的物种用*标注。



可知水煤气变换的 ΔH 小于 0 (填“大于”“等于”或“小于”), 该历程中最大能垒 (活化能) $E_{\text{正}} =$ 2.02 eV, 写出该步骤的化学方程式 $\text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^* = \text{COOH}^* + 2\text{H}^* + \text{OH}^*$ 或 $\text{H}_2\text{O}^* = \text{H}^* + \text{OH}^*$ 。

(4) Shoichi 研究了 467°C、489°C 时水煤气变换中 CO 和 H_2 分压随时间变化关系 (如图所示)。催化剂为氧化铁, 实验初始时体系中的 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 和 p_{CO} 相等、 p_{CO_2} 和 p_{H_2} 相等。



计算曲线 a 的反应在 30~90min 内的平均速率 $\bar{v}(\text{a}) =$ 0.0047 $\text{kPa} \cdot \text{min}^{-1}$. 467°C 时 p_{H_2} 和 p_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 a、d。489°C 时 p_{H_2} 和 p_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 b、c。

【分析】(1) ①使纯 H_2 缓慢地通过处于 721°C 下的过量的氧化钴 $\text{CoO}(\text{s})$ ，氧化钴部分被还原为金属钴 $\text{Co}(\text{s})$ ，平衡后气体中 H_2 的物质的量分数为 0.0250。

②在同一温度下用 CO 还原 $\text{CoO}(\text{s})$ ，平衡后气体中 CO 的物质的量分数为 0.0192。

相同条件下还原反应达到平衡状态后，反应前后气体物质的量都是不变的反应，一氧化碳物质的量分数小于氢气物质的量分数，说明一氧化碳进行的程度大；

(2) $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，等物质的量的一氧化碳和水蒸气反应生成二氧化碳和氢气，反应前后气体物质的量不变，当反应物全部反应氢气所占物质的量的分数 50%，但反应为可逆反应不能进行彻底；

(3) 图象分析可知水煤气的生成过程经过了过渡态 1 和过渡态 2，最后生成产物的能量低于反应物，正反应进行的方向需要吸收能量，结合图此分析判断，该历程中最大能垒（活化能） $E_{\text{正}}$ ，得到反应的化学方程式；

(4) 曲线 a 的反应在 30~90min 内，分压变化 $= 4.08\text{kPa} - 3.80\text{kPa} = 0.28\text{kPa}$ ，平均速率 $\bar{v}(\text{a}) = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ，反应为放热反应，温度越高平衡逆向进行， CO 分压越大，氢气分压越小，据此分析判断。

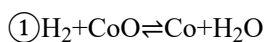
【解答】解：(1) ①使纯 H_2 缓慢地通过处于 721°C 下的过量的氧化钴 $\text{CoO}(\text{s})$ ，氧化钴部分被还原为金属钴 $\text{Co}(\text{s})$ ，平衡后气体中 H_2 的物质的量分数为 0.0250，反应的化学方程式： $\text{H}_2 + \text{CoO} \rightleftharpoons \text{Co} + \text{H}_2\text{O}$

②在同一温度下用 CO 还原 $\text{CoO}(\text{s})$ ，平衡后气体中 CO 的物质的量分数为 0.0192，反应的化学方程式： $\text{CO} + \text{CoO} \rightleftharpoons \text{Co} + \text{CO}_2$ ，

相同条件下还原反应达到平衡状态后，反应前后气体物质的量都是不变的反应，一氧化碳物质的量分数小于氢气物质的量分数，说明一氧化碳进行的程度大

故答案为：大于；

(2) 假设氢气和一氧化碳物质的量为 1，



起始量	1	0
变化量	a	a
平衡量	1 - a	a

$$\frac{1-a}{1} = 0.025$$

$$a = 0.975$$

$$K_1 = \frac{a}{1-a} = 39$$



起始量 1 0

变化量 b b

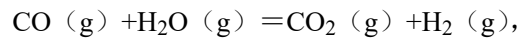
平衡量 1 - b b

$$\frac{1-b}{1} = 0.0192$$

$$b = 0.9818$$

$$K_2 = \frac{b}{1-b} = 51$$

设一氧化碳和氢气物质的量 m,



起始量 m m 0 0

变化量 x x x x

平衡量 m - x m - x x x

$$\frac{x^2}{(m-x)^2} = K = \frac{K_2}{K_1} = \frac{51}{39} = 1.31 > 1$$

$$x > m - x$$

$$\frac{x}{2m} > 0.25$$

等物质的量的一氧化碳和水蒸气反应生成二氧化碳和氢气，反应前后气体物质的量不变，当反应物全部反应氢气所占物质的量的分数 50%，但反应为可逆反应不能进行彻底，氢气的物质的量分数一定小于 50%，故选：C，

故答案为：C；

(3) 图象分析可知水煤气的生成过程经过了过渡态 1 和过渡态 2，最后生成产物的能量低于反应物，反应的焓变小于 0，正反应进行的方向需要吸收能量，结合图此分析判断，是发生的过渡反应： $\text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^* = \text{COOH}^* + 2\text{H}^* + \text{OH}^*$ 或 $\text{H}_2\text{O}^* = \text{H}^* + \text{OH}^*$ ，该历程中最大能垒（活化能） $E_{\text{正}} = 1.86\text{eV} - (-0.16\text{eV}) = 2.02\text{eV}$ ，

故答案为：小于；2.02； $\text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^* = \text{COOH}^* + 2\text{H}^* + \text{OH}^*$ 或 $\text{H}_2\text{O}^* = \text{H}^* + \text{OH}^*$ ；

(4) 曲线 a 的反应在 30~90min 内，分压变化 = $4.08\text{kPa} - 3.80\text{kPa} = 0.28\text{kPa}$ ，平均速率 \bar{v}

$$(a) = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{0.28\text{kPa}}{90\text{min} - 30\text{min}} = 0.0047\text{kPa/min}$$

反应为放热反应，温度越高平衡逆向进

行，CO 分压越大，氢气分压越小，489℃时 p_{H_2} 和 p_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 a、d，467℃时 p_{H_2} 和 p_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 b、c，

故答案为：0.0047；a、d；b、c；。

【点评】本题考查了化学反应焓变判断、反应过程的理解应用、化学反应速率计算、影响化学平衡的因素的分析判断等知识点，注意题干信息的理解分析，掌握基础是解题关键，题目难度中等。

(二) 选考题：共 15 分。请考生从 2 道化学题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。[化学--选修 3：物质结构与性质]

11. (15 分) 在普通铝中加入少量 Cu 和 Mg 后，形成一种称为拉维斯相的 MgCu_2 微小晶粒，其分散在 Al 中可使得铝材的硬度增加、延展性减小，形成所谓“坚铝”，是制造飞机的主要材料。回答下列问题：

(1) 下列状态的镁中，电离最外层一个电子所需能量最大的是 A (填标号)。



(2) 乙二胺 ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$) 是一种有机化合物，分子中氮、碳的杂化类型分别是 sp^3 、

sp^3 。乙二胺能与 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 等金属离子形成稳定环状离子，其原因是 乙二胺的两个 N 提供孤对电子给金属离子形成配位键，其中与乙二胺形成的化合物稳定性相对较高的是 Cu^{2+} (填“ Mg^{2+} ”或“ Cu^{2+} ”)。

(3) 一些氧化物的熔点如下表所示：

氧化物	Li_2O	MgO	P_4O_6	SO_2
熔点/℃	1570	2800	23.8	-75.5

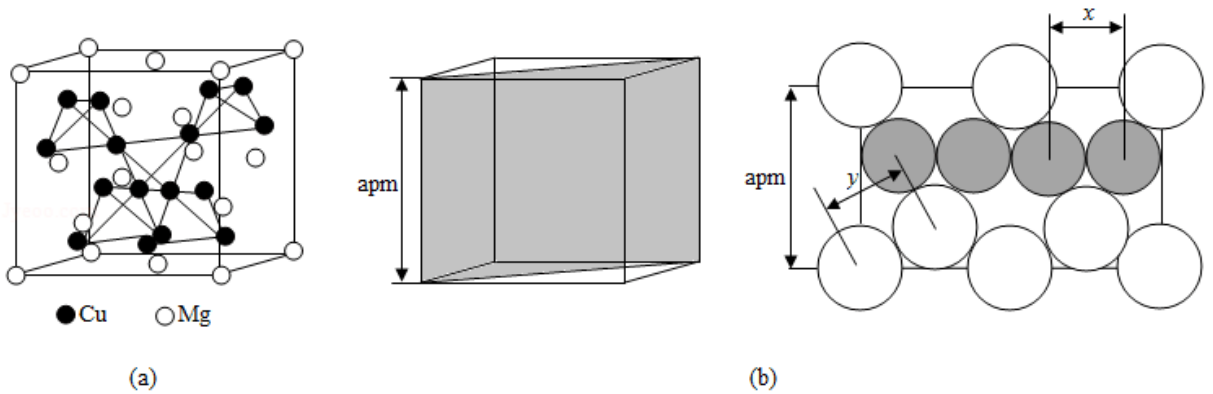
解释表中氧化物之间熔点差异的原因 Li_2O 和 MgO 是离子晶体、 P_4O_6 和 SO_2 是分子晶体，且晶格能 $\text{MgO} > \text{Li}_2\text{O}$ ，分子间作用力： $\text{P}_4\text{O}_6 > \text{SO}_2$ 。

(4) 图 (a) 是 MgCu_2 的拉维斯结构，Mg 以金刚石方式堆积，八面体空隙和半数的四面体空隙中，填入以四面体方式排列的 Cu。图 (b) 是沿立方格子对角面取得的截图。

可见，Cu 原子之间最短距离 $x = \frac{\sqrt{2}}{4}a$ pm，Mg 原子之间最短距离 $y = \frac{\sqrt{3}}{4}a$

pm。设阿伏加德罗常数的值为 N_A ，则 MgCu_2 的密度是 $\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{a^3 \times 10^{-30} N_A} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列

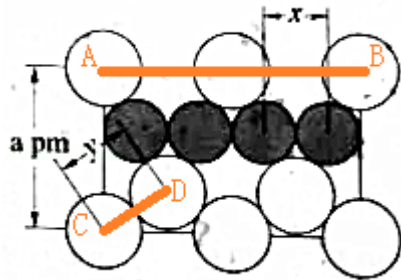
出计算表达式)。



【分析】(1) 能量越高越不稳定，越易失电子，所以激发态的微粒易失电子，原子轨道中处于半满状态时较稳定；

(2) 每个 N 原子形成的共价键有 2 个 N - H 键、1 个 N - C 键，且还含有 1 个孤电子对；每个 C 原子形成的共价键有 2 个 C - H 键、2 个 C - N 键，所以 N、C 原子价层电子对个数都是 4，根据价层电子对互斥理论判断 N、C 原子杂化类型；含有孤电子对的原子和含有空轨道的原子之间易形成配位键；碱土金属与乙二胺形成的化合物稳定性较弱；

(3) 晶体熔沸点：离子晶体 > 分子晶体，离子晶体熔沸点与晶格能有关，晶格能越大熔沸点越高，晶格能与离子半径成反比，与电荷成正比；分子晶体熔沸点与分子间作用力有关，分子间作用力与相对分子质量有关，相对分子质量越大其分子间作用力越大；



(4) 如图 所示，AB 之间的距离为面对角线长度 = $\sqrt{2}apm$ ，AB 之间距离相当于 4 个 Cu 原子直径，x 距离 1 个 Cu 原子直径；

CD 距离为 y，该长度为体对角线 BC 长度的 $\frac{1}{4}$ ，体对角线长度 = $\sqrt{3}$ 棱长 = $\sqrt{3} \times apm$ ；

该晶胞中 Mg 原子位于 8 个顶点上、6 个面心上，在晶胞内部有 4 个 Mg 原子，所以 Mg 原子个数 = $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} + 4 = 8$ ，Cu 原子都位于晶胞内部，有 16 个；

晶胞体积 = $(a \times 10^{-10} \text{ cm})^3$ ，晶胞密度 = $\frac{m}{V}$ 。

【解答】解：(1) AD 微粒都是 Mg 原子失去一个电子后得到的，但是 D 微粒能量高于 A，稳定性 $A > D$ ，所以失电子能量 $A > D$ ；

BC 都是原子，但是 B 是基态、C 是激发态，能量：C>B，稳定性 B>C，所以失去一个电子能量：B>C；

A 为 Mg^+ 、B 为 Mg 原子，A 再失去电子所需能量就是 Mg 原子失去 2 个电子的能量，为 Mg 原子的第二电离能，B 失去一个电子的能量是 Mg 原子的第一电离能，其第二电离能大于第一电离能，所以电离最外层一个电子所需能量 A>B，

通过以上分析知，电离最外层一个电子所需能量最大的是 A，

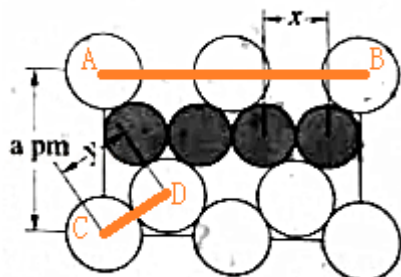
故答案为：A；

(2) 每个 N 原子形成的共价键有 2 个 N - H 键、1 个 N - C 键，且还含有 1 个孤电子对；每个 C 原子形成的共价键有 2 个 C - H 键、2 个 C - N 键，所以 N、C 原子价层电子对个数都是 4，根据价层电子对互斥理论判断 N、C 原子杂化类型分别为 sp^3 、 sp^3 ；含有孤电子对的原子和含有空轨道的原子之间易形成配位键，乙二胺的两个 N 提供孤对电子给金属离子形成配位键，所以乙二胺能与 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 等金属离子形成稳定环状离子；碱土金属与乙二胺形成的化合物稳定性较弱，所以与乙二胺形成的化合物稳定性相对较高的是 Cu^{2+} ，

故答案为： sp^3 ； sp^3 ；乙二胺的两个 N 提供孤对电子给金属离子形成配位键； Cu^{2+} ；

(3) 晶体熔沸点：离子晶体>分子晶体，离子晶体熔沸点与晶格能有关，晶格能越大熔沸点越高，晶格能与离子半径成反比，与电荷成正比，分子晶体熔沸点与分子间作用力有关，分子间作用力与相对分子质量有关，相对分子质量越大其分子间作用力越大， Li_2O 和 MgO 是离子晶体、 P_4O_6 和 SO_2 是分子晶体，且晶格能 $MgO>Li_2O$ ，分子间作用力： $P_4O_6>SO_2$ ，所以熔沸点： $MgO>Li_2O>P_4O_6>SO_2$ ，

故答案为： Li_2O 和 MgO 是离子晶体、 P_4O_6 和 SO_2 是分子晶体，晶格能 $MgO>Li_2O$ ，分子间作用力： $P_4O_6>SO_2$ ；



(4) 如图 所示，AB 之间的距离为面对角线长度 = $\sqrt{2}apm$ ，AB 之间距离相当于 4 个 Cu 原子直径，x 距离 1 个 Cu 原子直径 = $\frac{\sqrt{2} apm}{4}$ ；

体对角线长度 = $\sqrt{3}$ 棱长 = $\sqrt{3} \times a \text{ pm}$, CD 距离为 y , 该长度为体对角线 BC 长度的 $\frac{1}{4} = \frac{1}{4} \times \sqrt{3} \times a \text{ pm} = \frac{\sqrt{3}}{4} a \text{ pm}$;

该晶胞中 Mg 原子位于 8 个顶点上、6 个面心上, 在晶胞内部有 4 个 Mg 原子, 所以 Mg 原子个数 = $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} + 4 = 8$, Cu 原子都位于晶胞内部, 有 16 个;

晶胞体积 = $(a \times 10^{-10} \text{ cm})^3$, 晶胞密度 = $\frac{m}{V} = \frac{N_A}{(a \times 10^{-10})^3} \text{ g/cm}^3 =$

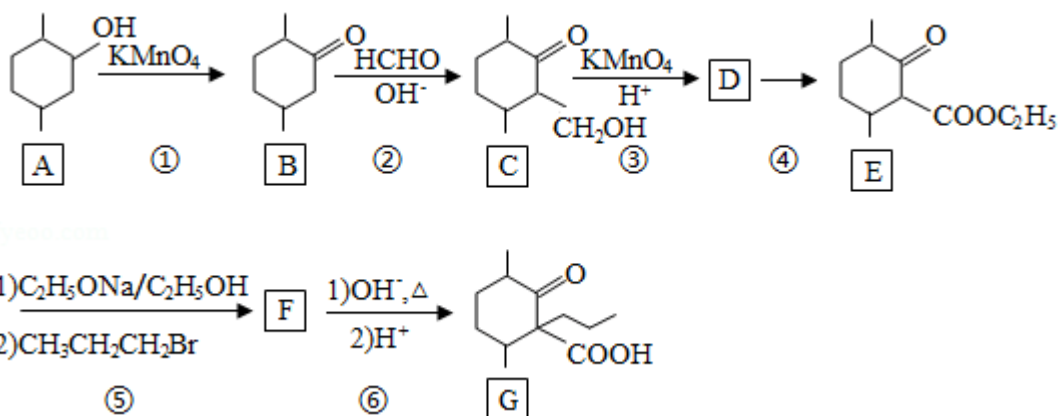
$\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{a^3 \times 10^{-30} N_A} \text{ g/cm}^3$,

故答案为: $\frac{\sqrt{2}}{4} a$; $\frac{\sqrt{3}}{4} a$; $\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{a^3 \times 10^{-30} N_A}$ 。

【点评】 本题考查结构和性质, 涉及晶胞计算、配合物、原子杂化类型判断等知识点, 侧重考查基础知识综合运用、空间想像能力及计算能力, 难点是晶胞计算, 注意 CD 距离与晶胞棱长关系, 题目难度中等。

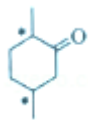
[化学--选修 5: 有机化学基础]

12. 化合物 G 是一种药物合成中间体, 其合成路线如下:



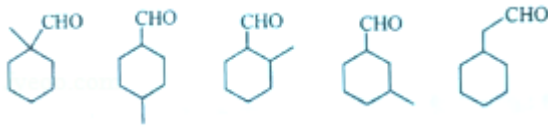
回答下列问题:

- (1) A 中的官能团名称是 羟基。
- (2) 碳原子上连有 4 个不同的原子或基团时, 该碳称为手性碳。写出 B 的结构简式, 用



星号 (*) 标出 B 中的手性碳 。

(3) 写出具有六元环结构、并能发生银镜反应的 B 的同分异构体的结构简式。

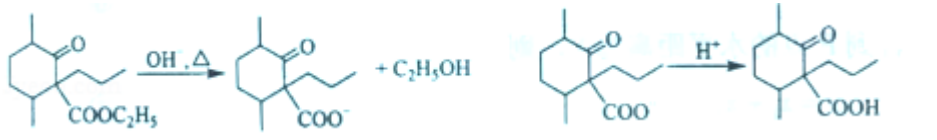


。(不考虑立体异构, 只需写出 3 个)

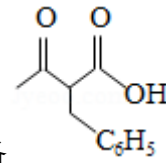
(4) 反应④所需的试剂和条件是 CH₃CH₂OH、浓硫酸、加热。

(5) ⑤的反应类型是 取代反应。

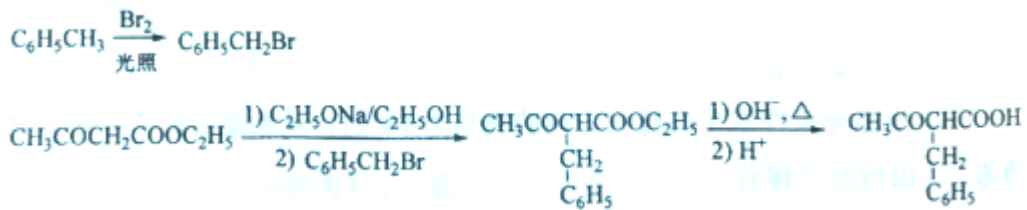
(6) 写出 F 到 G 的反应方程式



(7) 设计由甲苯和乙酰乙酸乙酯 (CH₃COCH₂COOC₂H₅) 制备

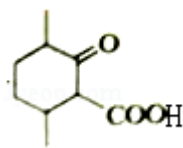


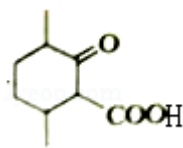
的合成路线

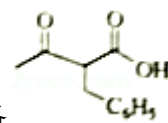
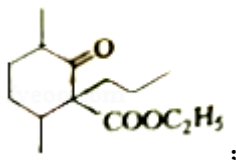


(无机试剂任选)。

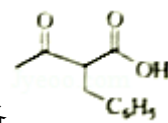
【分析】 A 发生氧化反应生成 B, B 发生加成反应生成 C, C 发生氧化反应生成 D, 根据

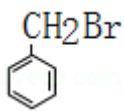


E 结构简式知, D 为 , D 发生酯化反应生成 E, F 先发生碱性条件下水解然后酸化得到 G, 根据 EG 结构简式知, E 发生取代反应生成 F, F 为



(7) 由甲苯和乙酰乙酸乙酯 (CH₃COCH₂COOC₂H₅) 制备

, 甲苯和溴在光



照条件下生成 ， $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ 发生取代反应生成 $\text{CH}_3\text{COCH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{COOC}_2\text{H}_5$ ，最后发生碱性条件下水解然后酸化得到目标产物。

【解答】解：（1）A 中的官能团名称是羟基，

故答案为：羟基；

（2）碳原子上连有 4 个不同的原子或基团时，该碳称为手性碳，连接甲基的碳原子为手

性碳，其手性碳为 ，

故答案为：；

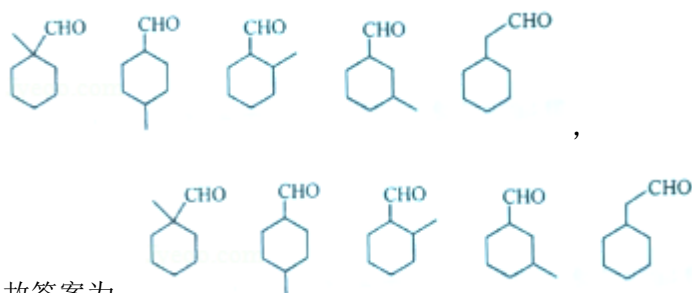
（3）具有六元环结构，说明环上有 6 个原子，并能发生银镜反应，说明含有 $-\text{CHO}$ ，B 的不饱和度是 2，环的不饱和度是 1、醛基的不饱和度是 1，则符合条件的 B 的同分异构体中不含其它碳碳不饱和键，

取代基为 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CHO}$ 时，两个取代基可能位于同一个碳原子上，有 1 种；

可能位于不同碳原子上有邻间对 3 种，

取代基可能为 $-\text{CH}_2\text{CHO}$ ，1 种，

所以符合条件的有 5 种，这 5 种结构简式分别为



故答案为：

（4）反应④为羧基转化为酯基的酯化反应，生成羧酸乙酯，则所需的试剂和条件是 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、浓硫酸、加热，

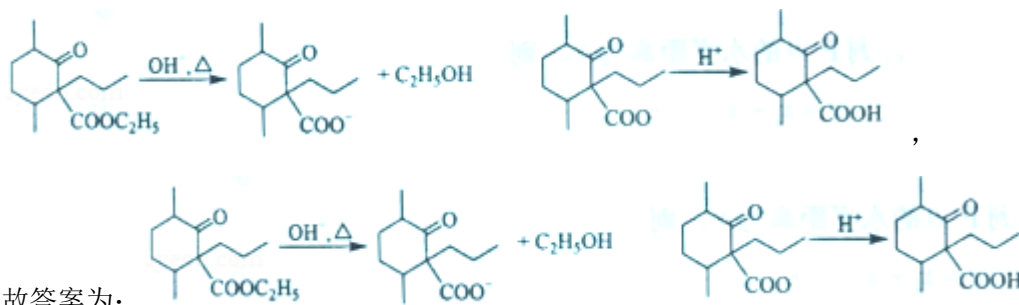
故答案为： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、浓硫酸、加热；

（5）⑤的反应类型是取代反应，

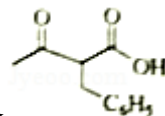
故答案为：取代反应；

（6）F 先发生碱性条件下的水解反应生成羧酸盐和乙醇，然后羧酸盐酸化得到 G，则 F

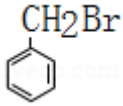
到 G 的反应方程式

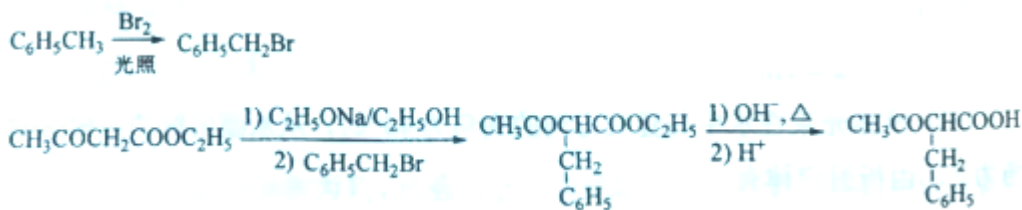


(7) 由甲苯和乙酰乙酸乙酯 ($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$) 制备

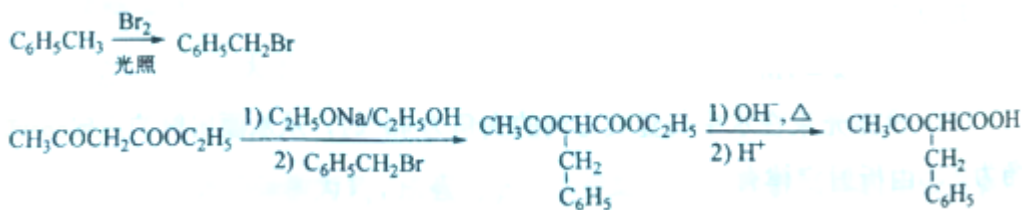


, 甲苯和溴在光

照条件下生成 , $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ 发生取代反应生成 $\text{CH}_3\text{COCH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{COOCH}_2\text{CH}_3$, 最后发生碱性条件下水解然后酸化得到目标产物, 其合成路线



故 答 案 为 :



【点评】 本题考查有机物推断和合成, 侧重考查分析推断及信息获取、知识迁移能力, 正确推断各物质结构简式、明确反应中断键和成键方式是解本题关键, 利用 G 的合成路线中⑤⑥步采用知识迁移方法进行 (7) 题方案设计, 题目难度中等。