

2019 年高考理综全国 1 卷化学试题评析 及 2020 年化学学科备考建议

谢泽雄 黄桂彬

纵观 2019 年高考化学 1 卷命题，基本遵循“立足基础、稳中求变、突出能力”的命题指导思想。更加注重对化学与实际生产、生活及科研成果的综合应用，试题整体难度相比 2018 年略有上升，试题突出对主干知识和化学学习能力的考查，尤其在命题的创新性上较之往年有较大的突破。切实做到聚焦学科核心素养，发挥化学学科育人功能，充分体现了弘扬中华优秀传统文化和科学精神，落实立德树人根本任务的命题思想。

一、2019 年高考理综全国 1 卷化学试题特点

1、试题更突出了主干知识考查，强化了基础性和综合性

试题涉及的知识内容覆盖了必修和选修的内容，每道题目考查的知识点明确、具体，突出了所考查范围内的主干知识。例如第 7 题陶瓷的性能，第 8 题烯烃性质，第 9 题溴苯制取，第 11 题酸碱滴定，12 题电化学知识，13 题元素周期表和周期律，考查的知识点都是历年高考常考的热点问题，选择题无论题型和考查点都保持相对稳定。第 26 题考查硼酸和轻质氧化镁的制取，出题背景与 2015 年全国 1 卷流程题类似。第 27 题考查硫酸铁铵的制备以及相关的实验基本操作，第 28 题依旧是化学反应原理题，考查反应能量、化学反应速率、平衡移动、平衡常数等主干知识，难度较之去年的原理题稍有增加。

选考试题中的物质结构基础部分考查原子核外电子排布和能级、化合物中成键原子的轨道杂化形式、分子构型、晶体结构及其性质、晶体密度计算等。选考试题的有机化学部分，有机合成的流程路线过程非常清晰，考查点包括有机物(基团)名称、反应条件、同分异构体以及有机合成路线图等常规题。

2、命题稳中求变，突出学科能力考查

经典题型延续考查，如选择题第 7 题结合考查陶瓷性质弘扬中华传统文化，第 8 题考查有机物的基本性质，第 9 题化学实验操作，11 题的电解质溶液，12 题的电化学知识，第 13 题元素周期表，都是多年的常考题型。三个必做大题按照流程题、实验题、原理题的顺序与去年稍有不同，但总体保持基本稳定。与

2018 年试题比较,体现了试题平稳过渡、稳中求变的命题思想,第 10 题选择题考法新颖,考查 HCl 在冰表面的吸收和电离,第 13 题元素周期表试题考查形式与以往不同,难度有所提升,对综合能力要求较高。第 27 题实验题的考查。变成了流程型的化学实验问题,突出了对化学学科知识应用能力的考查,体现了化学与生产生活实际相结合的特点,同时也与教育部考试中心要求的考查对所学知识应用性的相符合。

今年试题的另一个显著的特点就是图表增多,据统计,2017 年全国 1 卷涉及图表共有 8 图 1 表,2018 年全国 1 卷共有 9 图 1 表,而 2019 年高考全卷有 12 图加 1 表,要求学生通过观察图形图表,获取感性知识,并进行加工、吸收、分析,从而解决实际问题,体现了高考考纲中对学生图形图表分析能力的考查要求。

3、发挥学科育人功能,聚焦学科核心素养,充分体现创新性

通过试题素材、考核知识点,引导学生关注我国优秀传统文化及科学技术的发展,呈现我国化学领域最近取得的重大创新科研成果。选择题第 7 题,以青瓷和兵马俑为题材考查陶瓷性质,引导学生自觉传承我国科学文化传统;第 10 题关于氯化氢在冰表面的电离,其素材源自 2017 年科学家发表在美国杂志《物理化学快报》的一篇文章,试题情境与 2018 年金钥匙科技竞赛中的一道题基本一致;第 12 题氨的合成应该源自某顶级杂志上刊载的研究成果,第 35 题物质结构基础试题,以我国科学家在顶级刊物《Nature》发表的“双相纳米高强度镁合金的方法”为情境,通过提供拉维斯相的晶体结构来考查物质结构知识。第 36 题有机化学基础试题,考查手性碳原子的判断和药物中间体的合成问题,充分体现了高考命题创新性的考查要求。

今年多数试题情境来源生产、生活、社会及科研实际,将化学学科联系紧密的环保、医药、材料等交叉学科内容作为试题素材,引导学生关注最新科技成果,紧密联系生产生活实际,进一步弘扬科学精神,发挥学科育人功能,充分体现了化学学科素养中“科学态度与社会责任”这一较高层次的价值追求。

二、2019 年高考理综全国 1 卷化学试题评析

7. 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

【答案】A

【分析】陶瓷是以天然粘土以及各种天然矿物为主要原料经过粉碎混炼、成型和煅烧制得的材料的各种制品。陶瓷的传统概念是指所有以黏土等无机非金属矿物为原料的人工工业产品。

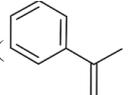
【详解】A项、氧化铁为棕红色固体，瓷器的青色不可能来自氧化铁，故A错误。

B项、秦兵马俑是陶制品，陶制品是由粘土或含有粘土的混合物经混炼、成形、煅烧而制成的，故B正确。

C项、陶瓷的主要原料是取之于自然界的硅酸盐矿物，陶瓷的主要成分是硅酸盐，与水泥、玻璃等同属硅酸盐产品，故C正确。

D项、陶瓷的主要成分是硅酸盐，硅酸盐的化学性质不活泼，具有不与酸或碱反应、抗氧化的特点，故D正确。

【点睛】本题考查物质的性质，侧重分析与应用能力的考查，注意化学与生活的联系，把握物质性质、反应与用途为解答的关键。

8. 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

【答案】B

【分析】2-苯基丙烯的分子式为 C_9H_{10} ，官能团为碳碳双键，能够发生加成反应、氧化反应和加聚反应。

【详解】A项、2-苯基丙烯的官能团为碳碳双键，能够与高锰酸钾溶液发生氧化反应，使酸性高锰酸钾溶液褪色，故A错误。

B项、2-苯基丙烯的官能团为碳碳双键，一定条件下能够发生加聚反应生成聚2-苯基丙烯，故B正确；

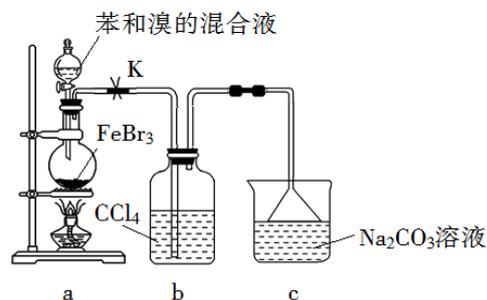
C项、有机物分子中含有饱和碳原子，所有原子不可能在同一平面。2-苯基丙烯中含有甲基，所有原子不可能在同一平面上，故C错误。

D项、2-苯基丙烯为烃类，分子中不含羟基、羧基等亲水基团，难溶于水，易溶于有机溶剂，则2-苯基丙烯难溶于水，易溶于有机溶剂甲苯，故D错误。

【点睛】本题考查有机物的结构与性质，侧重分析与应用能力的考查，注意把握有机物的结构，掌握各类反应的特点，并会根据物质分子结构特点进行判断是解答关键。

9. 实验室制备溴苯的反应装置如下图所示，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 中的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



【答案】D

【分析】在溴化铁作催化剂作用下，苯和液溴反应生成无色的溴苯和溴化氢，装置 b 中四氯化碳的作用是吸收挥发出来的苯和溴蒸汽，装置 c 中碳酸钠溶液呈碱性，能够吸收反应生成的溴化氢气体，倒置漏斗的作用是防止倒吸。

【详解】A 项、若关闭 K 时向烧瓶中加入液体，会使烧瓶中气体压强增大，苯和溴混合液不能顺利流下。打开 K，可以平衡气压，便于苯和溴混合液流下，故 A 正确。

B 项、装置 b 中四氯化碳的作用是吸收挥发出来的苯和溴蒸汽，溴溶于四氯化碳使液体逐渐变为浅红色，故 B 正确。

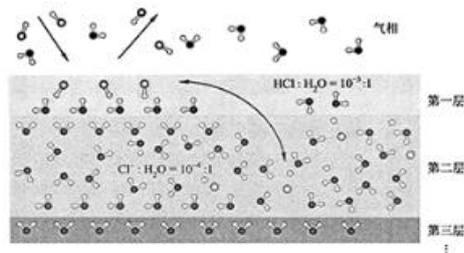
C 项、装置 c 中碳酸钠溶液呈碱性，能够吸收反应生成的溴化氢气体，故 C 正确。

D 项、反应后得到粗溴苯，向粗溴苯中加入稀氢氧化钠溶液洗涤，除去其中溶解的溴，振荡、静置，分层后分液，向有机层中加入适当的干燥剂，然后蒸馏分离出沸点较低的苯，可以得到溴苯，不能用结晶法提纯溴苯，故 D 错误。

【点睛】本题考查化学实验方案的设计与评价，侧重于学生的分析能力、实验能力和评价能力的考查，注意把握实验操作要点，结合物质的性质综合考虑分析是解答关键。

10. 固体界面上强酸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。下图为少量 HCl 气体分子在 253 K 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 $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

【答案】D

【分析】由示意图可知，在冰的表面第一层主要为氯化氢的吸附，第二层中氯化氢溶于水

并发生部分电离，第三层主要是冰，与氯化氢的吸附和溶解无关。

【详解】A项、由图可知，冰的表面第一层主要为氯化氢的吸附，氯化氢以分子形式存在，故A正确。

B项、由题给数据可知，冰的表面第二层中氯离子和水的个数比为 $10^{-4}:1$ ，第二层中溶解的氯化氢分子应少于第一层吸附的氯化氢分子数，与水的质量相比，可忽略其中溶解的氯化氢的质量。设水的物质的量为 1mol ，则所得溶液质量为 $18\text{g/mol}\times 1\text{mol}=18\text{g}$ ，则溶液的体积为 $\frac{18\text{g/mol}\times 1\text{mol}}{0.9\text{g/mL}}\times 10^{-3}\text{L/mL}=2.0\times 10^{-2}\text{L}$ ，由第二层氯离子和水个数比可知，溶液中氢离子物质的量等于氯离子物质的量，为 10^{-4}mol ，则氢离子浓度为 $\frac{10^{-4}\text{mol}}{2.0\times 10^{-2}\text{L}}=5\times 10^{-3}\text{mol/L}$ ，故B正确。

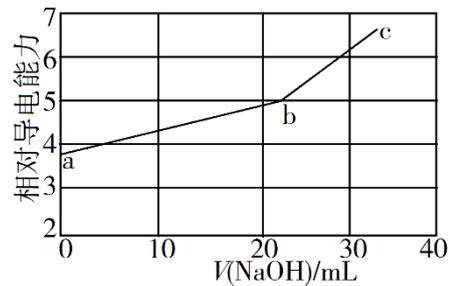
C项、由图可知，第三层主要是冰，与氯化氢的吸附和溶解无关，冰的氢键网络结构保持不变，故C正确。

D项、由图可知，只有第二层存在氯化氢的电离平衡 $\text{HCl}\rightleftharpoons\text{H}^++\text{Cl}^-$ ，而第一层和第三层均不存在，故D错误。

【点睛】本题考查氯化氢气体在冰表面的吸附和溶解。侧重考查接受、吸收、整合化学信息的能力及分析和解决化学问题的能力，注意能够明确图像表达的化学意义，正确计算物质的量浓度为解答关键。

11. NaOH 溶液滴定邻苯二甲酸氢钾（邻苯二甲酸氢钾 H_2A 的 $K_{a1}=1.1\times 10^{-3}$ ， $K_{a2}=3.9\times 10^{-6}$ ）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， $c(\text{Na}^+)>c(\text{K}^+)>c(\text{OH}^-)$



【答案】C

【分析】邻苯二甲酸氢钾为二元弱酸酸式盐，溶液呈酸性，向邻苯二甲酸氢钾溶液中加入氢氧化钠溶液，两者反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中离子浓度增大，导电性增强，邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠为强碱弱酸盐，邻苯二甲酸根在溶液中水解使溶液呈碱性。

【详解】A项、向邻苯二甲酸氢钾溶液中加入氢氧化钠溶液，两者反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中 Na^+ 和 A^{2-} 的浓度增大。由图像可知，溶液导电性增强，说明导电能力与离子浓度和种类有关，故A正确。

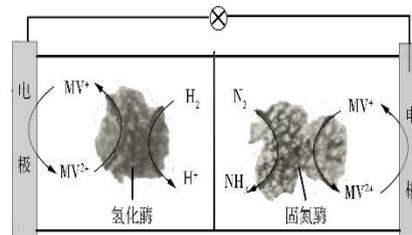
B 项、a 点和 b 点 K^+ 的物质的量相同， K^+ 的物质的量浓度变化不明显， HA^- 转化为 A^{2-} ，b 点导电性强于 a 点，说明 Na^+ 和 A^{2-} 的导电能力强于 HA^- ，故 B 正确。

C 项、b 点邻苯二甲酸氢钾溶液与氢氧化钠溶液恰好完全反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，邻苯二甲酸钾为强碱弱酸盐， A^{2-} 在溶液中水解使溶液呈碱性，溶液 $pH > 7$ ，故 C 错误。

D 项、b 点邻苯二甲酸氢钾溶液与氢氧化钠溶液恰好完全反应生成等物质的量的邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中 $c(Na^+)$ 和 $c(K^+)$ 相等，c 点是继续加入氢氧化钠溶液后，得到邻苯二甲酸钾、邻苯二甲酸钠、氢氧化钠的混合溶液，则溶液中 $c(Na^+) > c(K^+)$ ，由图可知，a 点到 b 点加入氢氧化钠溶液的体积大于 b 点到 c 点加入氢氧化钠溶液的体积，则溶液中 $c(K^+) > c(OH^-)$ ，溶液中三者大小顺序为 $c(Na^+) > c(K^+) > c(OH^-)$ ，故 D 正确。

【点睛】本题考查水溶液中的离子平衡，试题侧重考查分析、理解问题的能力，注意正确分析图象曲线变化，明确酸式盐与碱反应溶液浓度和成分的变化与导电性变化的关系是解答关键。

12. 利用生物燃料电池原理研究室温下氨的合成，电池工作时 MV^{2+}/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



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

【答案】B

【分析】由生物燃料电池的示意图可知，左室电极为燃料电池的负极， MV^+ 在负极失电子发生氧化反应生成 MV^{2+} ，电极反应式为 $MV^+ - e^- = MV^{2+}$ ，放电生成的 MV^{2+} 在氢化酶的作用下与 H_2 反应生成 H^+ 和 MV^+ ，反应的方程式为 $H_2 + 2MV^{2+} = 2H^+ + 2MV^+$ ；右室电极为燃料电池的正极， MV^{2+} 在正极得电子发生还原反应生成 MV^+ ，电极反应式为 $MV^{2+} + e^- = MV^+$ ，放电生成的 MV^+ 与 N_2 在固氮酶的作用下反应生成 NH_3 和 MV^{2+} ，反应的方程式为 $N_2 + 6H^+ + 6MV^+ = 6MV^{2+} + NH_3$ ，电池工作时，氢离子通过交换膜由负极向正极移动。

【详解】A 项、相比现有工业合成氨，该方法选用酶作催化剂，条件温和，同时利用 MV^+

和 MV^{2+} 的相互转化，化学能转化为电能，故可提供电能，故 A 正确。

B 项、左室为负极区， MV^+ 在负极失电子发生氧化反应生成 MV^{2+} ，电极反应式为 $MV^+ - e^- = MV^{2+}$ ，放电生成的 MV^{2+} 在氢化酶的作用下与 H_2 反应生成 H^+ 和 MV^+ ，反应的方程式为 $H_2 + 2MV^{2+} = 2H^+ + 2MV^+$ ，故 B 错误。

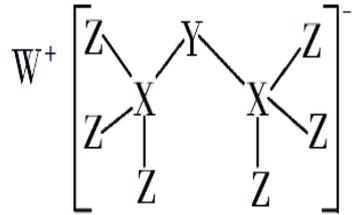
C 项、右室为正极区， MV^{2+} 在正极得电子发生还原反应生成 MV^+ ，电极反应式为 $MV^{2+} + e^- = MV^+$ ，放电生成的 MV^+ 与 N_2 在固氮酶的作用下反应生成 NH_3 和 MV^{2+} ，故 C 正确。

D 项、电池工作时，氢离子（即质子）通过交换膜由负极向正极移动，故 D 正确。

【点睛】本题考查原池原理的应用，注意原电池反应的原理和离子流动的方向，明确酶的作用是解题的关键。

13. 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



【答案】C

【分析】由 W、X、Y、Z 为同一短周期元素，Z 的核外最外层电子数是 X 核外电子数的一半可知，Z 为 Cl、X 为 Si，由化合价代数和为 0 可知，Y 元素化合价为 -3 价，则 Y 为 P 元素；由 W 的电荷数可知，W 为 Na 元素。

【详解】A 项、氯化钠为强酸强碱盐，水溶液呈中性，故 A 错误。

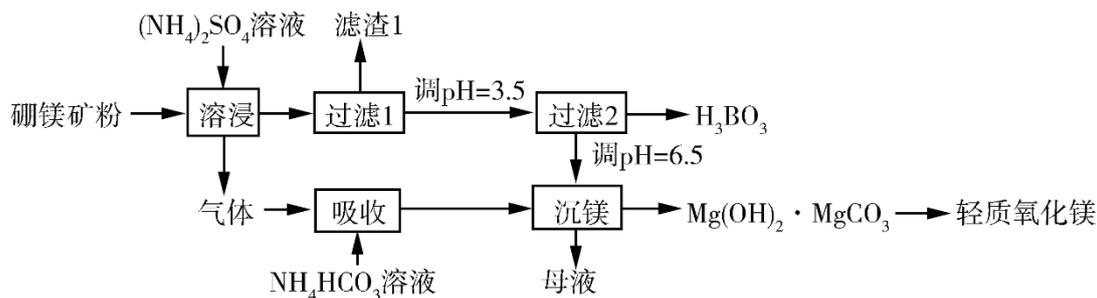
B 项、同周期元素从左到右，非金属性依次增强，则非金属性的强弱顺序为 $Cl > S > P$ ，故 B 错误。

C 项、P 元素的最高价氧化物对应水化物为磷酸，磷酸是三元中强酸，故 C 正确。

D 项、新化合物中 P 元素化合价为 -3 价，满足 8 电子稳定结构，故 D 错误。

【点睛】本题考查元素周期律的应用，注意分析题给化合物的结构示意图，利用化合价代数和为零和题给信息推断元素为解答关键。

26. 硼酸 (H_3BO_3) 是一种重要的化工原料，广泛应用于玻璃、医药、肥料等工艺。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 °C “溶浸” 硼镁矿粉，产生 气体在 “吸收” 中反应的化学方程式为_____。

(2) “滤渣 1” 的主要成分有_____。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_____。

(3) 根据 H_3BO_3 的解离反应： $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{B}(\text{OH})_4^-$ ， $K_a = 5.81 \times 10^{-10}$ ，可判断 H_3BO_3 是_____酸；在 “过滤 2” 前，将溶液 pH 调节至 3.5，目的是_____。

(4) 在 “沉镁” 中生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$ 沉淀的离子方程式为_____，母液经加热后可返回_____工序循环使用。由碱式碳酸镁制备轻质氧化镁的方法是_____。

【答案】 (1). $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (2). Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 (3). KSCN
 (4). 一元弱 (5). 转化为 H_3BO_3 ，促进析出 (6). $2\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_3^{2-} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ (或 $2\text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_3^{2-} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow$) (7). 溶浸 (8). 高温焙烧

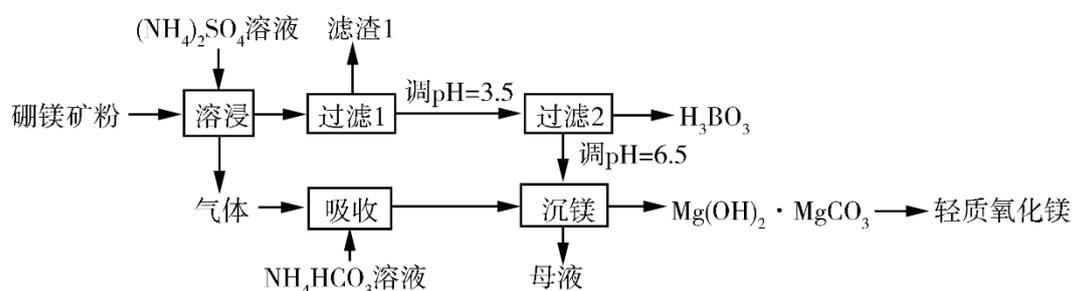
【详解】 (1) 根据流程图知硼镁矿粉中加入硫酸铵溶液产生的气体为氨气，用碳酸氢铵溶液吸收，反应方程式为： $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 。

(2) 滤渣 I 为不与硫酸铵溶液反应的 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 ；检验 Fe^{3+} ，可选用的化学试剂为 KSCN 。

(3) 由硼酸的解离方程式知，硼酸在水溶液中是通过与水分子的配位作用产生氢离子，而三价硼原子最多只能再形成一个配位键，且硼酸不能完全解离，所以硼酸为一元弱酸；在 “过滤 2” 前，将溶液 pH 调节至 3.5，目的是将 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 转化为 H_3BO_3 ，并促进 H_3BO_3 析出；

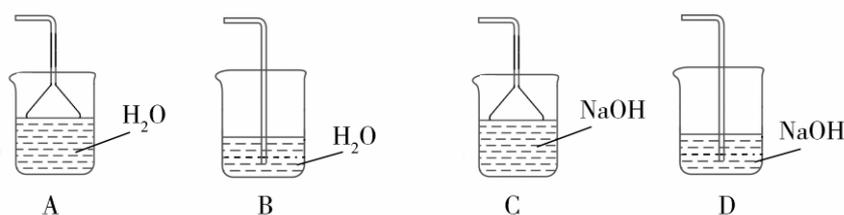
(4) 沉镁过程中用碳酸铵溶液与 Mg^{2+} 反应生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$ ，沉镁过程 离子反应为： $2\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_3^{2-} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ；母液加热分解后生成硫酸铵溶液，可以返回 “溶浸” 工序循环使用；碱式碳酸镁不稳定，高温下可以分解，故由碱式碳酸镁制备轻质氧化镁的方法是高温焙烧。

27. 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，具体流程如下：



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_____。
- (2) 步骤②需要加热的目的是_____，温度保持 $80\sim 95\text{ }^\circ\text{C}$ ，采用的合适加热方式是_____。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_____（填标号）。



- (3) 步骤③中选用足量的 H_2O_2 ，理由是_____。分批加入 H_2O_2 ，同时为了_____，溶液要保持 pH 小于 0.5。
- (4) 步骤⑤的具体实验操作有_____，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 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 时，失掉 1.5 个结晶水，失重 5.6%。硫酸铁铵晶体的化学式为_____。

【答案】 (1). 碱煮水洗 (2). 加快反应 (3). 热水浴 (4). C (5). 将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ；不引入杂质 (6). 防止 Fe^{3+} 水解 (7). 加热浓缩、冷却结晶、过滤（洗涤）
(8). $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

【详解】 (1) 步骤①的目的是去除废铁屑表面的油污，油污在碱性条件下容易水解，所以工业上常常用热的碳酸钠溶液清洗，即碱煮水洗。

(2) 步骤②需要加热的目的是为了加快反应速率；温度保持 $80\sim 95\text{ }^\circ\text{C}$ ，由于保持温度比较恒定且低于水的沸点，故采用的合适加热方式是水浴加热（热水浴）；铁屑中含有少量硫化物，硫化物与硫酸反应生成硫化氢气体，可以用氢氧化钠溶液吸收，为了防止倒吸可以加装

倒置的漏斗，故选择 C 装置。

(3) 步骤③中选用足量的 H_2O_2 ， H_2O_2 可以将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，且 H_2O_2 的还原产物为 H_2O ，不会引入新的杂质，故理由是：将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ，不引入新的杂质。因为 H_2O_2 本身易分解，所以在加入时需分量加入，同时为了防止 Fe^{3+} 水解，溶液要保持 pH 小于 0.5。

(4) 为了除去可溶性的硫酸铵、铁离子等，需要经过的步骤为：加热浓缩、冷却结晶、过滤（洗涤）。

(5) 设硫酸铁铵的化学式为 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，其相对分子质量为 $266+18x$ ，1.5 个水分子的相对分子质量为 $1.5 \times 18=27$ ，则 $27/(266+18x)=5.6\%$ ，解得 $x=12$ ，则硫酸铁铵的化学式为 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。

28. 水煤气变换 $[\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})]$ 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 $721\text{ }^\circ\text{C}$ 下的过量氧化钴 $\text{CoO}(\text{s})$ ，氧化钴部分被还原为金属钴 (Co) ，平衡后气体中 H_2 的物质的量分数为 0.0250。

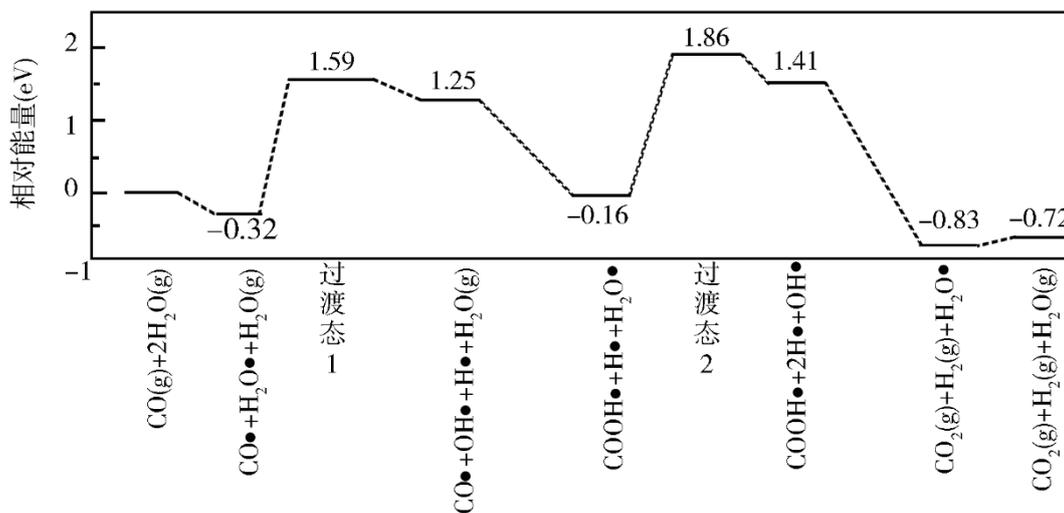
②在同一温度下用 CO 还原 $\text{CoO}(\text{s})$ ，平衡后气体中 CO 的物质的量分数为 0.0192。

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 _____ H_2 (填“大于”或“小于”)。

(2) $721\text{ }^\circ\text{C}$ 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 _____ (填标号)。

A. <0.25 B. 0.25 C. 0.25~0.50 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 _____ 0 (填“大于”“等于”或“小于”), 该历程中最大能垒 (活化能) $E_{正} =$ _____ eV, 写出该步骤的化学方程式 _____。

(4) Shoichi 研究了 467 °C、489 °C 时水煤气变换中 CO 和 H₂ 分压随时间变化关系 (如下图所示), 催化剂为氧化铁, 实验初始时体系中的 P_{H_2O} 和 P_{CO} 相等、 P_{CO_2} 和 P_{H_2} 相等。

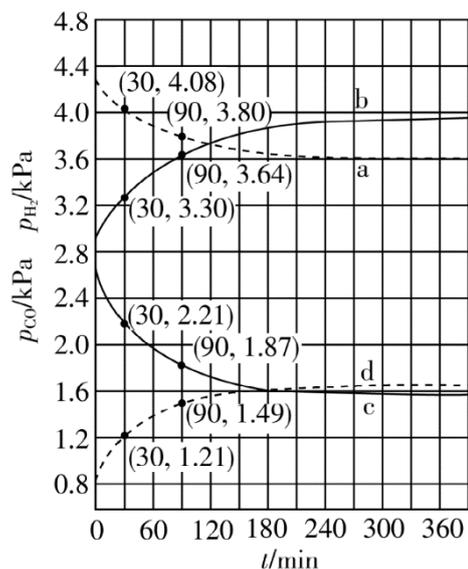
计算曲线 a 的反应在 30~90 min 内的平均速率

$\bar{v}(a) =$ _____ kPa·min⁻¹。467 °C 时 P_{H_2} 和 P_{CO}

随时间变化关系的曲线分别是 _____、

_____。489 °C 时 P_{H_2} 和 P_{CO} 随时间变化关系

的曲线分别是 _____、_____。



【答案】 (1). 大于 (2). C (3). 小于 2.02 $COOH \cdot + H \cdot + H_2O \cdot = COOH \cdot + 2H \cdot + OH \cdot$ 或 $H_2O \cdot = H \cdot + OH \cdot$ (4). 0.0047 b c a d

【分析】

(1) 由 H₂、CO 与 CoO 反应后其气体物质的量分数判断二者的倾向大小;

(2) 根据三段式以及 CO 与 H₂ 的倾向大小关系综合判断;

(3) 根据反应物与生成物的相对能量差大小进行比较判断; 根据反应物达到活化状态所需能量为活化能以及相对能量差值大小计算并比较最大能垒; 根据最大能垒对应的反应历程对应的物质写出方程式;

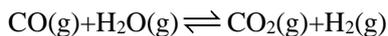
(4) 根据图中曲线 a 在 30~90 min 内分压变化量计算平均反应速率; 先根据 CO 与 H₂ 的倾向大小关系判断 CO 与 H₂ 的含量范围, 然后根据温度变化对化学平衡的影响判断出在不同温度下曲线对应的物质。

【详解】 (1) H₂ 还原氧化钴的方程式为: $H_2(g) + CoO(s) = Co(s) + H_2O(g)$; CO 还原氧化钴的方程式为: $CO(g) + CoO(s) = Co(s) + CO_2(g)$, 平衡时 H₂ 还原体系中 H₂ 的物质的量分数

($\frac{n(H_2)}{n(H_2) + n(H_2O)}$) 高于 CO 还原体系中 CO 的物质的量分数 ($\frac{n(CO)}{n(CO) + n(CO_2)}$),

故还原 CoO(s) 为 Co(s) 的倾向是 CO 大于 H₂;

(2) 721 °C 时, 在密闭容器中将等物质的量的 CO(g) 和 H₂O(g) 混合, 可设其物质的量为 1 mol, 则



起始 (mol) 1 1 0 0

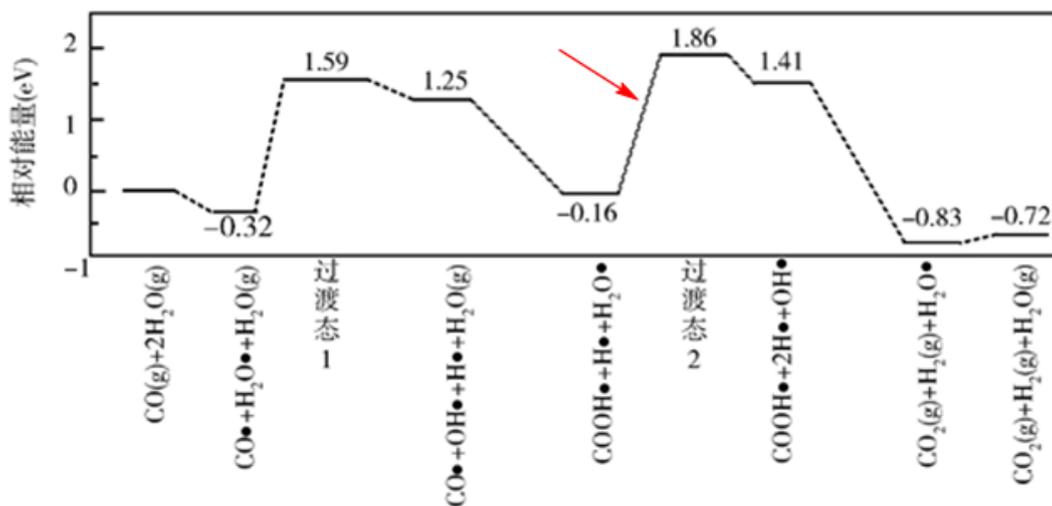
转化 (mol) x x x x

平衡 (mol) 1-x 1-x x x

则平衡时体系中 H_2 的物质的量分数 = $\frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}} = \frac{x \text{ mol}}{[(1-x) + (1-x) + x + x] \text{ mol}} = \frac{x}{2}$ ，因该反应为

可逆反应，故 $x < 1$ ，可假设二者的还原倾向相等，则 $x = 0.5$ ，由 (1) 可知 CO 的还原倾向大于 H_2 ，所以 CO 更易转化为 H_2 ，故 $x > 0.5$ ，由此可判断最终平衡时体系中 H_2 的物质的量分数介于 0.25~0.50，故答案为 C；

(3) 根据水煤气变换 $[\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}]$ 并结合水煤气变换的反应历程相对能量可知， $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$ 的能量 (-0.32eV) 高于 $\text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ 的能量 (-0.83eV)，故水煤气变换的 ΔH 小于 0；活化能即反应物状态达到活化状态所需能量，根据变换历程的相对能量可知，最大差值为：

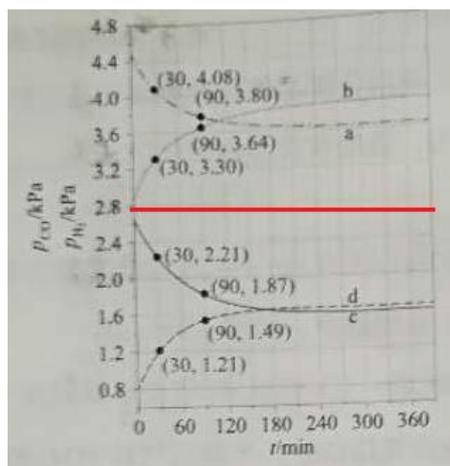


其最大能垒 (活化能) $E_{\text{正}} = 1.86 - (-0.16) \text{ eV} = 2.02 \text{ eV}$ ；该步骤的反应物为 $\text{COOH}\cdot + \text{H}\cdot + \text{H}_2\text{O}\cdot = \text{COOH}\cdot + 2\text{H}\cdot + \text{OH}\cdot$ ；因反应前后 $\text{COOH}\cdot$ 和 1 个 $\text{H}\cdot$ 未发生改变，也可以表述成 $\text{H}_2\text{O}\cdot = \text{H}\cdot + \text{OH}\cdot$ ；

(4) 由图可知, 30~90 min 内 a 曲线对应物质的分压变化量 $\Delta p = (4.08 - 3.80) \text{ kPa} = 0.28 \text{ kPa}$, 故曲线 a 的反应在 30~90 min 内的平均速率

$$\bar{v}(a) = \frac{0.28 \text{ kPa}}{60 \text{ min}} = 0.0047 \text{ kPa} \cdot \text{min}^{-1};$$

由 (2) 中分析得出 H_2 的物质的量分数介于 0.25~0.5, CO 的物质的量分数介于 0~0.25, 即 H_2 的分压始终高于 CO 的分压, 据此可将图分成两部分:



由此可知, a、b 表示的是 H_2 的分压, c、d 表示的是

CO 的分压, 该反应为放热反应, 故升高温度, 平衡逆向移动, CO 分压增加, H_2 分压降低, 故 467°C 时 P_{H_2} 和 P_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 b、c; 489°C 时 P_{H_2} 和 P_{CO} 随时间变化关系的曲线分别是 a、d。

【点睛】 本题以水煤气交换为背景, 考察化学反应原理的基本应用, 较为注重学生学科能力的培养, 难点在于材料分析和信息提取, 图像比较新, 提取信息能力较弱的学生, 会比较吃力。第 (3) 问来源于我国化学工作者发表在顶级刊物 *Science* 中的文章“沉积在 $\alpha\text{-MoC}$ 上单层金原子对水煤气的低温催化反应”, 试题以文章中的单原子催化能量变化的理论计算模型为情境, 让学生认识、分析催化吸附机理及反应过程中的能量变化。本题属于连贯性综合题目, 本题的解题关键在于第 (1) 问的信息理解与应用, 若本题的第 (1) 问判断错误, 会导致后续多数题目判断错误; 第 (2) 问可以采取特殊值法进行赋值并结合极限法计算, 考生若只是考虑到完全转化极限, 则只能判断出 H_2 的物质的量分数小于 0.5, 这是由于对题干的信息应用能力不熟练而导致; 对于第 (4) 问中曲线对应物质的确定需根据第 (1) (2) 问得出的相关结论进行推断, 需先确定物质对应曲线, 然后再根据勒夏特列原理判读相关物质的变化。

35. [化学——选修 3: 物质的结构与性质] (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_____ (填标号)。

- A. $[\text{Ne}] \uparrow_{3s}$ B. $[\text{Ne}] \uparrow\downarrow_{3s}$ C. $[\text{Ne}] \uparrow\uparrow_{3s3p}$ D. $[\text{Ne}] \uparrow_{3p}$

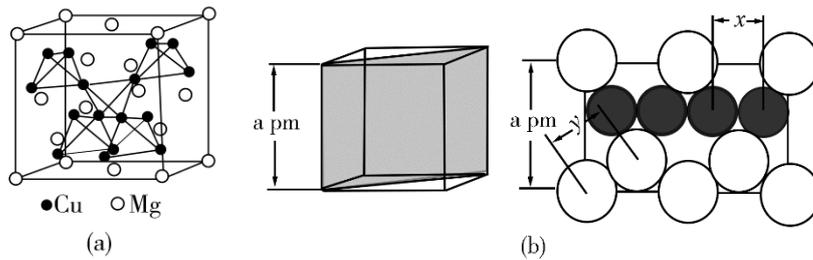
(2) 乙二胺($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)是一种有机化合物, 分子中氮、碳的杂化类型分别是_____、_____。乙二胺能与 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 等金属离子形成稳定环状离子, 其原因是_____, 其中与乙二胺形成的化合物稳定性相对较高的是_____ (填“ Mg^{2+} ”或“ Cu^{2+} ”)。

(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/ $^\circ\text{C}$	1570	2800	23.8	-75.5

解释表中氧化物之间熔点差异的原因_____。

(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 = _____ pm, Mg 原子之间最短距离 y = _____ pm。设阿伏加德罗常数的值为 N_A , 则 MgCu_2 的密度是 _____ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (列出计算表达式)。



【答案】 (1). A (2). sp^3 (3). sp^3 (4). 乙二胺的两个 N 提供孤对电子给金属离子形成配位键 (5). Cu^{2+} (6). Li_2O 、 MgO 为离子晶体, P_4O_6 、 SO_2 为分子晶体。晶格能 $\text{MgO} > \text{Li}_2\text{O}$, 分子间力 (分子量) $\text{P}_4\text{O}_6 > \text{SO}_2$ (7). $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ (8). $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ (9).

$$\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{N_A a^3 \times 10^{-30}}$$

【详解】 (1) A. $[\text{Ne}]3s^1$ 属于基态的 Mg^+ , 由于 Mg 的第二电离能高于其第一电离能, 故其再失去一个电子所需能量较高; B. $[\text{Ne}] 3s^2$ 属于基态 Mg 原子, 其失去一个电子变为基态 Mg^+ ; C. $[\text{Ne}] 3s^1 3p^1$ 属于激发态 Mg 原子, 其失去一个电子所需能量低于基态 Mg 原子; D. $[\text{Ne}] 3p^1$ 属于激发态 Mg^+ , 其失去一个电子所需能量低于基态 Mg^+ , 综上所述, 电离最外层一个电子所需能量最大的是 $[\text{Ne}]3s^1$, 答案选 A;

(2) 乙二胺中 N 形成 3 个单键, 含有 1 对孤对电子, 属于 sp^3 杂化; C 形成 4 个单键, 不存

在孤对电子，也是 sp^3 杂化；由于乙二胺的两个 N 可提供孤对电子给金属离子形成配位键，因此乙二胺能与 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 等金属离子形成稳定环状离子；由于铜离子的半径较大且含有的空轨道多于镁离子，因此与乙二胺形成的化合物稳定性相对较高的是 Cu^{2+} ；

(3) 由于 Li_2O 、 MgO 为离子晶体， P_4O_6 、 SO_2 为分子晶体。晶格能 $MgO > Li_2O$ ，分子间力（分子量） $P_4O_6 > SO_2$ ，所以熔点大小顺序是 $MgO > Li_2O > P_4O_6 > SO_2$ ；

(4) 根据晶胞结构可知 Cu 原子之间最短距离为面对角线的 $1/4$ ，由于边长是 a pm，则面对角线是 $\sqrt{2}apm$ ，则 $x = \frac{\sqrt{2}}{4}a$ pm；Mg 原子之间最短距离为体对角线的 $1/4$ ，由于边长是 a pm，

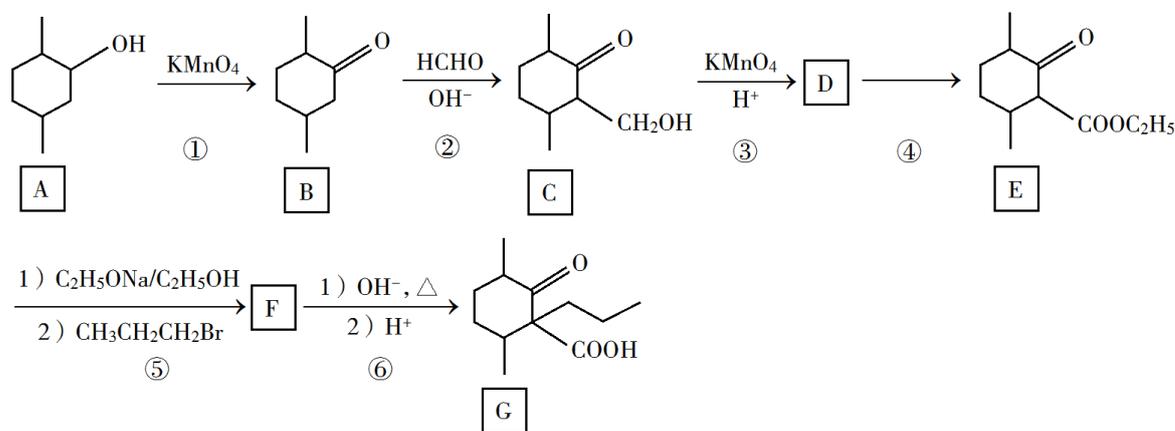
则体对角线是 $\sqrt{3}apm$ ，则 $y = \frac{\sqrt{3}}{4}a$ ；根据晶胞结构可知晶胞中含有镁原子的个数是

$8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 + 4 = 8$ ，则 Cu 原子个数 16，晶胞的质量是 $\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{N_A}$ g。由于边长是 a pm，

则 $MgCu_2$ 的密度是 $\frac{8 \times 24 + 16 \times 64}{N_A a^3 \times 10^{-30}} g \cdot cm^{-3}$ 。

36. [化学——选修 5：有机化学基础] (15 分)

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_____。

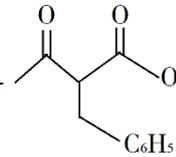
(2) 碳原子上连有 4 个不同的原子或基团时，该碳称为手性碳。写出 B 的结构简式，用星号(*)标出 B 中的手性碳_____。

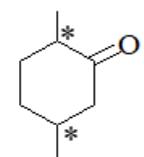
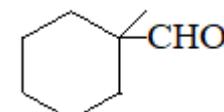
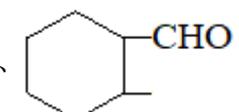
(3) 写出具有六元环结构、并能发生银镜反应 B 的同分异构体的结构简式_____。(不考虑立体异构，只需写出 3 个)

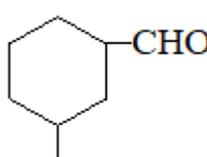
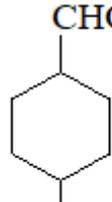
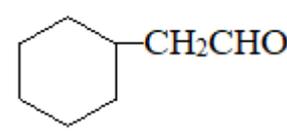
(4) 反应④所需的试剂和条件是_____。

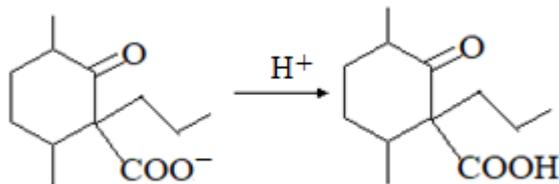
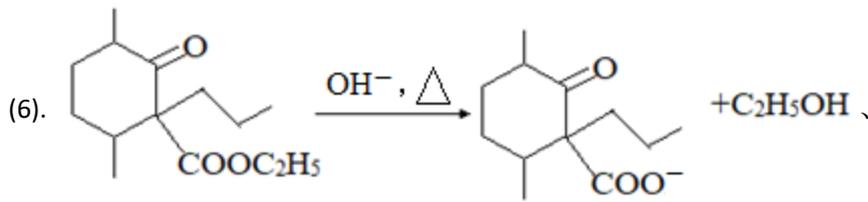
(5) ⑤的反应类型是_____。

(6) 写出 F 到 G 反应方程式_____。

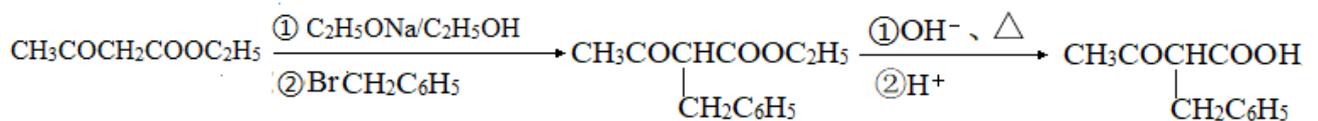
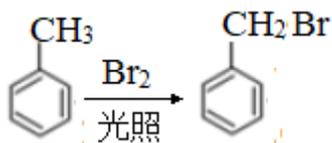
(7) 设计由甲苯和乙酰乙酸乙酯($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$)制备  的合成路线
 _____(无机试剂任选)。

【答案】 (1). 羟基 (2).  (3).  、  、

 、  、  (4). $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}/\text{浓}$
 H_2SO_4 、 加热 (5). 取代反应

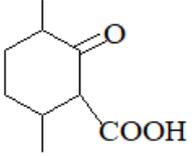


(7).

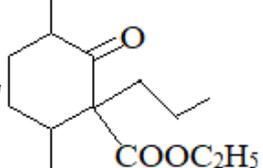


【分析】

有机物 A 被高锰酸钾溶液氧化，使羟基转化为羰基，B 与甲醛发生加成反应生成 C，C 中的

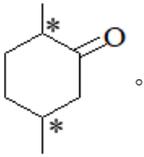
羟基被酸性高锰酸钾溶液氧化为羧基，则 D 的结构简式为 。D 与乙醇发生

酯化反应生成 E，E 中与酯基相连的碳原子上的氢原子被正丙基取代生成 F，则 F 的结构简

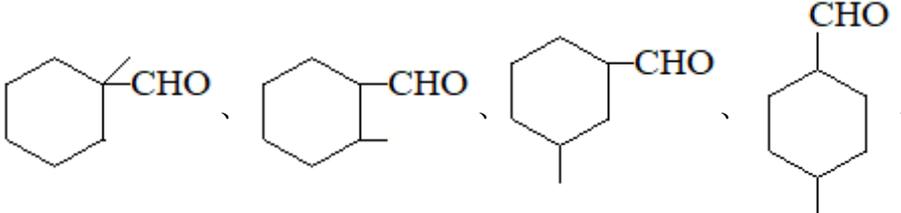
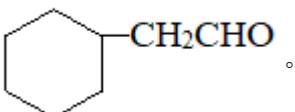
式为 ，F 首先发生水解反应，然后酸化得到 G，据此解答。

【详解】（1）根据 A 结构简式可知 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，则根据 B 的结构简式可知

B 中的手性碳原子可表示为 。

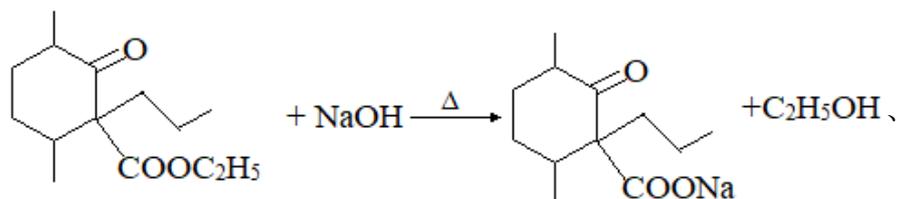
（3）具有六元环结构、并能发生银镜反应的 B 的同分异构体的结构简式中含有醛基，则可

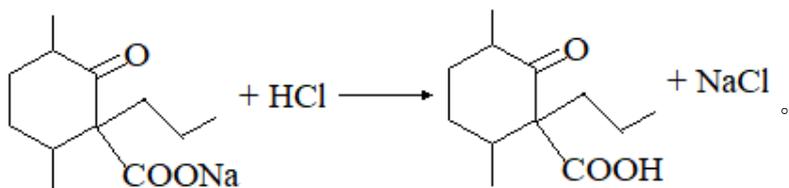
能的结构为 、
。

（4）反应④是酯化反应，所需的试剂和条件是乙醇/浓硫酸、加热。

（5）根据以上分析可知⑤的反应类型是取代反应。

（6）F 到 G 的反应分两步完成，方程式依次为：



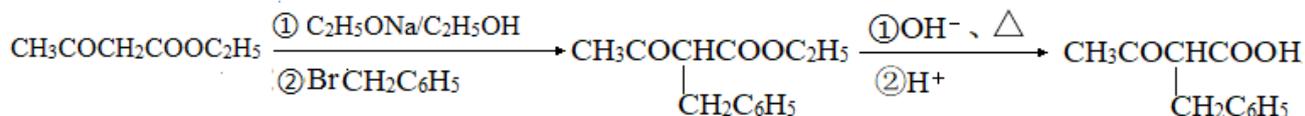
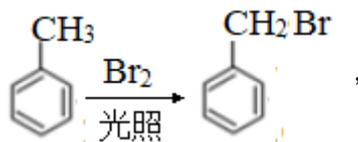


(7) 由甲苯和乙酰乙酸乙酯($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$)制备 $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{COCHCOOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$, 可以先由

甲苯合成 $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Br} \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$, 再根据题中反应⑤的信息由乙酰乙酸乙酯合成

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{COCHCOOC}_2\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$, 最后根据题中反应⑥的信息由 $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{COCHCOOC}_2\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ 合成

产品 $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{COCHCOOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ 。具体的合成路线图为:



【点睛】 本题考查有机物的推断和合成, 涉及官能团的性质、有机物反应类型、同分异构体的书写、合成路线设计等知识, 利用已经掌握的知识来考查有机合成与推断、反应条件的选择、物质的结构简式、化学方程式、同分异构体的书写的知识。考查学生对知识的掌握程度、自学能力、接受新知识、新信息的能力; 考查了学生应用所学知识进行必要的分析来解决实际问题的能力。有机物的结构、性质、转化、反应类型的判断、化学方程式和同分异构体结构简式的书写及物质转化流程图的书写是有机化学学习中经常碰到的问题, 掌握常见的有机代表物的性质、各类官能团的性质、化学反应类型、物质反应的物质的量关系与各类官能团的数目关系, 充分利用题目提供的信息进行分析、判断是解答的关键。难点是设计合成路线图时有关信息隐含在题干中的流程图中, 需要学生自行判断和灵活应用。

三、2020 年高考化学学科备考建议

1、加强基础知识和基本技能的的教学, 夯实基础。

从高一、高二的学习中, 就开始重视基础知识、基本方法、基本实验、基本原理的理解和落实, 注重知识的积累; 要特别重视实验教学, 重视培养学生的实

验技能，特别注重将化学知识与生产生活实际相结合，突出化学学科知识的应用性。在高三复习中挖掘教材中的试题素材，强化主干知识网络的形成和梳理，使知识系统化、结构化。

2、加强看图识图训练，培养学生分析处理图形图表问题的能力。

高中化学图形包括物质结构图、实验装置图、电池装置图、工业流程图、能量图、坐标图等，涵盖了高中化学必修和选修几乎全部的知识内容，平时教学中要结合教材的图表和相关理论知识，培养学生对图表数据的读取、分析与处理能力。

3、抓好基本概念、原理的掌握和应用，着重培养学科关键能力。

通过分析比较，多角度辨析，掌握概念的内涵外延，原理和规律的本质，在深刻理解和有效应用上下功夫。重视以基础知识为依托的实际应用能力的培养，提升学生的独立思考、逻辑推理、信息加工、自主学习等关键能力。历年的高考热点始终是高中化学中的那些最基本、最核心的内容，纯知识性题目的考查逐渐偏少，取而代之的则是更多的知识应用型题目，因此教学中更应强调对知识的理解和应用，并将化学教学与生产生活实际、科技前沿、社会热点有机结合，培养学生学习化学的兴趣，提高学习的积极性。

4、融会贯通，从高考回归课本。

绝大多数高考题目的知识背景来源于教材，在教材中可以寻找出原型，所以同学们一定要重视教材，精读教材。教材中的栏目有：引言、正文文本、资料卡片、思考与交流、学与问、实践活动、演示实验、科学探究、科学视野、科学史话、课后习题、归纳与整理、复习题、附录等，而教材上的文本、图表、习题皆为出题资源。如果考生能够明白试题的知识背景出自于课本的哪一处地方，课本讲了什么知识，试题做了哪些延伸，两者融会贯通，那试题就能迎刃而解。

5、规范答题，杜绝非智力因素失分。

在平时的训练和考试中同学们要重视自己规范答题的能力，做到按题目要求作答，规范书写化学用语。具体而言，看清楚方程式的书写要求，是“离子方程式”“化学方程式”“热化学方程式”还是“电极反应式”，还要注意条件，生成物状态，配平后必须是最简整数比；看清楚是填“元素名称”还是“元素符号”，“代号”还是“序号”等；看清楚是填“大于”“>”“增大”还是“变

大”等；看清楚填“化学式”“结构式”“结构简式”“最简式”还是“电子式”等；看清楚填“离子结构示意图”“原子结构示意图”“电子排布式”“电子排布图”“价电子排布式”还是“价电子排布图”等；看清楚填物质的量还是填数目等。

高考既是对知识与能力的考查，也是身体素质与心理素质较量。“在感到身心疲乏或怀疑自己时，同学们要调整好自己的情绪，不给自己乱贴标签，从各个方面重塑自信。”同学们要牢记学习需要厚积薄发，最重要的是对目标的坚持，力争每一天都有新收获，不断完善自己。