

2024 年 1 月“九省联考”考后提升卷（河南卷）

高三化学

（考试时间：50 分钟 试卷满分：100 分）

注意事项：

1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号等填写在答题卡和试卷指定位置上。
2. 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 Na 23 S 32 Mn 55 Ni 59 Ga 70

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 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。

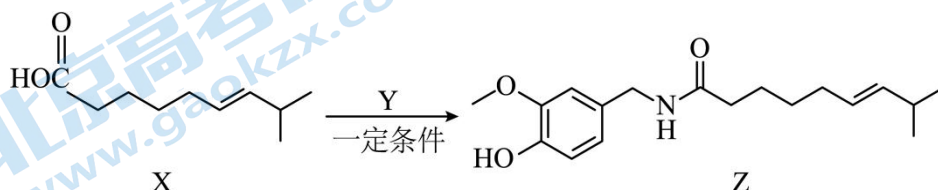
7. 化学与科学、技术、社会、生活等密切相关。下列有关说法正确的是

- A. 用于清洗伤口、杀菌、消毒的医用酒精有强氧化性
- B. 我国“神舟十二号”飞船返回舱的舱体外壳部件材料是由金属复合材料——专业的铝合金材料制成的，主要是利用了其硬度大的特性
- C. 食品袋中放置的 CaO 可直接防止食品氧化变质
- D. 客家围屋建造过程中用作黏稠剂的糯米和鸡蛋清都属于混合物

【答案】D

【解析】A. 乙醇能够使蛋白质变性，医用酒精可用于清洗伤口、杀菌、消毒，但是乙醇不具有强的氧化性，故 A 错误；B. 铝合金是制造飞船返回舱的舱体外壳部件材料，这主要利用了它们具有的密度小、强度好的性能，故 B 错误；C. 食品袋中放置的 CaO 是干燥剂，不能直接防止食品氧化变质，故 C 错误；D. 糯米的成分是淀粉，鸡蛋清成分是蛋白质，都是高分子化合物，聚合度不确定，都属于混合物，故 D 正确；故选 D。

8. 有机化合物 Z 具有镇痛、消炎等药理作用，其合成路线关键步骤如下：



有关有机物 X、Y 和 Z 的说法正确的是

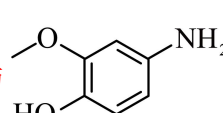
- A. 1molZ 最多只能与 1molNaOH 反应

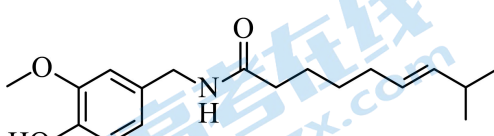
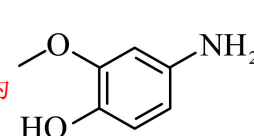
B. 有机物 Y 含有 3 种含氧官能团

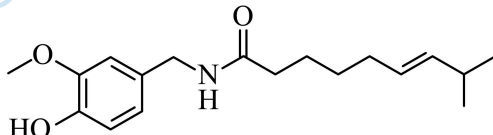
C. 有机物 X 与丙烯酸互为同系物

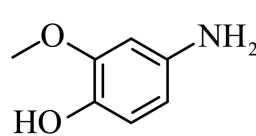
D. 有机物 Z 中含有手性碳原子

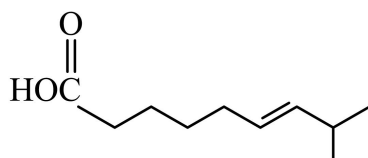
【答案】C

【分析】由有机物的转化关系可知，一定条件下，与发生取

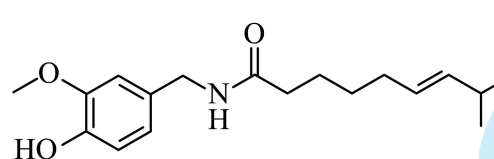
代反应生成和水，则 Y 为。

【解析】A. 由结构简式可知，分子中含有的酚羟基和酰胺基能与氢氧化钠溶液反应，则 1mol Z 最多只能与 2mol 氢氧化钠反应，故 A 错误；

B. 由结构简式可知，分子的含氧官能团为醚键、酚羟基，共有 2 种，故 B 错误；

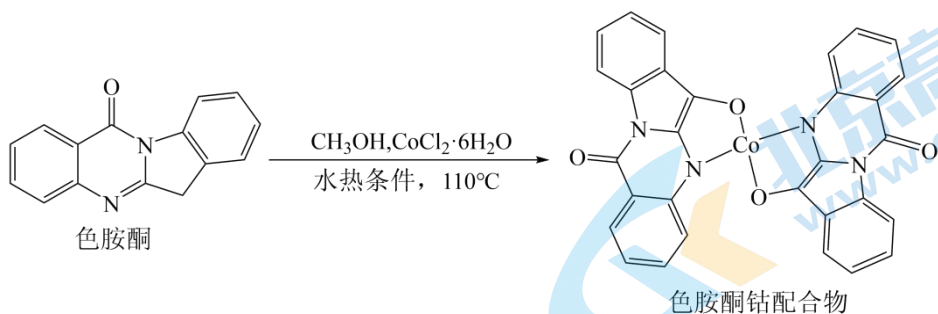
C. 由结构简式可知，与丙烯酸含有结构相似，分子组成上相差若干个 CH_2

原子团，互为同系物，故 C 正确；

D. 由结构简式可知，分子中不含有连有 4 个不同原子或原子团的手性碳原子，故 D 错误；

故选 C。

9. 钴(Co)在化学上称为铁系元素，其化合物在生产生活中应用广泛。以甲醇为溶剂， Co^{2+} 可与色胺酮分子配位结合形成对 DNA 具有切割作用的色胺酮钴配合物(合成过程如图所示)，下列说法错误的是



- A. 色胺酮分子中所含元素第一电离能由大到小的顺序为 $\text{N} > \text{O} > \text{H} > \text{C}$
- B. 色胺酮分子中 N 原子均为 sp^3 杂化
- C. 色胺酮钴配合物中钴的配位数为 4
- D. X 射线衍射分析显示色胺酮钴配合物晶胞中还含有一个 CH_3OH 分子, CH_3OH 是通过氢键作用与色胺酮钴配合物相结合

【答案】B

【解析】A. 同周期元素, 从左到右第一电离能呈增大趋势, 氮原子的 2p 轨道为稳定的半充满结构, 元素的第一电离能大于 O, 则第一电离能由大到小的顺序为 $\text{N} > \text{O} > \text{C}$, 氢原子的原子半径小, 核外电子受到原子核的引力大于碳原子, 失去 1 个电子消耗的能量大于碳, 第一电离能大于大于碳, 则元素第一电离能由大到小的顺序为 $\text{N} > \text{O} > \text{H} > \text{C}$, 故 A 正确;

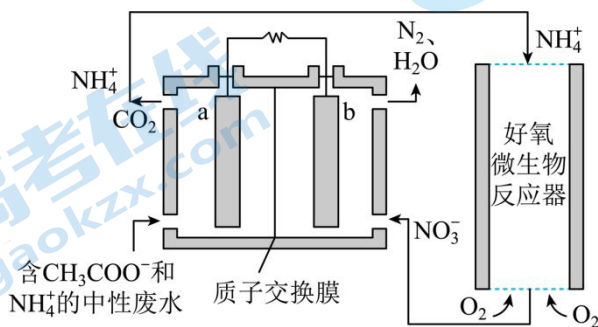
B. 由结构简式可知, 色胺酮分子中形成双键的氮原子的杂化方式为 sp^2 杂化, 故 B 错误;

C. 由结构简式可知, 色胺酮钴配合物中钴离子与 2 个氮原子和 2 个氧原子形成配位键, 的配位数为 4, 故 C 正确;

D. 甲醇分子中的羟基可以形成氢键, 则 X 射线衍射分析显示色胺酮钴配合物晶胞中还含有一个甲醇分子说明甲醇通过氢键作用与色胺酮钴配合物相结合, 故 D 正确;

故选 B。

10. 微生物燃料电池碳氮联合去除的氮转化系统原理如图所示。下列说法错误的是



- A. a 极电势低于 b 极
- B. 离子交换膜是质子交换膜

C. a、b 两极生成 CO_2 和 N_2 的物质的量之比为 5 : 4

D. 好氧微生物反应器中反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$

【答案】C

【解析】从图分析，a 电极上为乙酸根离子生成二氧化碳，失去电子，为负极反应，b 为正极。据此解答。

A. a 为负极，b 为正极，正极电极比负极高，A 正确；

B. a 的电极反应为 $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$ ，b 的电极反应为 $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ = \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ ，氢离子向正极移动，故使用质子交换膜，B 正确；

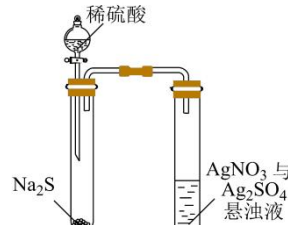
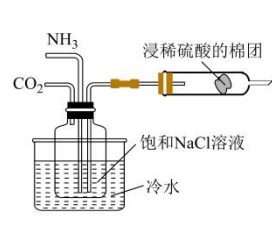
C. 根据 ab 电极反应分析，电子守恒，则二氧化碳和氮气的物质的量比为 10:4=5:2，C 错误；

D. 从图分析，铵根离子和氧气进去反应生成硝酸根离子，故反应的离子方程式为：

$\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ ，D 正确；

故选 C。

11. 下列实验操作正确且能达到实验目的的是

A	B	C	D
			
钠的燃烧反应	验证 $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$	制备 NaHCO_3	证明非金属性： $\text{S} > \text{C} > \text{Si}$

【答案】D

【解析】A. Na 在空气中燃烧生成 Na_2O_2 ， Na_2O_2 吸收空气中的水蒸气生成 NaOH，NaOH 能和玻璃中的 SiO_2 反应，不能用玻璃表面器皿做钠的燃烧反应实验，A 错误；

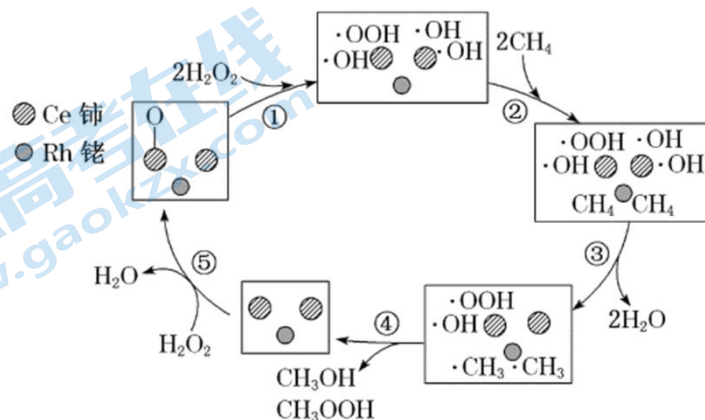
B. 稀硫酸和硫化钠反应生成硫化氢气体，硫化氢与硝酸银溶液直接反应生成硫化银沉淀，不发生沉淀转化，不能验证 $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$ ，B 错误；

C. 制备 NaHCO_3 的原理是向饱和 NaCl 溶液中先后通入 NH_3 和 CO_2 ，通 CO_2 的导气管应该伸入液面以下，C 错误；

D. 最高价含氧酸的酸性越强, 对应元素的非金属性越强, 稀硫酸与碳酸钠反应, 生成的 CO_2 通入硅酸钠溶液中, 生成白色沉淀硅酸, 即酸性: 硫酸 > 碳酸 > 硅酸, D 正确;

故选 D。

12. 甲烷可在铈/铈氧化物的催化下与过氧化氢反应, 转化为甲醇和甲基过氧化氢(CH_3OOH), 实现了天然气的高效利用, 其原理如图所示, 下列说法错误的是



- A. 反应③有极性键的断裂与生成
- B. 反应⑤中, Ce 的化合价升高
- C. 铈/铈氧化物改变了 CH_4 和 H_2O_2 的反应历程, 降低了反应的活化能
- D. 若用 $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$ 作反应物, 一段时间后只有 CH_3OH 、 CH_3OOH 中含有 ^{18}O

【答案】D

【解析】A. 反应③中 CH_4 中断裂 1 条 C-H 键形成 $\cdot\text{CH}_3$, $\cdot\text{OH}$ 与 H 形成 H_2O 中有 O-H 键生成, 则有极性键的断裂与生成, A 正确; B. 反应⑤中, $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 中 O 元素从 -1 降低至 -2 价, 则 Ce 的化合价升高, B 正确; C. 铈/铈氧化物是催化剂, 可改变了 CH_4 和 H_2O_2 的反应历程, 降低了反应的活化能, C 正确; D. 由反应⑤可知 O 连接在 Ce 上, 甲烷可在铈/铈氧化物的催化下与过氧化氢反应, 转化为甲醇和甲基过氧化氢(CH_3OOH), 则若用 $\text{H}_2^{18}\text{O}_2$ 作反应物, 一段时间后 CH_3OH 、 CH_3OOH 和铈/铈氧化物中均含有 ^{18}O , D 错误; 故选 D。

13. 已知常温下水溶液中 H_2A 、 HA^- 、 A^{2-} 、 HB 、 B^- 的分布分数 δ [如 $\delta(\text{A}^{2-}) = \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{A}^{2-})}$]

随 pH 变化曲线如图 1; 溶液中 $-\lg c(\text{Ca}^{2+})$ 和 $-\lg c(\text{A}^{2-})$ 关系如图 2. 用 $0.0100\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2A 溶液滴定

$20.00\text{mL} 0.0100\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CaB_2 溶液, 下列说法错误的是

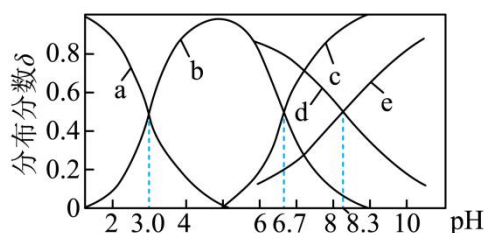


图1

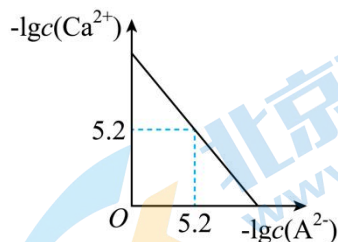


图2

- A. 曲线 d 表示 $\delta(\text{HB})$
- B. B^- 的水解平衡常数 $K_b(\text{B}^-) = 10^{-5.7}$
- C. 滴定过程中溶液会变浑浊
- D. 滴定过程中始终存在: $c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{HB}) + c(\text{H}^+)$

【答案】D

【解析】A. 由题中信息可知, H_2A 为二元弱酸, $\text{H}_2\text{A} \rightleftharpoons \text{HA}^- + \text{H}^+$, $\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{A}^{2-} + \text{H}^+$, 用 $0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{A}$ 溶液滴定 $20.00 \text{ mL } 0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaB}_2$ 溶液, 发生反应: $\text{H}_2\text{A} + \text{CaB}_2 = 2\text{HB} + \text{CaA}$, 则酸性: $\text{H}_2\text{A} > \text{HB}$, 所以

以曲线 a、b、c 表示 H_2A 的各微粒分布曲线, 曲线 a 代表 H_2A , 曲线 b 代表 HA^- , 曲线 c 代表 A^{2-} , 曲线 d 为 HB, 曲线 e 为 B^- , 故 A 正确;

B. B^- 的水解平衡常数 $K_b(\text{B}^-) = \frac{c(\text{HB}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{B}^-)}$, 曲线 d 和 e 相交时 $c(\text{HB}) = c(\text{B}^-)$, $K_b(\text{B}^-) = c(\text{OH}^-)$, 此时 $\text{pH} = 8.3$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-5.7}$, 则 $K_b(\text{B}^-) = 10^{-5.7}$, 故 B 正确;

C. 根据图 2 可知, 滴定过程中会生成 CaA 沉淀, 溶液变浑浊, 故 C 正确;

D. 若滴定过程中不产生沉淀, 则根据电荷守恒: $c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) + c(\text{B}^-) = 2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{H}^+)$, 根据物料守恒: $2c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{HB}) + c(\text{B}^-)$, 则 $c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HB})$, 但随着 H_2A 溶液的滴入, Ca^{2+} 产生 CaA 沉淀而析出, 溶液中 $2c(\text{Ca}^{2+}) \neq c(\text{HB}) + c(\text{B}^-)$, 则 $c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-) \neq c(\text{H}^+) + c(\text{HB})$, 故错误;

故选: D。

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 58 分。

27. (14 分) 氰化钠(NaCN)是一种重要的基本化工原料, 同时也是一种剧毒物质, 一旦泄漏需要及时处理。一般可以用双氧水或硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)溶液来处理, 以减轻环境污染。

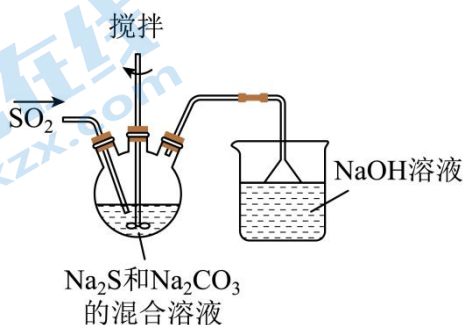
(1) NaCN 易水解生成氰化氢(有剧毒, 易在空气中均匀弥散)。 NaCN 中 C 的化合价为 _____; 实验

室用 NaCN 固体配制 NaCN 溶液时,应先将其溶于氢氧化钠溶液中,再用蒸馏水稀释,其目的是_____。

NaCN 用双氧水处理后,产生一种酸式盐和一种能使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体,该反应的离子方程式是_____。

(2) 工业制备硫代硫酸钠的反应原理: $2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 4\text{SO}_2 = 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{CO}_2$ 。某化学小组利用该原理在实验室制备硫代硫酸钠。

【实验一】制备硫代硫酸钠的装置如图所示。



①盛放 Na_2S 和 Na_2CO_3 混合溶液的仪器名称是_____。

② NaOH 溶液的作用是_____。

【实验二】测定硫代硫酸钠产品的纯度。

制备的硫代硫酸钠产品一般为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 可用 I_2 的标准溶液测定产品的纯度: 取 10g 产品配制成 250mL 溶液, 取 25mL 溶液, 用 $0.1000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{I}_2$ 的标准溶液进行滴定(原理为 $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$),

相关数据记录如表:

实验编号	1	2	3
溶液体积/mL	25.00	25.00	25.00
消耗 I_2 的标准溶液体积/mL	20.05	18.00	19.95

③上述滴定操作中应该选用_____作为反应的指示剂。

④ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 产品的纯度为_____。

【答案】(除标明外, 每空 2 分)

(1) +2 (1 分) 防止 CN^- 水解产生 HCN 污染环境 $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \uparrow$

(2) ①三颈烧瓶 ②尾气处理 ③淀粉溶液 ④99.2% (3 分)

【解析】氧化还原反应中氧化剂得电子化合价降低, 还原剂失电子化合价升高, 根据得失电子守恒配平方

程式:

把二氧化硫通入盛放 Na_2S 和 Na_2CO_3 混合溶液的三口烧瓶中发生 $2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 4\text{SO}_2 = 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{CO}_2$

反应制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，用氢氧化钠溶液吸收剩余二氧化硫，防止污染。

(1) NaCN 中 Na 显+1 价、 N 显-3 价，根据化合价代数和等于 0， C 的化合价为+2； NaCN 易水解生成氰化氢，溶液显碱性，为抑制 CN^- 水解产生 HCN 污染环境，实验室用 NaCN 固体配制 NaCN 溶液时，应先将其溶于氢氧化钠溶液中，再用蒸馏水稀释。 NaCN 用双氧水处理后，产生一种酸式盐碳酸氢钠和一种能使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体氨气，反应中 C 元素化合价由+2 升高为+4、双氧水中 O 元素化合价由-1 降低为-2，该反应的离子方程式是 $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \uparrow$;

(2) ①根据装置图，盛放 Na_2S 和 Na_2CO_3 混合溶液的仪器名称是三口烧瓶。

②二氧化硫有毒，二氧化硫能被氢氧化钠吸收，所以 NaOH 溶液的作用是吸收二氧化硫，防止污染，处理尾气。

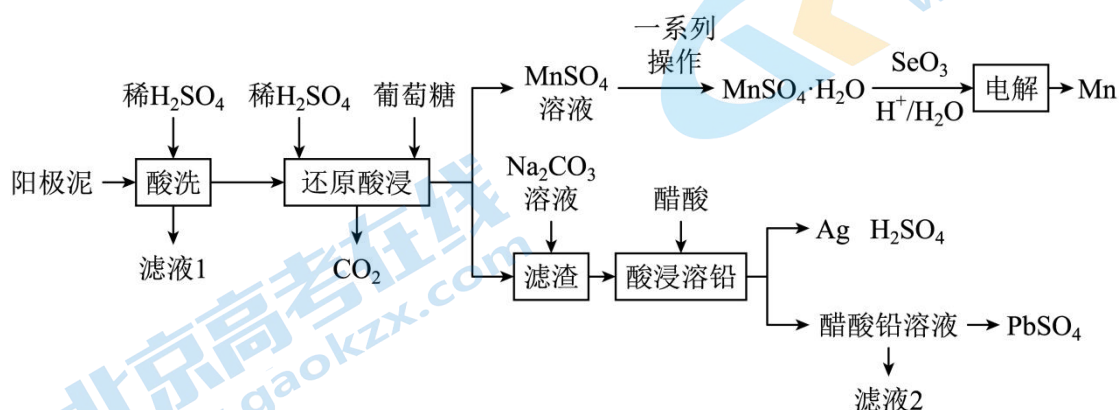
③碘能使淀粉溶液变蓝，上述滴定操作中应该选用淀粉溶液作为反应的指示剂。

④根据表格数据，第二次实验数据明显超出正常误差范围，舍去不用，第 1 和第 3 次实验平均消耗 I_2 的标

准溶液 20.00mL，可知 25.00 溶液中含 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的物质的量为 $0.02\text{L} \times 0.1\text{mol/L} \times 2 = 0.004\text{mol}$ ， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

产品的纯度为 $\frac{0.004\text{mol} \times \frac{250}{25} \times 248\text{g/mol}}{10\text{g}} \times 100\% = 99.2\%$ 。

28. (14 分) 一种回收锌电解阳极泥(主要成分为 MnO_2 、 PbSO_4 和 ZnO ，还有少量锰铅氧化物 $\text{Pb}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$ 和 Ag) 中金属元素锌、锰、铅和银的工艺如图所示。回答下列问题:



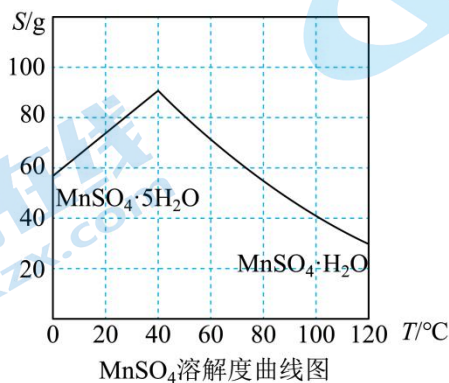
已知: $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 易溶于水，不溶于乙醇。

(1) $\text{Pb}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$ 中 Pb 的化合价为+2 价， Mn 的化合价有+2 价和+4 价，则氧化物中+2 价和+4 价 Mn 的个

数比为_____。

(2) “还原酸浸”过程中主要反应的化学方程式为_____。

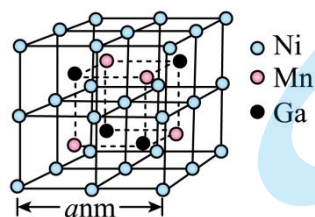
(3) 结合 MnSO_4 溶解度曲线图分析, 由 MnSO_4 溶液制得 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体的“一系列操作”是_____, _____, 用_____ (填物质的名称) 洗涤、干燥。



(4) “电解”时, 加入 SeO_2 与水反应生成二元弱酸 H_2SeO_3 , 在阴极放电生成 Se 单质, 有利于 Mn^{2+} 电还原沉积。则 H_2SeO_3 放电的电极反应式为_____。

(5) 通过计算说明可用 Na_2CO_3 溶液将“滤渣”中的 PbSO_4 转化为 PbCO_3 的原因_____。[已知: 25°C 时 $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4) = 2.5 \times 10^{-8}$, $K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3) = 7.5 \times 10^{-14}$]

(6) 锰、镍、镓的某种磁性形状记忆型合金的晶胞结构如图所示。 N_A 表示阿伏加德罗常数的值。该晶体的密度为_____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式即可)。



【答案】(除标明外, 每空 2 分)

(1) 1: 3

(2) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 + 12\text{MnO}_2 = 12\text{MnSO}_4 + 6\text{CO}_2 \uparrow + 18\text{H}_2\text{C}$

(3) 加热蒸发 (1 分) 趁热过滤 (1 分) 乙醇 (2 分)

(4) $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$

(5) 当加入碳酸钠溶液时, 发生 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{PbSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 反应, 该反应的平衡常数

$$K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)} = \frac{2.5 \times 10^{-8}}{7.5 \times 10^{-14}} > 10^5, \text{ 几乎可以完全转化}$$

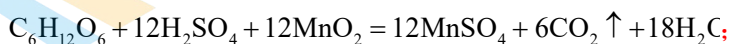
$$(6) \frac{4 \times (59 \times 2 + 55 + 70)}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3}$$

【分析】向阳极泥中加入稀硫酸将 ZnO 转成 ZnSO_4 ，随滤液除去，向滤渣中加稀硫酸和葡萄糖酸浸还原+4价 Mn 为+2价得滤渣1，过滤处理 MnSO_4 滤液，获取 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体，滤渣1中加入 Na_2CO_3 ，溶液转化 PbSO_4 ，为 PbCO_3 ，再向滤渣中加醋酸溶解 Pb 元素并分离出单质 Ag ，醋酸铅溶液经酸化后获取硫酸铅，据此可解答；

【解析】(1) 设 $\text{Pb}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$ 中含 a 个+2价 Mn ，则+4价 Mn 有 $(8-a)$ 个，据化合价代数和为0列式为

$$2 \times 2 + 2a + 4 \times (8-a) = 2 \times 16, \text{ 解得 } a=2, \text{ 则+2价和+4价 Mn 的个数比为 } 1:3;$$

(2) 还原酸浸过程中葡萄糖将+4价 Mn 还原为+2价 Mn ，发生反应的方程式



(3) 醋酸铅溶液经酸化后得到滤液主要成分是醋酸，因此醋酸可循环使用；当进行蒸发结晶出的晶体与滤液分离操作时需进行趁热过滤，防止杂质从中因温度降低而析出混入；洗涤的操作采用过滤装置，晶体样品易溶于水，难溶于乙醇，可向漏斗中加入乙醇至浸没 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 晶体，待乙醇自然流尽后重复2-3次；

(4) H_2SeO_3 中 Se 的化合价为+4价，生成0价的 Se 单质，则 $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

(5) 当加入碳酸钠溶液时，发生 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{PbSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 反应，该反应的平衡常数

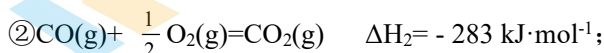
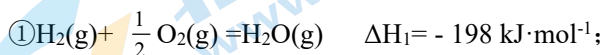
$$K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)} = \frac{2.5 \times 10^{-8}}{7.5 \times 10^{-14}} > 10^5, \text{ 几乎可以完全转化};$$

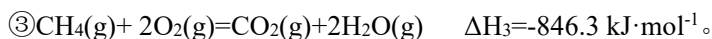
(6) 根据图示， Ni 原子处于的位置为顶点8个，面心6个，棱心12个，体心1个，则 Ni 的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 12 \times \frac{1}{4} + 6 \times \frac{1}{2} + 1 = 8$ ， Mn 原子处于的位置为体内，则有4个原子， Ga 原子位于体内，4个，则

$$m = (55 \times 4 + 59 \times 8 + 70 \times 4) \text{ g}, \text{ 体积为 } V = (a \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3, \rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times (59 \times 2 + 55 + 70)}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3} \text{ g/cm}^3.$$

29. (15分) 甲烷和乙炔($\text{CH}\equiv\text{CH}$)在有机合成中有着广泛的用途。回答下列问题：

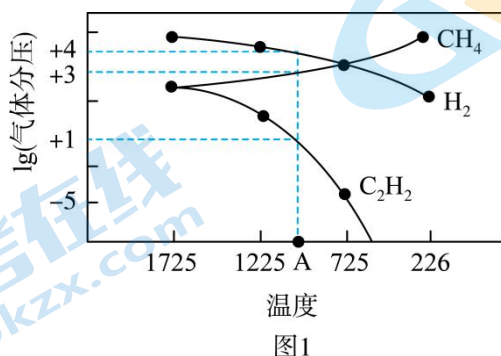
(1) 已知：





写出甲烷与水蒸气在高温下制备合成气(CO 、 H_2)的热化学方程式：_____。

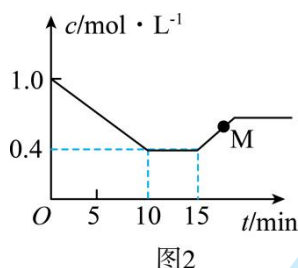
(2) 用甲烷在高温下气相裂解制取乙炔和氢气，其反应原理为 $2\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ 。几种气体平衡时分压(Pa)的对数与温度(K)的关系如图 1 所示。



① 图 1 中 A 点温度时的平衡常数 $K_p =$ _____ (用气体平衡时分压代替浓度计算)。

② $T^\circ\text{C}$ 时，向体积为 2 L 的恒容密闭容器中充入 0.4 mol CH_4 进行上述反应。当反应达到平衡时，测得 $c(\text{CH}_4) = c(\text{H}_2)$ ，则 CH_4 的转化率为_____。若改变温度至 $T_2^\circ\text{C}$ ，10 s 后反应再次达到平衡，测得 $c(\text{CH}_4) = 2c(\text{H}_2)$ ，则该变化过程中 T_1 _____ (填“>”或“<”) T_2 。

(3) 一定温度下，向体积为 2 L 的恒容密闭容器中充入 2 mol C_2H_2 (乙炔)和 2 mol HCl 发生反应： $\text{HC}\equiv\text{CH}(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_2=\text{CHCl}(\text{g}) \quad \Delta H$ 。测得反应物(C_2H_2 或 HCl)浓度随时间的变化关系如图 2 所示。



① M 点时， $v_{\text{正}}$ _____ (填“>”“<”或“=”) $v_{\text{逆}}$ 。

② 15 min 时仅改变了一个外界条件，改变的条件可能是_____。

③ 0~10 min 内氯乙烯的平均反应速率 $v(\text{CH}_2=\text{CHCl}) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。向密闭容器中充入一定量乙炔和氯化氢，发生上述反应，测得乙炔的平衡转化率与温度、S 的关系如图 3 所示。其中 $S_3 > S_2 > S_1$ ，则 S 代表的物理量是_____。

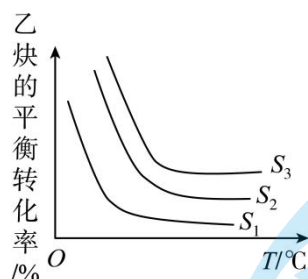
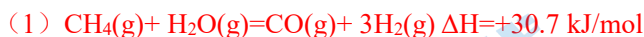
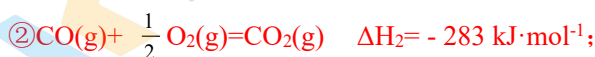


图3

【答案】(除标明外，每空 2 分)



【解析】(1) 已知:



由盖斯定律可知， $-3 \times \text{①} - \text{②} + \text{③}$ 得：甲烷与水蒸气在高温下制备合成气(CO 、 H_2)的热化学方程式： $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 3\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = +30.7 \text{ kJ/mol}$;

(2) ①由图可知，图 1 中 A 点温度时，氢气、乙炔、甲烷的分压分别为 10^4 Pa 、 10^{-1} Pa 、 10^3 Pa ，则平衡常数 $K_p = \frac{10^{-1} \times 10^{4 \times 3}}{10^{3 \times 2}} = 10^5$ 。

② $T^\circ\text{C}$ 时，向体积为 2 L 的恒容密闭容器中充入 0.4 mol CH_4 进行上述反应：

	$2\text{CH}_4(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	$+ 3\text{H}_2(\text{g})$
起始(mol)	0.4		0	0
转化(mol)	2a		a	3a
平衡(mol)	0.4-2a		a	3a

当反应达到平衡时，测得 $c(\text{CH}_4) = c(\text{H}_2)$ ，则 $0.4 - 2a = 3a$ ， $a = 0.08 \text{ mol}$ ，则 CH_4 的转化率为 $\frac{2 \times 0.08}{0.4} \times 100\% = 40\%$ 。

若改变温度至 $T_2^\circ\text{C}$ ，10 s 后反应再次达到平衡，测得 $c(\text{CH}_4) = 2c(\text{H}_2)$ ，则该变化过程中平衡逆向移动，甲烷含量增大，由于反应 $\Delta H > 0$ ，正反应为吸热反应，则说明为降温的过程，则 $T_1 > T_2$ 。

(3) ①由图可知，M 点后，反应物(C_2H_2 或 HCl)浓度仍增大，说明 M 点时反应逆向进行，此时 $v_{\text{正}} < v_{\text{逆}}$ 。

② 15 min 时仅改变了一个外界条件，导致反应逆向进行，则改变的条件可能是增大氯乙烯的浓度或改变温度。

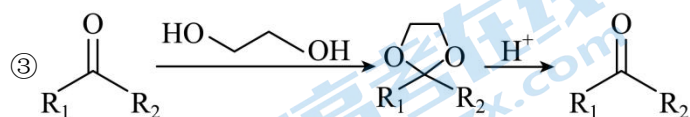
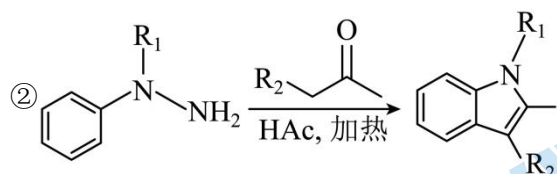
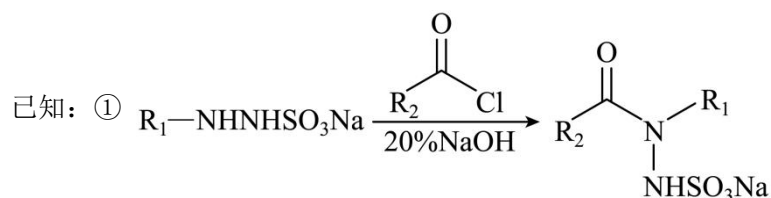
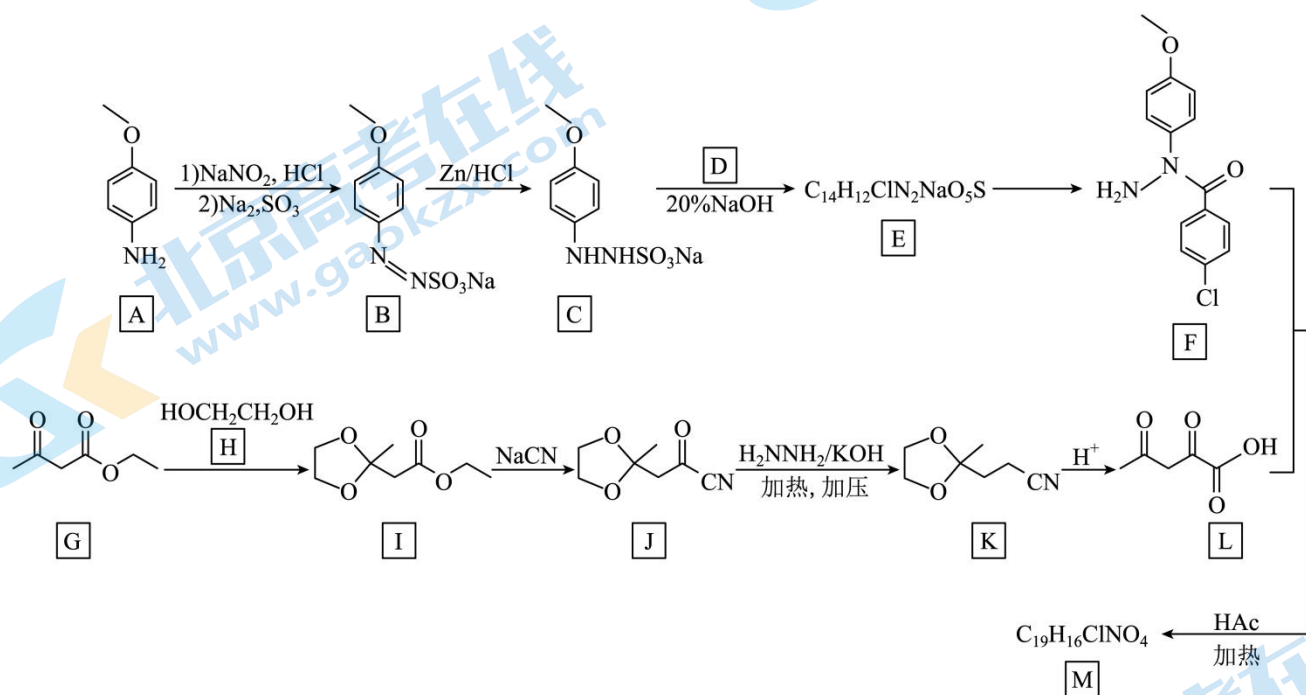
③ 由化学方程式体现关系可知，0~10 min 内氯乙烯的平均反应速率 $v(\text{CH}_2=\text{CHCl}) = v(\text{HC}\equiv\text{CH}) = v(\text{HCl}) =$

$\frac{1.0-0.4}{10} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 0.06 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；向密闭容器中充入一定量乙炔和氯化氢，发生上述反应，相同温

度下，增加 HCl 投料会促进乙炔的转化，提高乙炔的转化率，故则 S 代表的物理量是起始投料比 $\frac{c(\text{HCl})}{c(\text{C}_2\text{H}_2)}$ 或

其他合理答案。

30. (15 分) 吡啶美辛 M 是一种可减少发热、疼痛的非留体类抗炎药，其合成路线(部分试剂及反应条件略)如下图所示。



按要求回答下列问题：

- (1) A 中官能团名称为_____。
- (2) C+D→E 的化学方程式为_____。
- (3) 反应 G+H→I 的目的是_____。

(4) H 能与 O_2 在 Cu 的催化作用下生成 R(分子式为 $C_2H_2O_2$)，则 R 与银氨溶液反应的化学方程式为_____。

(5) J→K 的反应类型为_____。

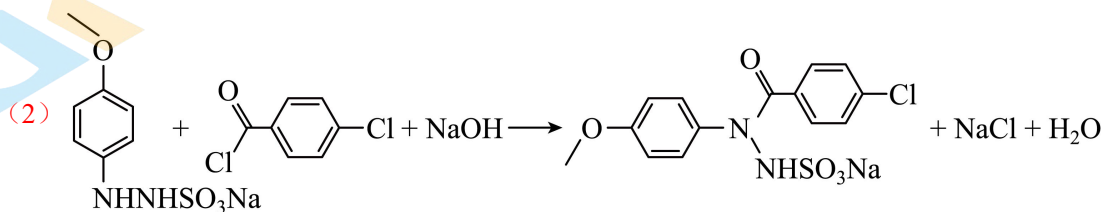
(6) M(吡啶美辛)的结构简式为_____，其中的吡啶片段(含氮杂环)为平面结构，其中氮原子的孤对电子位于_____ (填序号)。

A. sp^3 杂化轨道 B. sp^2 杂化轨道 C. 2s 轨道 D. 2p 轨道

(7) G 经碱性水解、酸化后的产物的同分异构体中满足能与 $NaHCO_3$ 溶液反应的环状化合物有_____ 个(不考虑立体异构)。其中核磁共振氢谱有三组峰(峰面积之比为 1:1:4 的化合物结构简式为_____ (任写一种)。

【答案】(除标明外，每空 2 分)

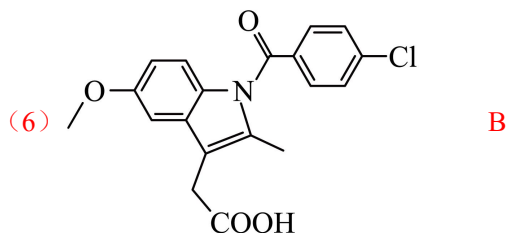
(1) 醚键和氨基 (1 分)



(3) 保护羰基不被还原 (1 分)

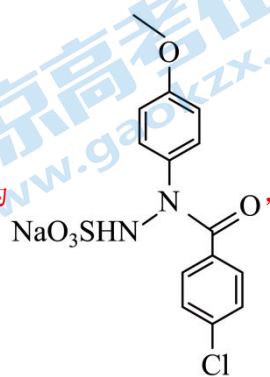


(5) 还原反应 (1 分)



【分析】根据流程，对比 A 和 B 的结构简式，A 到 B 属于消去反应；对比 B 和 C 的结构简式，B 到 C 属

于还原反应；根据 F 的结构简式，结合已知①和 E 的分子式，可推知 E 的结构简式为



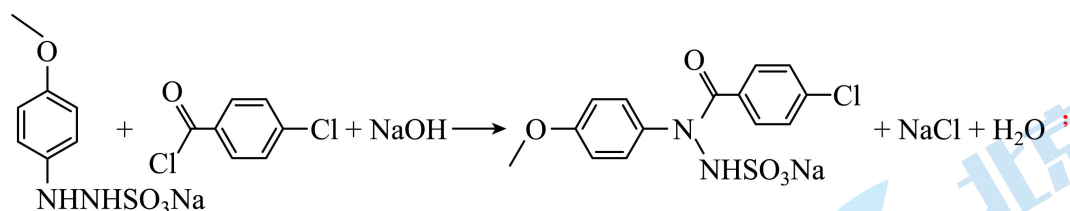
由此可知 D 的结构简式为 ；由已知②可知，F 和 L 在 HAc，加热条件下反应生成 M，则 M

的结构简式为



【解析】(1) A 的结构简式为 ，含有的官能团为醚键和氨基；

(2) 根据已知①，C 和 D 反应生成 E 的化学方程式为



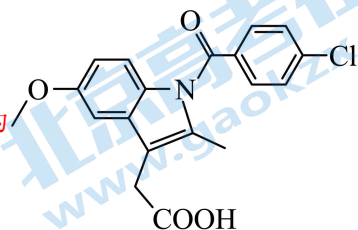
(3) 根据流程可知，经过系列反应，G 中的碳基在 L 中重新出现，可见设计 G+H→I 的目的是保护羰基不被还原；

(4) H 能与 O₂ 在 Cu 的催化作用下生成 R(分子式为 C₂H₂O₂)，且 R 能与银氨溶液反应，所以 R 为醛，其结构简式为 OHC-CHO，则 R 与银氨溶液反应的化学方程式为



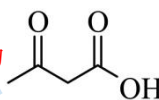
(5) 由流程， $\xrightarrow[\text{加热, 加压}]{\text{H}_2\text{NNH}_2/\text{KOH}}$ ，其中碳基变为 -CH₂-，属于还原反应；

(6)由已知②可知,F和L在Hac,加热条件下反应生成M,则M的结构简式为

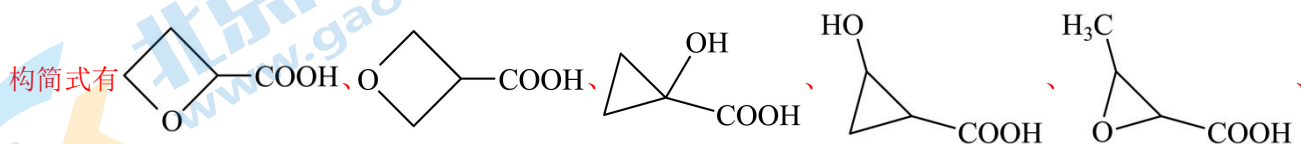


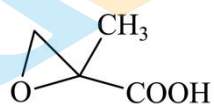
;

其中的咪唑片段(含氮杂环)为平面结构,其中氮原子的孤对电子与其余C原子上的电子形成一个 Π 键,使N原子上的孤对电子参与杂化形成 sp^2 杂化轨道,位于 sp^2 杂化轨道;

(7)G经碱性水解、酸化后的产物的结构简式为,分子式为 $C_4H_6O_3$,其同分异构体中满足能

与 $NaHCO_3$ 溶液反应,则其结构中含有羧基 $-COOH$,且为环状,则该环为三元环或四元环,满足条件的结



,共计6种,其中核磁共振氢谱有三组峰(峰面积之比为1:1:4的化合物结构简式为

