

本试卷共8页, 21题。全卷满分100分, 考试用时75分钟。

注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、考生号、考场号和座位号填写在答题卡上。将条形码横贴在答题卡右上角“条形码粘贴处”。
2. 作答选择题时, 选出每小题答案后, 用 2B 铅笔在答题卡上对应题目选项的答案信息点涂黑; 如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案。答案不能答在试卷上。
3. 非选择题必须用黑色字迹的钢笔或签字笔作答, 答案必须写在答题卡各题目指定区域内相应位置上; 如需改动, 先划掉原来的答案, 然后再写上新答案; 不准使用铅笔和涂改液。不按以上要求作答无效。
4. 作答选考题时, 先用 2B 铅笔填涂选做题题号对应的信息点, 再作答。漏涂、错涂、多涂的, 答案均无效。
5. 考生必须保持答题卡的整洁。考试结束后, 将试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H 1 N 14 O 16 C 12 S 32 K 39 Fe 56 Ga 70 Ag 108

一、选择题: 本题共 16 小题, 共 44 分。第 1~10 小题, 每小题 2 分; 第 11~16 小题, 每小题 4 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. 中国青铜器制作精美, 享有极高的声誉和艺术价值, 更因其承载的厚重历史, 被我们当作“国之重器”。下列国宝级文物不属于青铜器的是

选项	A	B	C	D
文物				
名称	四羊方尊	马踏飞燕	曾侯乙编钟	大禹治水玉山

2. 北京时间 2021 年 6 月 17 日 9 时 22 分, 中国神舟十二号载人飞船成功发射, 举世瞩目。下列所涉及的主要材料不是有机高分子材料的是

			
A. 作为火箭燃料的偏二甲肼 ($C_2H_8N_2$)	B. 构成舱内用鞋的热塑材料、混纺针织材料	C. 构成宇航员头盔的聚碳酸酯 (PC)	D. 制备可抵御 $120^{\circ}C$ 温差的飞船涂层的有机硅树脂

3. 全球首个千吨级“液态太阳”项目近期在甘肃兰州落地，主要是利用太阳能电解水生产氢气，并将二氧化碳加氢转化为甲醇等，其中一个反应为： $3\text{H}_2 + \text{CO}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ 。

下列表示反应中相关微粒的化学用语正确的是

- A. 中子数为 10 的氧原子： ^{18}O
 B. 甲醇的结构式： CH_4O
 C. CO_2 的电子式： $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$
 D. H_2O 的球棍模型：

4. 化学创造美好生活。下列生产活动中，没有运用相应化学原理的是

选项	生产活动	化学原理
A	食品中添加适量二氧化硫	SO_2 可以起到漂白、防腐、抗氧化等作用
B	将液态植物油变成固态的氢化植物油	油脂能发生水解反应
C	利用氯化铁溶液腐蚀铜制印刷电路板	$2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$
D	利用冰箱冷藏食物	温度低时，化学反应速率慢

5. 儿茶素是从茶叶等天然植物中提取出来的一种活性物质，具有抗炎症、抗菌、抗病毒及抗氧化等效用，关于该化合物，下列说法错误的是

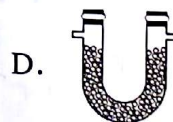
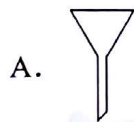
- A. 分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$
 B. 可发生取代反应
 C. 常温下是固体
 D. 属于酯类物质



6. 我们的生活中“处处有化学，无处无化学”。合理正确应用化学物质会使生活更加丰富多彩。下列物质应用错误的是

- A. 电阻率低、热导率高的石墨烯用于制作超级电容器
 B. 硬度大的生铁常用来铸造下水井盖
 C. 聚氯乙烯 (PVC) 用于制食品包装袋
 D. 耐高温、耐腐蚀的钛合金常用于制发动机的火花塞

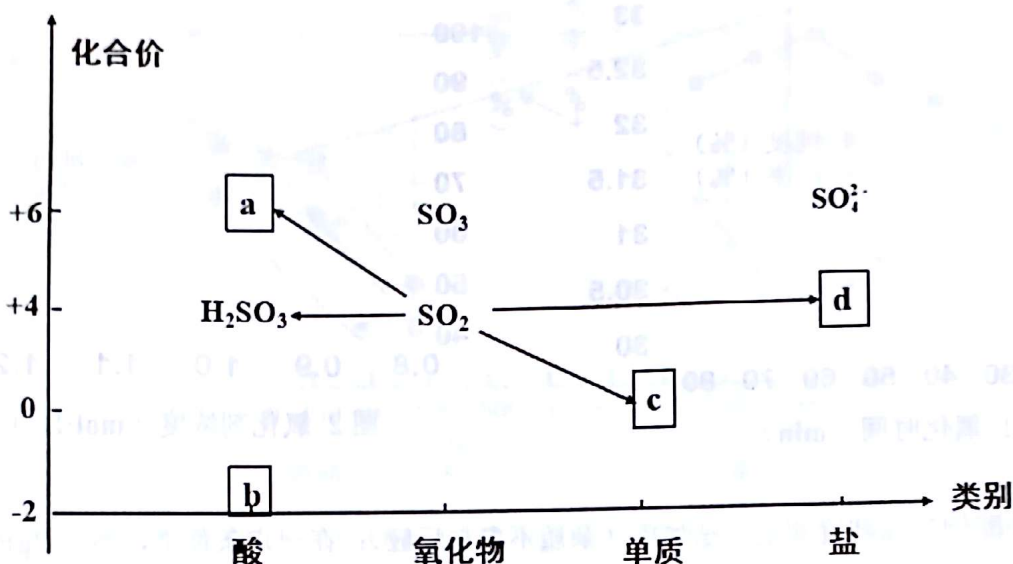
7. 《本草纲目》中记载：“彼人采蒿蓼之属，开窖浸水，漉起，晒干烧灰。以原水淋汁，每百斤入粉面二三斤。久则凝淀如石。”在实验室完成有关操作，没有用到的仪器是



8. 甲胺 (CH_3NH_2) 是一种弱碱，可与盐酸反应生成盐酸盐 (用 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 表示)。已知 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 水溶液呈酸性，下列叙述正确的是

- A. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 水溶液加水稀释，pH 升高
 B. $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 水溶液的 $\text{pH}=2$
 C. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 在水中的电离方程式为： $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl} = \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl}$
 D. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ 水溶液中： $c(\text{Cl}^-) = c(\text{CH}_3\text{NH}_3^+)$

9. 新型镁海水燃料电池是直接利用海水，将镁的化学能转化为电能的电化学装置，具有能量密度高、安全性好、可全海深工作的特点。该电池放电时，下列说法错误的是
- A. Mg 为负极，失去电子
- B. 阳离子由负极移向正极
- C. 正极反应为 $O_2 - 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$
- D. 该电池的一个重要优点是不需要携电解质，可以利用天然海水作为电解液
10. 部分含硫物质的分类与相应化合价关系如图所示。下列推断不合理的是



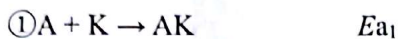
- A. a 的浓溶液与 b 可生成 SO_2
- B. SO_2 通入紫色石蕊试液中，溶液先变红后褪色
- C. SO_2 可用 a 的浓溶液来干燥
- D. d 既可被氧化，也可被还原
11. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是
- A. 28 g 乙烯所含共用电子对数目为 $2N_A$
- B. $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AlCl}_3$ 的溶液中 Cl^- 的数目为 $1.5N_A$
- C. 2.0 g 重水(D_2O) 和 ND_3 的混合物中含有电子数为 N_A
- D. 常温下，0.2 mol Cl_2 溶于等体积水中，转移电子数为 $0.2N_A$
12. 化学是以实验为基础的科学。下列实验操作或做法正确且能达到目的是

选项	操作或做法	目的
A	钠与乙醇反应时，增大乙醇的用量	加快反应速率
B	将溴乙烷与氢氧化钠溶液共热一段时间，再向冷却后的混合液中滴加硝酸银溶液	检验水解产物中的溴离子
C	通入饱和 Na_2CO_3 溶液，洗气	除去 CO_2 气体中的少量 HCl
D	用 CCl_4 萃取碘，振荡分液漏斗后要打开活塞放气	实验安全

13. X、Y、Z、W 是四种原子序数依次增大的短周期元素，X、Y 的原子半径依次减小，X、Y、Z 组成的一种化合物(ZXY)₂的结构式为 Y≡X-Z-Z-X≡Y。XZ₂是一种常见的有机溶剂，可用来清洗残留在试管壁上的硫。下列说法错误的是
- A. 氧化物对应的水化物的酸性：W > Z
- B. ZW₂中，Z 的化合价为+2 价
- C. Y 的简单氢化物的沸点比同主族相邻元素的氢化物沸点高
- D. X 与 W 元素组成的 XW₄分子，空间构型为正四面体

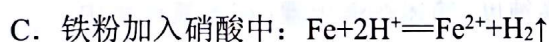
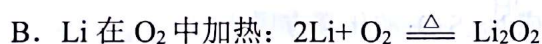
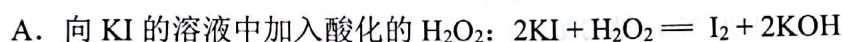
14. 科学家结合实验与计算机模拟结果，研究出了均相催化的思维模型。

总反应：A + B → AB (K 为催化剂)

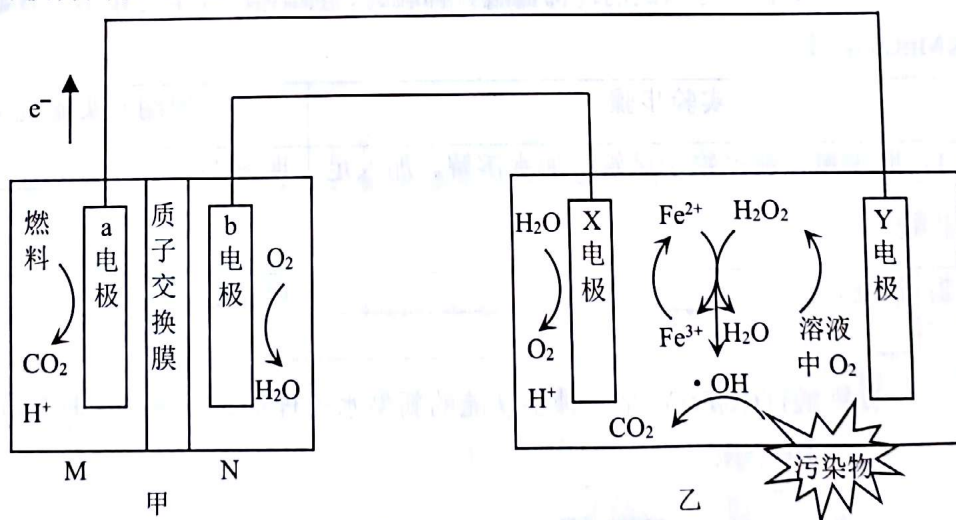


下列说法错误的是

- A. 第①步为决速步骤
- B. 升高温度，该反应的速率加快
- C. 该反应的 $\Delta H = -E_a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 催化剂降低了活化能，加快了反应速率
15. 下列物质性质实验对应的反应方程式书写正确的是



16. MFC-电芬顿技术不需要外加能量即可发生，通过产生羟基自由基(·OH)处理有机污染物，可获得高效的废水净化效果，其耦合系统原理示意图如下。下列说法错误的是



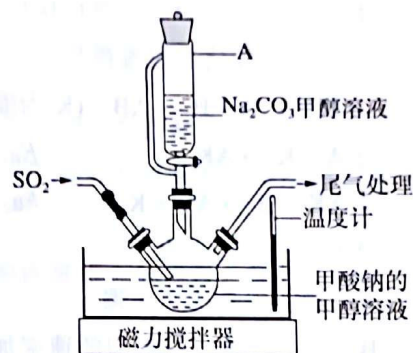
- A. 甲池中 H⁺移动的方向从 M 室到 N 室
- B. 电子移动方向为 a → Y，X → b
- C. 乙池可在酸性较弱的环境中使用
- D. Y 电极上得到双氧水的反应为 O₂ + 2e⁻ + 2H⁺ = H₂O₂

二、非选择题：共 56 分。第 17~19 题为必考题，考生都必须作答。第 20~21 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题：共 42 分。

17. (14 分) 连二亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)，也称为保险粉，常在染料、药品的生产里作还原剂或漂白剂。已知 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 易溶于水，难溶于甲醇，易被空气氧化，遇水迅速分解，在碱性条件下较稳定，可与盐酸发生反应： $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + 4\text{HCl} = 4\text{NaCl} + \text{S}\downarrow + 3\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。实验室常用甲酸钠 (HCOONa) 法制备 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ，操作步骤与装置图 (夹持仪器略去) 如下：

- I. 安装好整套装置，检查装置气密性，然后再加入相应的试剂。
- II. 向装置中先通入一段时间 N_2 ，再向装置中通入 SO_2 。
- III. 控制温度 $60\sim 70^\circ\text{C}$ ，向甲酸钠的甲醇溶液中，边搅拌边滴加 Na_2CO_3 甲醇溶液，即可生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 。
- IV. 冷却至 $40\sim 50^\circ\text{C}$ ，过滤，洗涤干燥。

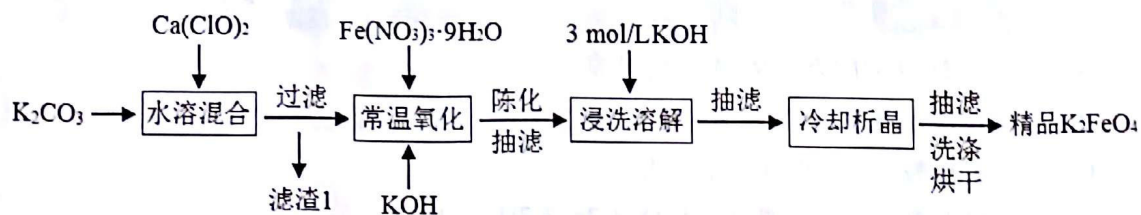


回答下列问题：

- (1) 仪器 A 的名称是_____。
- (2) 步骤 II 中要先通入一段时间 N_2 ，目的是_____。
- (3) 步骤 III 中的 HCOONa 被氧化为 CO_2 ，生成 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 的化学方程式为_____。
- (4) 步骤 IV 用甲醇对 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 进行洗涤可提高纯度，简述洗涤步骤：在无氧环境中_____。
- (5) 在包装保存“保险粉”时可加入少量的 Na_2CO_3 固体，目的是_____，保存时还应注意_____。
- (6) 隔绝空气加热 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 固体，可得到产物 Na_2SO_3 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。某实验小组由于没有做到完全隔绝空气，得到的产物中还含有 Na_2SO_4 。完成下表中的内容，证明该分解产物中含有 Na_2SO_4 。(可选试剂：稀盐酸、稀硫酸、稀硝酸、 BaCl_2 溶液、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液、 KMnO_4 溶液)

实验步骤	预期的实验现象
步骤 1：取少量分解产物于试管，加水溶解，加入足量稀盐酸	现象 1：_____
步骤 2：过滤，_____	现象 2：_____

18. (14 分) 高铁酸钾 (K_2FeO_4) 是一种多功能的新型水处理剂。一种湿法制备高铁酸钾的新工艺流程如下图所示：



已知高铁酸盐热稳定性差，在碱性环境中比酸性环境中相对稳定。回答以下问题：

- (1) 高铁酸钾(K_2FeO_4)中铁元素的化合价为_____。
- (2) 滤渣1的主要成分为(写化学式)_____。
- (3) 写出氧化过程的离子方程式_____。
- (4) 氧化时控温 $20\sim 25^\circ\text{C}$, 温度不能高于 25°C 原因是_____。
- (5) 实验测得氧化时间、氧化剂浓度与 K_2FeO_4 产率、纯度的实验数据分别如下图1、图2所示。为了获取更纯的高铁酸钾, 反应时间应控制在_____min, 氧化剂浓度应控制在_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

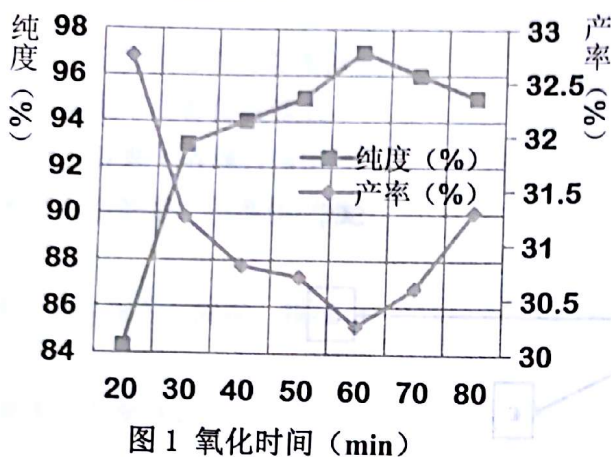


图1 氧化时间 (min)

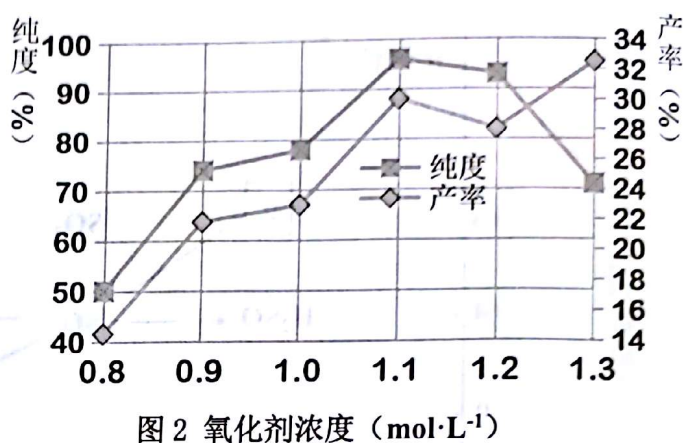


图2 氧化剂浓度 ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)

- (6) 高铁酸钾产品纯度测定方法如下(杂质不参与反应): 在一定条件下, 将 1.32g 样品与过量 KI 溶液反应后配成 100mL 溶液, 每次取 10.00mL 用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定, 三次滴定消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液体积平均为 19.20mL , 则原样品中高铁酸钾的质量分数为_____。

(已知: $2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{I}^- + 16\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{I}_2\downarrow + 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$)

- (7) 某工业废水含 Mn^{2+} (浓度为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), 可用高铁酸钾氧化混凝去除。为避免形成 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 降低去除率, 控制体系 $\text{pH} < \underline{\hspace{2cm}}$ (常温下 $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 1 \times 10^{-13}$)。

19. (14分) 我国力争于2030年前做到碳达峰, 2060年前实现碳中和。二氧化碳加氢制备甲醇既可以实现二氧化碳的转化利用, 又可以有效缓解温室效应问题。

已知: 反应 I: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = a\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 II: $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H_2 = b\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 III: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ΔH_3

- (1) 原料 CO_2 可通过捕获技术从空气或工业尾气中获取, 下列物质能作为 CO_2 捕获剂的是 _____(填标号)。

A. NaOH 溶液 B. 浓氨水 C. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ D. NH_4Cl 溶液

- (2) 根据盖斯定律, 反应 III 的 $\Delta H_3 = \underline{\hspace{2cm}}\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

- (3) 对于上述 CO_2 加氢合成 CH_3OH 的体系, 下列说法错误的是 _____(填标号)。

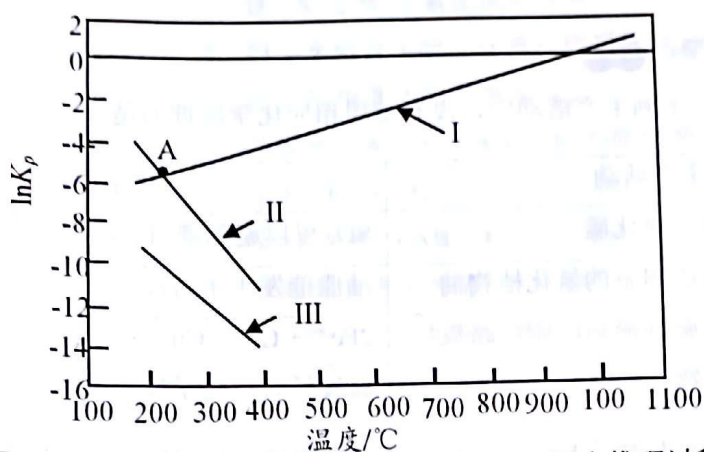
A. 增大 H_2 浓度有利于提高 CO_2 的转化率

B. 若气体的平均相对分子质量保持不变, 说明反应体系已达平衡

C. 体系达平衡后, 若压缩体积, 则反应 I 平衡不移动, 反应 III 平衡逆向移动

D. 选用合适的催化剂可以提高 CH_3OH 在单位时间内的产量

(4) 上述反应平衡常数的自然对数 $\ln K_p$ (K_p 是以分压表示的平衡常数, 分压 = 总压 $\times$ 物质的量分数) 随温度的变化如下图所示:



①反应 I、II、III 中属于吸热反应的是_____, 写出推理过程_____。

②若图中 A 点时发生反应 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 则 $\ln K_p =$ _____ (填数值)。

③若 $T_0^\circ\text{C}$ 时, 在密闭容器中加入 6 mol H_2 、4 mol CO_2 只进行反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 维持压强为 p_0 kPa 不变, 达到平衡时 H_2 的转化率是 50%, 则该温度下反应的平衡常数 $K_p =$ _____。

(二) 选考题: 共 14 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做, 则按所做的第一题计分。

20. [选修 3: 物质结构与性质] (14 分)

硫镓银 (AgGaS_2) 晶体是一种性能优异的红外非线性光学材料, 可通过醋酸银、 GaCl_3 、硫脲为原料进行制备。回答下列问题:

(1) 基态 Ga 原子价电子排布式为_____, 该原子电子占据最高能级的电子云轮廓图为_____形。

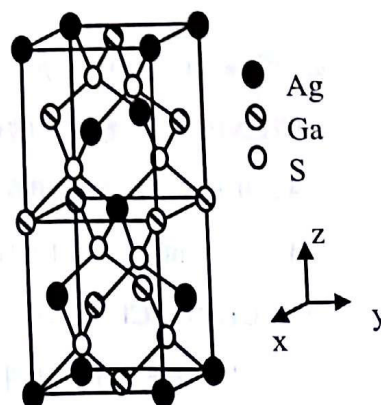
(2) AgGaS_2 中电负性最高的元素是_____ (填元素符号)。

(3) 硫脲 ($\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{S})-\text{NH}_2$) 是_____分子 (填“极性”或“非极性”),

其中 N 原子的杂化轨道类型为_____, 1 个硫脲分子中含有_____个 σ 键。

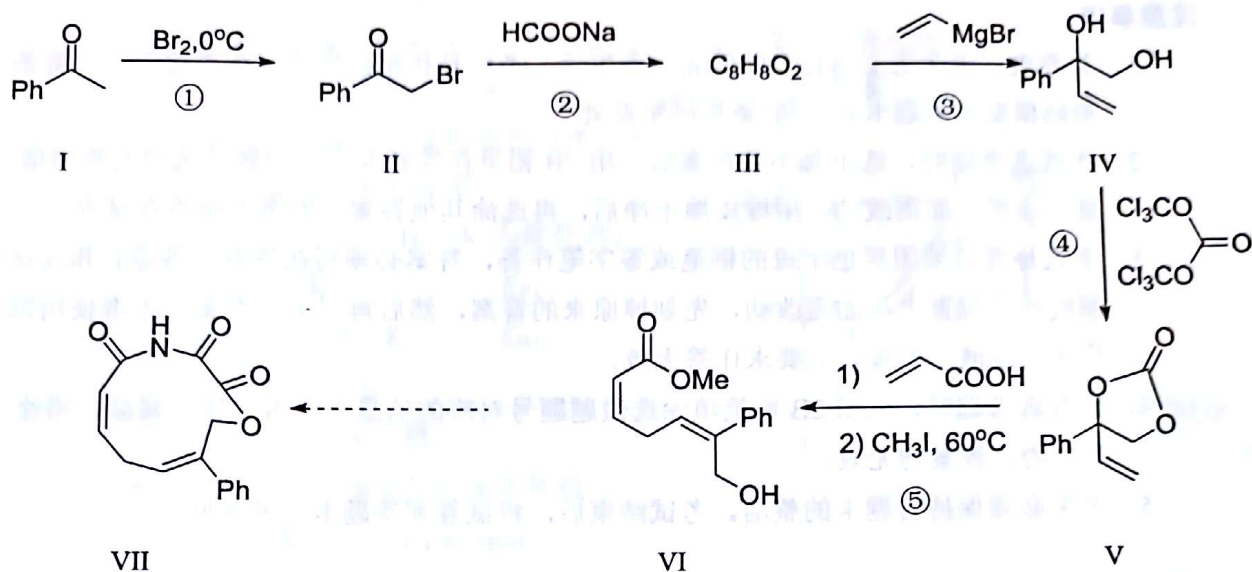
(4) Ga 的熔点是 30°C , Al 的熔点是 660°C , Al 的熔点比 Ga 高的原因是_____。

(5) AgGaS_2 晶体的晶胞如图所示, 与 Ga 距离最近的 S 数目为_____个, 若晶体的密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 设阿伏加德罗常数的值为 N_A , 该晶胞体积的计算表达式为_____ nm^3 。

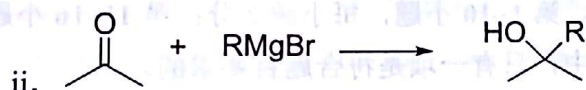


21. [选修 5: 有机化学基础] (14 分)

环状结构广泛存在于天然产物中且长期以来被用于疾病临床研究, 某研究小组以芳香族化合物 I 为原料合成环状化合物 VII 的路线如下 (部分反应条件省略, Ph 表示—C₆H₅; Me 表示—CH₃):



已知: i. $\text{RCOOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{RCONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$



- (1) 化合物 的名称为_____。
- (2) 化合物 II 中含氧官能团的名称为_____。
- (3) 化合物 III 能与金属 Na 反应生成氢气, 其结构简式为_____。
- (4) 反应①的反应类型为_____。
- (5) 化合物 V 的分子式为_____。
- (6) 化合物 IV 的芳香族同分异构体中, 同时满足如下条件的有_____种, 写出其中任意一种的结构简式: _____。

条件: a) 能与 NaHCO_3 反应; b) 核磁共振氢谱图中, 峰面积比为 1:2:3:6。

- (7) 结合题目信息, 写出经过三步反应由化合物 VI 制备化合物 VII 的合成路线_____ (不需注明反应条件)。