**学科网学科网大题02 化学反应原理综合题**

|  |
| --- |
| 内容概览  类型一 与化学反应的热效应、反应机理与活化能有关  类型二 与温度、压强、转化率的平衡图像分析有关  类型三 与电化学有关  类型四 与化学反应条件调控有关  类型五 与化学平衡计算有关 |

类型一 与化学反应的热效应、反应机理与活化能有关

1．（24-25高三下·北京·阶段练习）氯气是一种重要的化工原料，可采用不同的方法制备。

(1)方法一：软锰矿(主要成分为MnO2)和浓盐酸在加热条件下可制得氯气，反应的化学方程式为 。

(2)方法二：氯化氢可催化氧化制氯气。一定条件下，使用CuCl2作催化剂，催化过程如下：

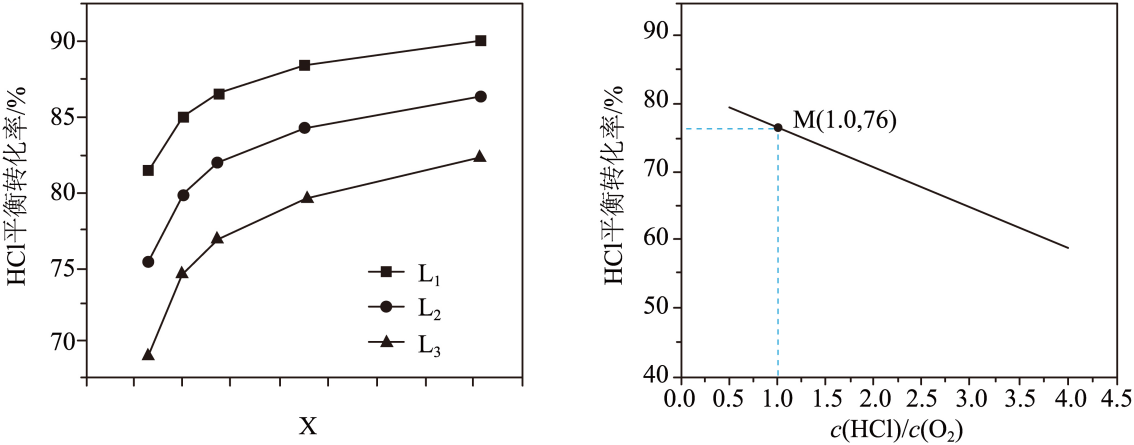
2CuCl2(s)=2CuCl(s)+Cl2(g)  Δ*H1*=+166kJ·mol−1

2CuCl(s)+O2(g)=2CuO(s)+Cl2(g)   Δ*H2*=−40kJ·mol−1

CuO(s)+2HCl(g)=CuCl2(s)+H2O(g)   Δ*H3*=−121kJ·mol−1

①氯化氢催化氧化制氯气的热化学方程式为 。

②一定容积的密闭容器中，在L一定时，HCl平衡转化率分别随X和进料比[]的变化关系如图所示，其中L(L1、L2、L3)、X分别代表压强或温度。

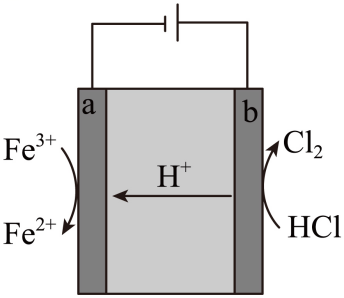


i.X代表的物理量是 ，L1、L2、L3的关系从大到小为 。

ii.在一定温度和压强下，选择进料比为1.0~2.0，其原因是 。

iii.若HCl的初始浓度为*c0*mol·L-1，计算M点的平衡常数*K*= (写出原始计算式，无需计算最终结果)。

(3)方法三：电解氯化氢制氯气，示意图如下。



向电解后的阴极电解液中通入空气，可实现阴极电解液的再生，结合离子方程式解释再生的原理 。

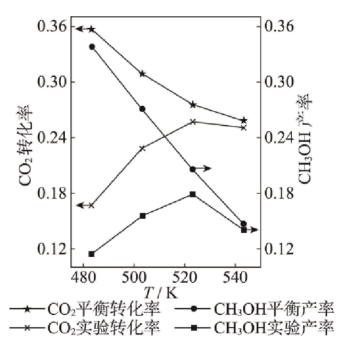
2．（24-25高三上·北京·阶段练习）我国科学家研发的“液态阳光”计划通过太阳能发电电解水制氢，再采用高选择性催化剂将二氧化碳加氢制备甲醇。

(1)制备甲醇的主反应：  。该过程中还存在一个生成的副反应，结合反应：

写出该副反应的热化学方程式： 。

(2)将和按物质的量比混合，以固定流速通过盛放催化剂的反应器，在相同时间内，不同温度下的实验数据如图所示。



已知：产率

①催化剂活性最好的温度为 (填字母序号)。

a．        b．        c．        d．

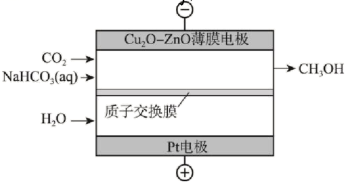
②温度由升到，的平衡转化率和的实验产率均降低，解释原因： 。

(3)使用薄膜电极作阴极，通过电催化法将二氧化碳转化为甲醇。

①将铜箔放入煮沸的饱和硫酸铜溶液中，制得薄膜电极。反应的离子方程式为 。

②用薄膜电极作阴极，溶液作电解液，采用电沉积法制备薄膜电极，制备完成后电解液中检测到了。制备薄膜的电极反应式为 。

③电催化法制备甲醇如图所示。若忽略电解液体积变化，电解过程中阴极室溶液的基本不变，结合电极反应解释原因： 。

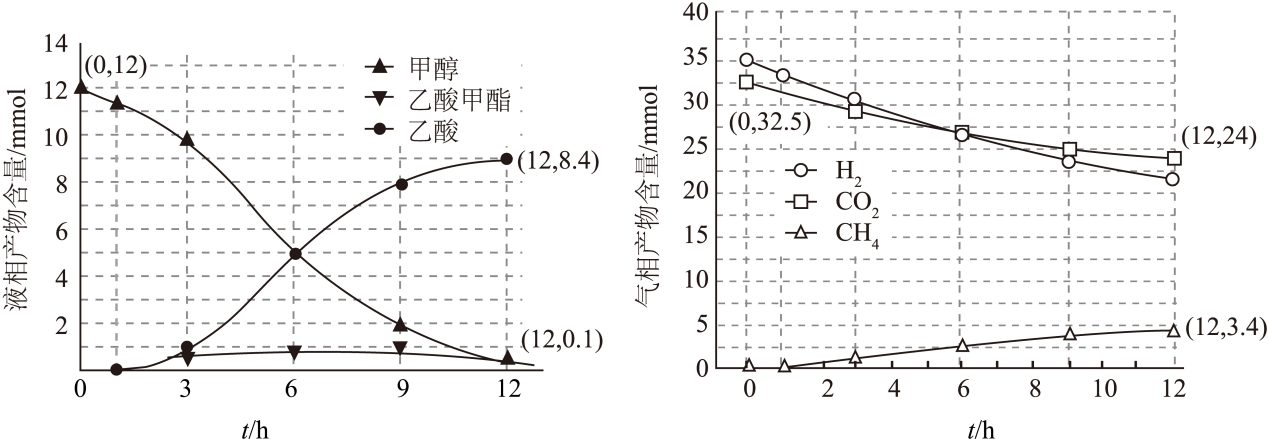


3．（24-25高三上·北京·阶段练习）研究以为原料生产重要的化工原料。

(1)二氧化碳的电子式是 。

(2)与反应产物中能检测到。写出反应的热化学方程式 。已知常温下相关物质的燃烧热：、但这个反应的限度很小，无法投入实际生产。

(3)通过的加氢羰基化反应制备。反应如下：。在反应容器中，按照一定比例投入反应物、、，在一定条件下，容器中液体物质和气体物质的含量随时间变化如下图所示(其它极少量产物忽略)。



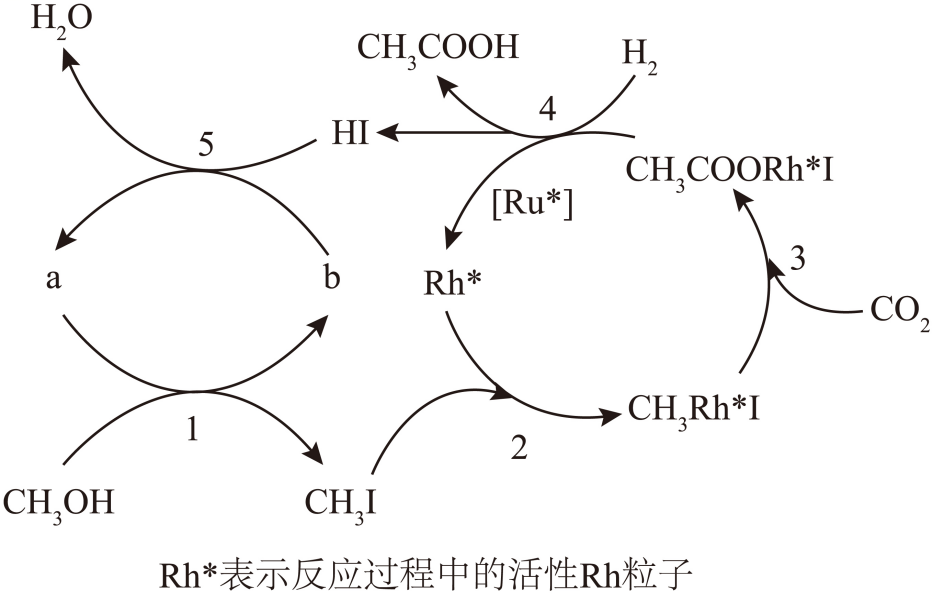
①结合化学用语解释的含量随时间变化的原因 。

②通过图像可判断是由转化生成，而不是由转化生成。

i．写出生成甲烷的方程式 。

ii．说明判断的理由： 。

③以下是在催化剂条件下，以、和为原料合成，同时生成的可能反应机理示意图。



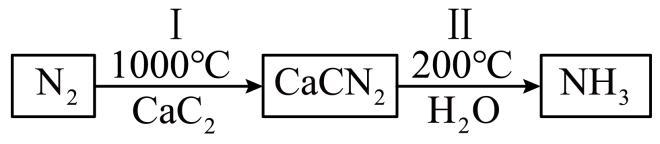
i．a、b的化学式是a ；b 。

ii．在上图中补充生成甲烷的可能过程 。

4．（24-25高三上·北京石景山·期末）在国民经济中占有重要地位。可采取不同的方法制备。

(1)氨的发现：科学家在加热氯化铵和石灰(主要成分是)混合物时发现氨，写出反应的化学方程式 。

(2)氰化法制氨：以为氮源两步合成氨。



①第I步产物还有单质，则反应中 (填序号)。

a．是氧化剂        b．是还原剂        c．既是氧化剂又是还原剂

②第II步产物还有，反应的化学方程式为 。

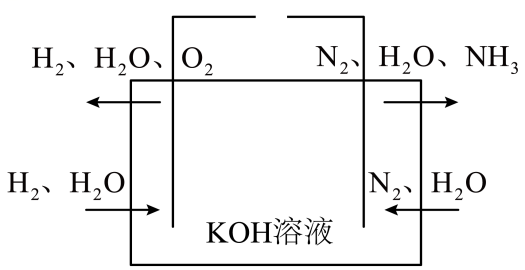
(3)直接合成法制氨是人类科学技术的一项重大突破，其反应如下：

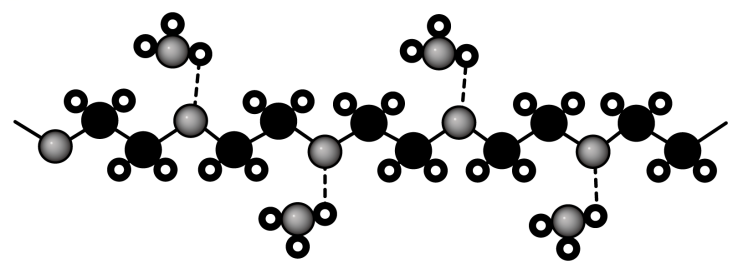
若断裂、需要吸收的能量分别为、，则断裂需要吸收的能量为 。

(4)电化学氮还原合成氨是未来合成氨工艺最有潜力的前沿技术。水相电解是最早实现低温合成氨的体系。

①以溶液为离子导体的示意图如图所示，阴极的电极反应是 。



②以稀硫酸为离子导体，氮还原的选择性较低。在稀硫酸中添加聚乙二醇，能显著提高氮还原的选择性，其原理如下。



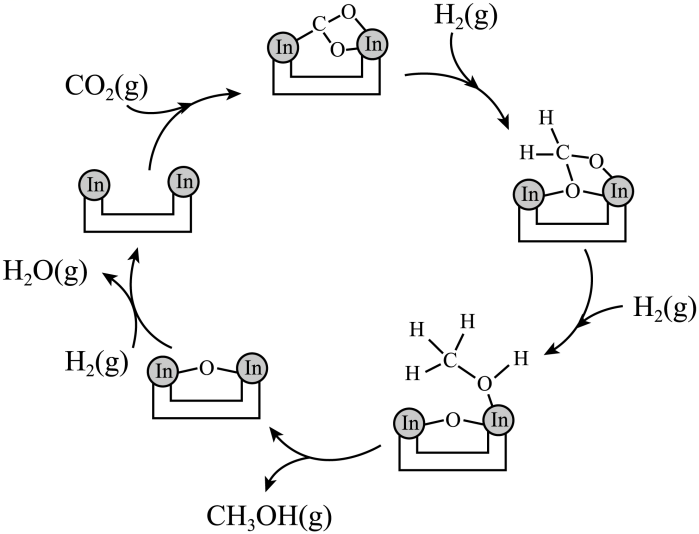
聚乙二醇不影响的扩散。聚乙二醇能 ，有效抑制的扩散。

5．（24-25高三上·北京·阶段练习）资源化利用是解决资源和能源短缺、减少碳排放的一种途径。

I．制甲醇，过程如下：

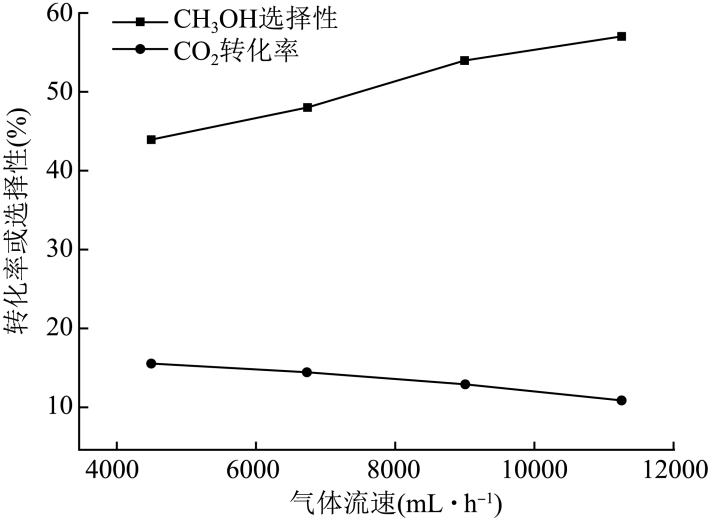
i．催化剂活化：(无活性)(有活性)

ii．与在活化后的催化剂表面可逆的发生反应①，其反应历程如图。同时伴随反应②：



(1)反应①每生成放热，写出其热化学方程式： 。

(2)与混合气体以不同的流速通过反应器，气体流速与转化率、选择性的关系如图。



已知：选择性(生成所用的)/n(转化的)。

结合化学方程式解释，气体流速加快，能减少催化剂的失活，从而使甲醇选择性提高的原因： 。

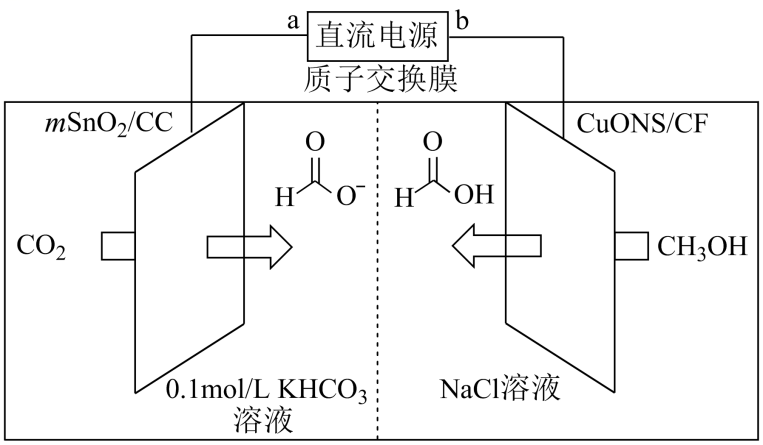
(3)对于以上制甲醇的过程，以下描述正确的是 (填序号)。

A．反应中经历了键的形成和断裂

B．加压可以提高的平衡转化率

C．升高温度可以提高甲醇在平衡时的选择性

II．一种以甲醇和二氧化碳为原料，利用和纳米片作催化电极，电化学法制备甲酸(甲酸盐)的工作原理如图所示。



(4)①阴极表面发生的电极反应式为 。

②若有通过质子交换膜，则理论上生成的和共 。

(5)电解部分甲醇后，将阴阳极的电解液混合，加入过量氢氧化钠后蒸干溶液，再向所得固体中加入过量稀硫酸，溶解后得溶液。取溶液，加入溶液，充分反应后，再加入过量溶液和5滴淀粉溶液，用溶液滴定至终点，消耗溶液体积为。

已知：；。

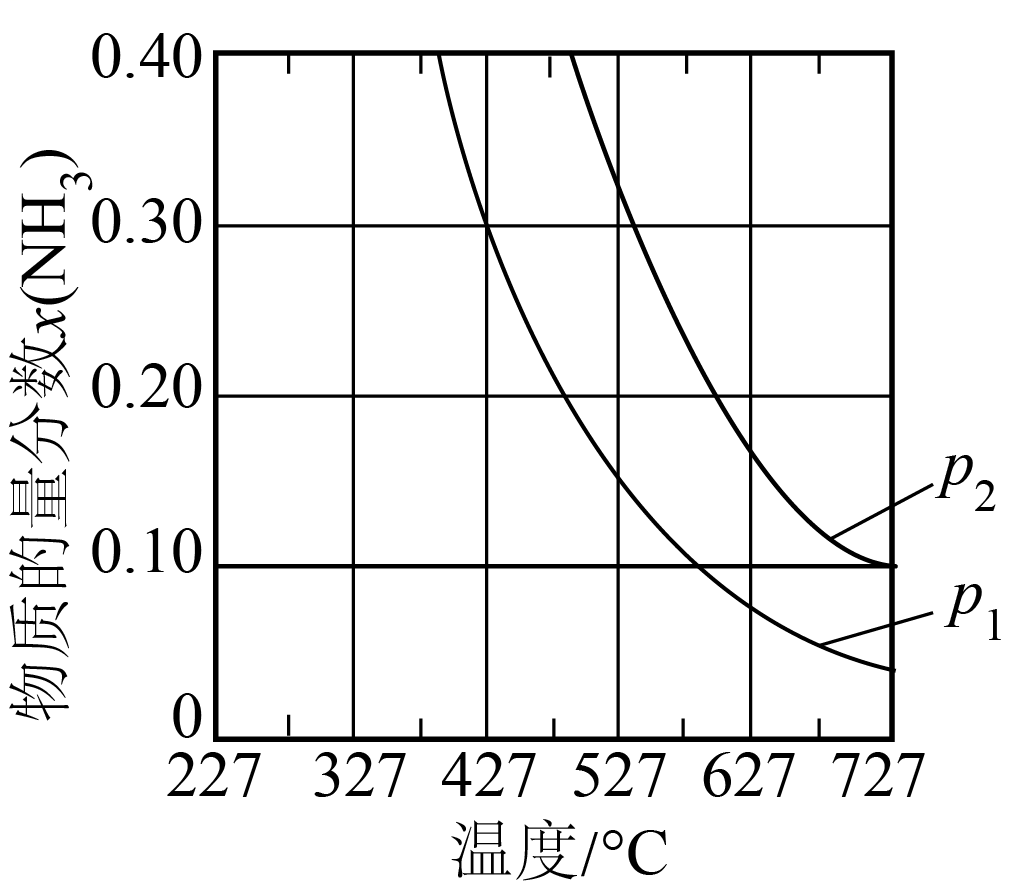
①滴定终点的现象为 。

②假设电流效率为100%，则电解池装置中通过的电子的物质的量为 。

类型二 与温度、压强、转化率的平衡图像分析有关

6．（24-25高三上·北京顺义·期中）(一)20世纪初，以和为原料的工业合成氨方法研制成功。其反应为：  

压强对合成氨有较大影响。下图为不同压强下，以物质的量分数、进料(组成1)，反应达平衡时与温度的计算结果。



(1)判断压强： (填“>”或“<”)，简述理由： 。

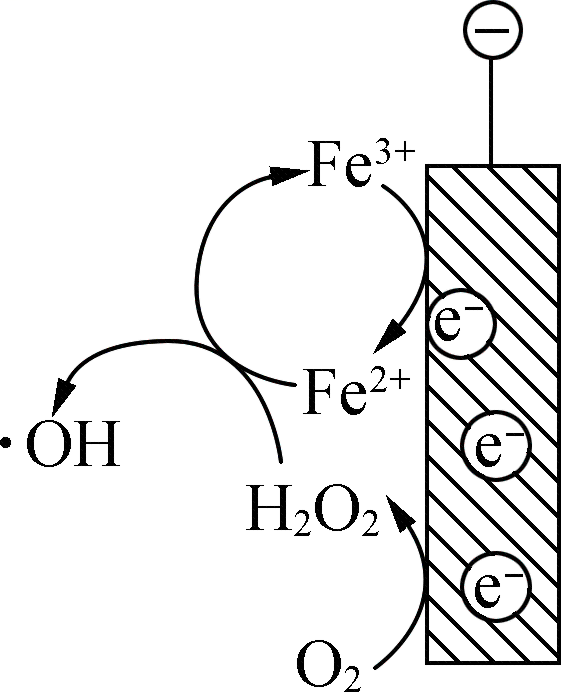
(2)在、时，氮气的转化率为 。

(3)合成氨原料气中存在不参与反应的时会影响的平衡含量。在时，以物质的量分数、、进料(组成2)。反应达平衡时与温度的计算结果与组成1相比有一定变化，在上图中用虚线画出相应曲线 。

(二)合成氨厂的废水中氮元素以、和的形式存在，下面是两种电化学除氨氮的方法。

方法一：电化学氧化法

(4)研究表明，当以碳材料为阴极，可在阴极生成，进一步生成氧化性更强的将水中氨氮氧化为。



①写出的电子式 。

②写出去除氨气的化学反应方程式 。

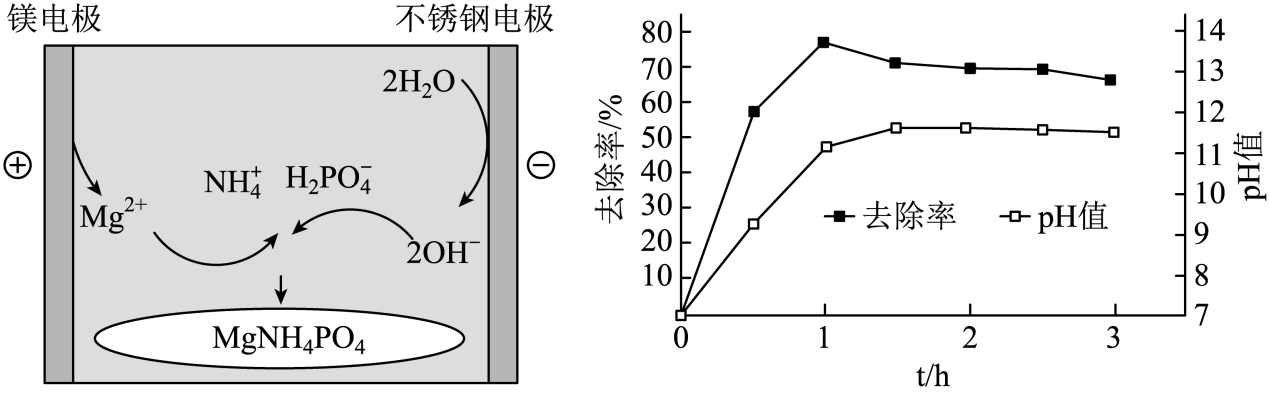
③阴极区加入可进一步提高氨氮的去除率，结合图示解释的作用 。

方法二：电化学沉淀法

已知：常温下、和的溶度积如下

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 物质 |  |  |  |
| 溶度积() |  |  |  |

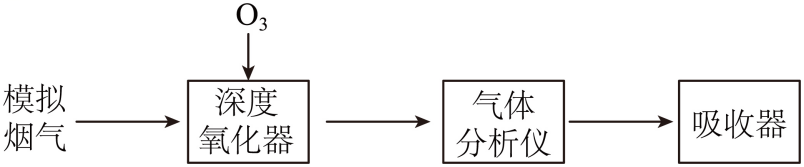
(5)用溶液模拟氨氮废水，电解沉淀原理如左下图，调节溶液初始，氨氮的去除率和溶液随时间的变化情况如右下图。



①用化学用语表示磷酸铵镁沉淀的原理：， 。

②反应以后，氨氮的去除率随时间的延长反而下降的原因可能是 。

7．（24-25高三上·北京·期末）烟气脱硝技术是环境科学研究的热点。实验室模拟将烟气中的NO深度氧化为，并进一步将转化获得含氮产品，流程示意图如下。



深度氧化器中发生的反应：

ⅰ．  kJ/mol

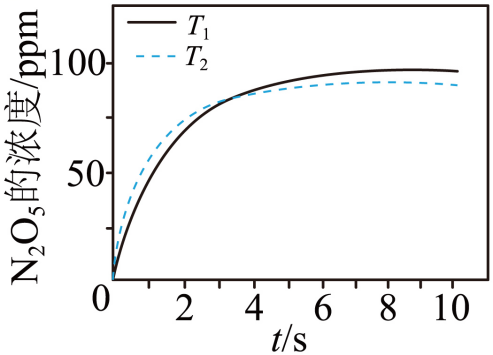
ⅱ．  kJ/mol

ⅲ．  kJ/mol（a、b、）

(1)NO被深度氧化，补全热化学方程式：

   kJ/mol

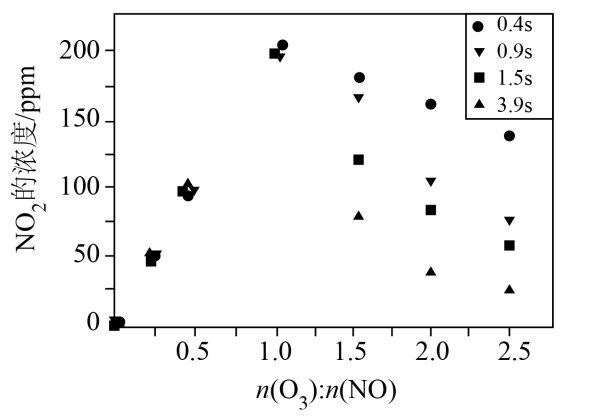
(2)一定条件下，不同温度时，的浓度随时间的变化如图所示。



① （填“>”或“<”）。

②8s时，的浓度不同的原因是 。

(3)一定条件下，NO的初始浓度为200ppm时，不同反应时间，深度氧化器中的浓度随的变化如图所示。反应过程中的浓度极低。

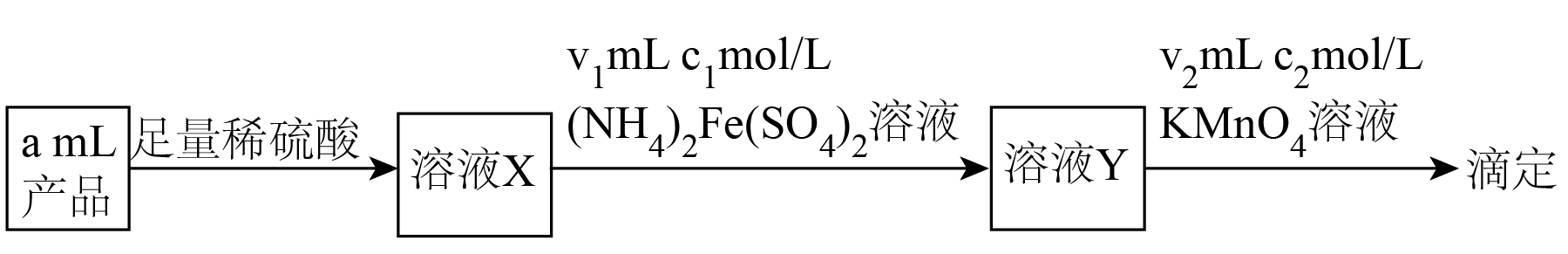


①时，深度氧化器中发生的反应主要是 （填“ⅰ”“ⅱ”或“ⅲ”）。

②0.9s、时，的浓度随变化的原因是 。

(4)80℃、且恒压的条件下进行烟气处理，烟气达到排放标准所需深度氧化的时间仍较长。结合（3），保持上述条件不变，解决这一问题可采取的措施及目的分别是 。

(5)深度氧化后的烟气通过吸收器完全转化为硝酸盐产品，产品浓度的测定方法如下。



已知、的还原产物分别是NO、。产品中的物质的量浓度为 mol/L。

8．（24-25高三上·北京海淀·期中）二甲醚是一种重要的化工原料，可替代液化石油气，在能源领域起着关键的作    用。利用二氧化碳和氢气可以合成二甲醚，过程中发生的主、副反应如下：

I.CO2(g) + 3H2(g)CH3OH(g)+H2O(g)  △*H1*= -49.5 kJ·mol-1

II.2CH3OH(g)CH3OCH3(g)+H2O(g)  △*H2*= -23.5 kJ·mol-1

III.CO2(g) + H2(g)CO(g)+H2O(g)    △*H3*= +41.2 kJ·mol-1

(1)CO2与H2合成CH3OCH3的热化学方程式为 ，该反应的平衡常数表示式为 。

(2)从提高CH3OCH3平衡产率的角度看，下列措施合理的是 （填序号）。

a.适当降温      b.及时分离出CH3OCH3     c.使用高效催化剂

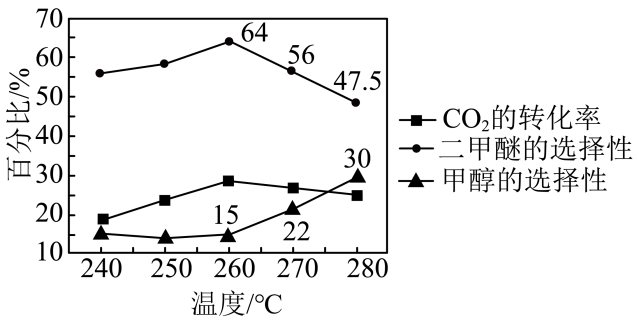
(3)其它条件一定，不同压强下，CO2在相同时间内的转化率如下。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 压强/ MPa | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 |
| CO2转化率/ % | 17.6 | 26.2 | 28.4 | 22.0 |

3.5MPa时CO2的转化率较低，可能的原因是 （填序号）。

a. I中平衡发生移动   b. III的反应速率提高   c. H2O的积累使催化剂活性降低

(4)其它条件一定时，温度对某种催化剂催化CO2加氢合成二甲醚反应的影响如下图。



已知：产物A的选择性=。

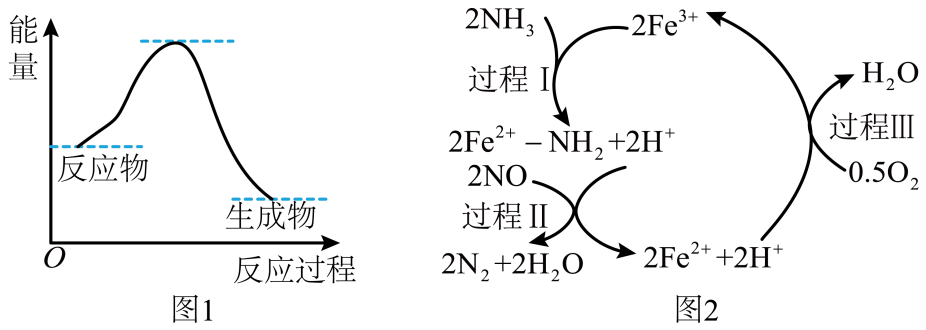
①240~260℃范围内，相同时间内CO2转化率逐渐提高的原因是 。

②温度高于260℃时，二甲醚选择性的显著降低并非反应III增强所致，理由是 。

(5)空速是指单位时间、单位体积催化剂上通过的气体体积流量。其它条件一定时，在一定空速范围内，CO2的转化率随空速的增大而减小，但甲醇的选择性增大，可能的原因是 。

9．（24-25高三上·北京·阶段练习）减少、的排放，实现资源化利用是化学工作者研究的重要课题。

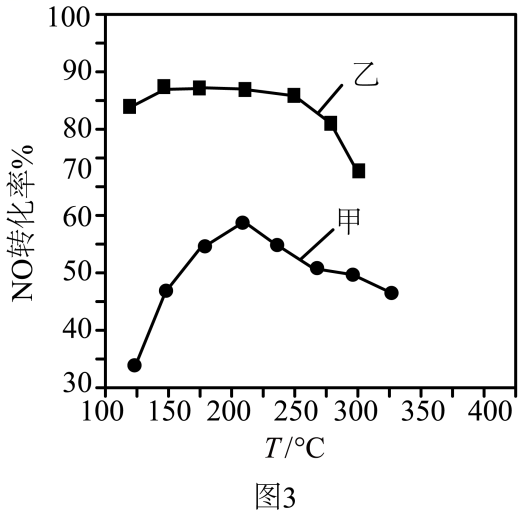
(1)尿素水解生成的催化还原是重要的烟气脱硝技术，且为可逆过程。反应过程与能量关系如图1，在以为主的催化剂表面可能发生的反应过程如图2。



①催化还原为 (填“放热”“吸热”)反应。

②上述脱硝的总反应化学方程式为： 。

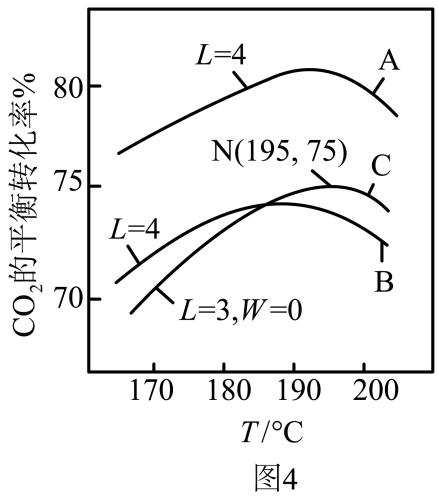
(2)电厂烟气脱氮的反应为：  ，现向某2L密闭容器中分别投入一定量的、发生以上反应，其他条件相同时，在甲、乙两种催化剂的作用下，相同时间内的转化率与温度的关系如图3。



工业上应选择催化剂 (填“甲”或“乙”)。在催化剂甲的作用下，温度高于210℃时，转化率降低的可能原因是 (写出2条)。

(3)工业以和为原料合成尿素。液相中，合成尿素的热化学方程式为：

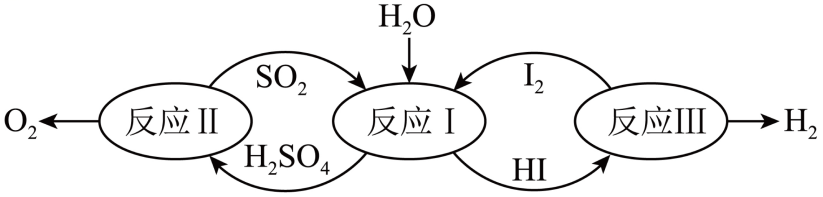
  ，在液相中，的平衡转化率与温度、初始氨碳比(用L表示，、初始水碳比(用W表示，关系如图4。



①曲线A、B中， (填“A”或“B”)的W较小。

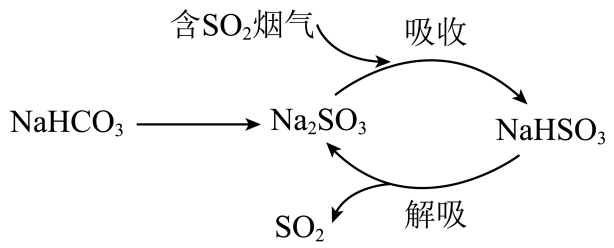
②对于液相反应，常用某组分M达到平衡时的物质的量分数代替平衡浓度来计算平衡常数(记作)。195℃时，的的值为 。

10．（24-25高三上·北京·阶段练习）氢能是一种极具发展潜力的清洁能源。以太阳能为热源，热化学硫碘循环分解水是一种高效、无污染的制氢方法。其反应过程如下图所示：



(1)反应Ⅰ的化学方程式是 。

(2)从烟气吸收中得到，如下图所示。



①溶液呈碱性的原因： 。

②加热解吸，产物中含有，用化学方程式说明原因： 。

③取解吸产物的溶液， (填操作和现象)，证明产物中含。

(3)反应I得到的产物用进行分离。该产物的溶液在过量的存在下会分成两层——含低浓度的层和含高浓度的HI层。

①根据上述事实，下列说法正确的是 (选填序号)。

a．两层溶液的密度存在差异

b．加前，溶液和HI溶液不互溶

c．在HI溶液中比在溶液中易溶

②辨别两层溶液的方法是 。

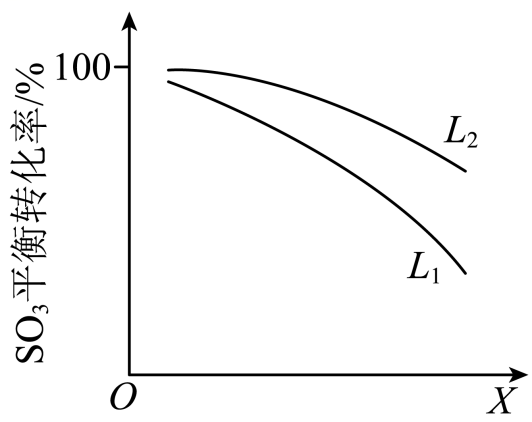
③经检测，层中。其比值大于2的原因是 。

(4)反应II：  。它由两步反应组成：

i．  ；

ii．分解。

、X可分别代表压强或温度。如图表示L一定时，ⅱ中的平衡转化率随X的变化关系。



①X代表的物理量是 。

②判断、的大小关系，并简述理由： 。

类型三 与电化学有关

11．（24-25高三上·北京·阶段练习）是一种重要的工业原料。可采用不同的氮源制备。

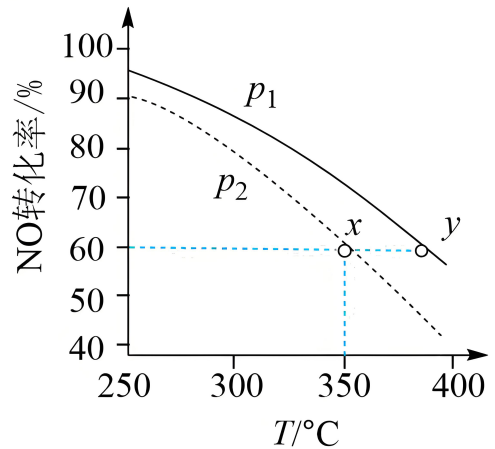
(1)方法一：早期以硝石(含)为氮源制备，反应的化学方程式为：。该反应利用了浓硫酸的性质是酸性和 。

(2)方法二：以为氮源催化氧化制备，反应原理分三步进行。

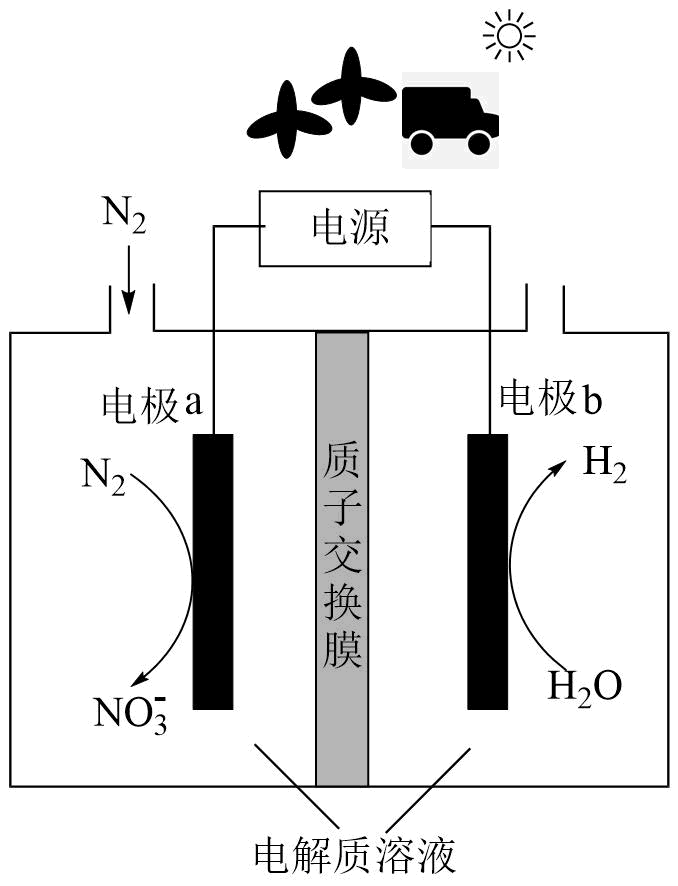


①第I步反应的化学方程式为 。

②针对第II步反应进行研究：在容积可变的密闭容器中，充入和进行反应。在不同压强下(、)，反应达到平衡时，测得转化率随温度的变化如图所示。解释y点的容器容积小于x点的容器容积的原因 。



(3)方法三：研究表明可以用电解法以为氮源直接制备，其原理示意图如下。



①电极a表面生成的电极反应式： 。

②研究发现：转化可能的途径为。电极a表面还发生iii．。iii的存在，有利于途径ii，原因是 。

(4)人工固氮是高能耗的过程，结合分子结构解释原因 。方法三为的直接利用提供了一种新的思路。

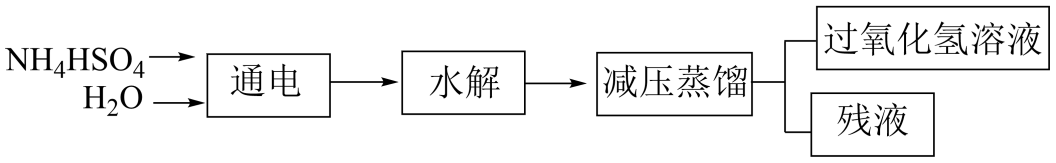
12．（24-25高三上·北京大兴·开学考试）过氧化氢有广泛的用途，如医疗上用含的的水溶液消毒。

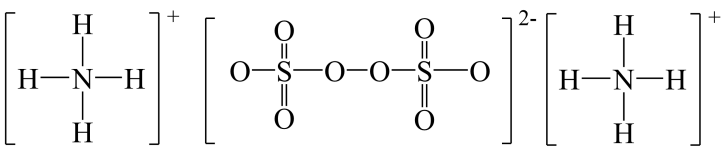
(1)在实验室中，可以将过氧化钠加到冷的稀硫酸中制备过氧化氢。实验室制备过氧化氢的化学反应方程式是 。

(2)工业上用电解硫酸氢铵水溶液的方法制备过氧化氢，其中：



其流程如下：



资料：(过二硫酸铵)的结构为

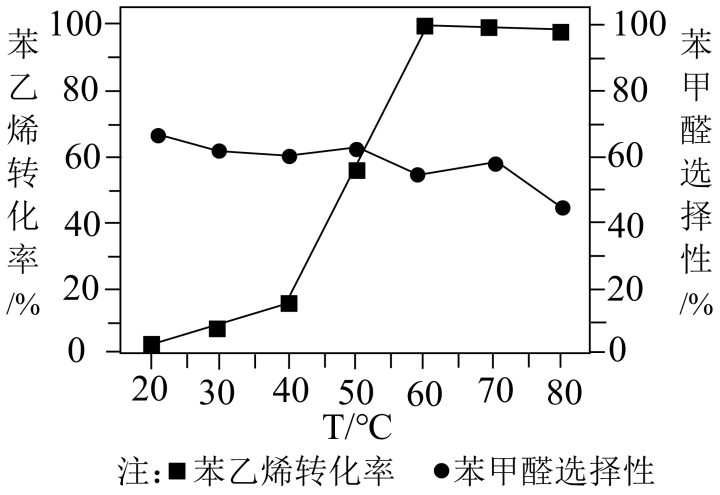
①通电时阳极的电极反应方程式是 。

②写出上述制备过氧化氢流程中过二硫酸铵水解的化学方程式 。流程中可循环利用的物质是 。

(3)过氧化氢除作为消毒剂外，还有其他用途。

Ⅰ.一种火箭推进器中装有还原剂肼与过氧化氢，当它们混合时即产生大量的氮气和水蒸气，并放出大量的热。已知1g液态肼和足量的液态过氧化氢反应生成和水蒸气时释放20.05kJ热量，此情况下，液态肼反应生成时的热化学方程式为 。

Ⅱ.某科研团队研究在硫酸的存在下，用过氧化氢与乙酸作用制备过氧乙酸，再氧化苯乙烯制取苯甲醛，反应的副产物主要为苯甲酸和环氧苯乙烷。一定条件下，测得一定时间内温度对氧化反应的影响如图：



①80℃时苯乙烯的转化率有所降低，其原因可能是 。

②结合图像分析，要获得较高的苯甲醛产率，应该选择的温度为 。

13．（23-24高二下·安徽·阶段练习）中国在氢能研究方面已取得显著进展。绿氢的生产及储存作为氢能利用的关键技术，是当前关注的热点之一、

I．制氢

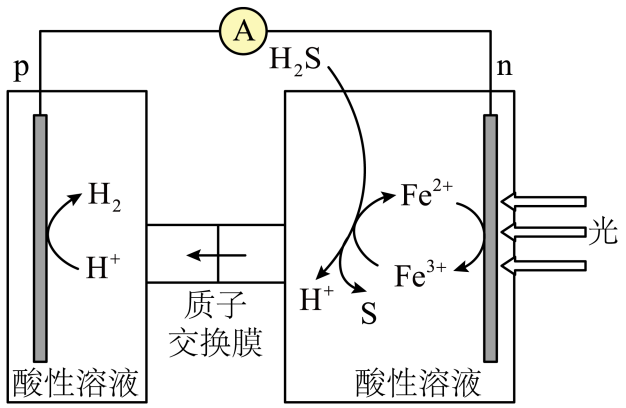
(1)化学制氢。工业上制取氢气时涉及的一个重要反应是：

已知：①

②

利用和计算时，还需要利用 反应的。

(2)电化学制氢。光、电催化——化学环反应耦合分解制的原理示意图如下图所示。



①负极的电极反应式为 。

②除了外，也能实现如图所示循环过程。结合化学用语，说明能够使S源源不断产生的原因： 。

Ⅱ．储氢与释氢

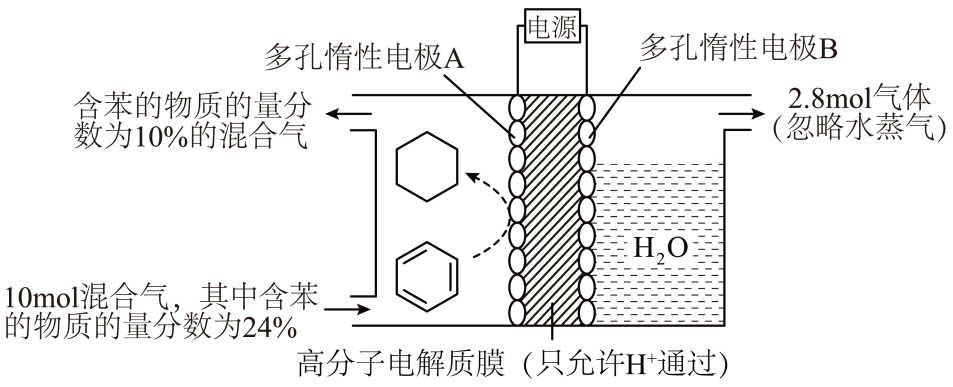
(3)是一种重要的储氢载体，能与水反应生成，且反应前后B的化合价不变，反应消耗时转移的电子数目为 。

(4)有机物释氢与储氢。其中一种方法为利用环己烷和苯之间的可逆反应来实现释氢和储氢。  。

①在某温度下，向恒容容器中加入环己烷，其起始浓度为，平衡时苯的浓度为，该反应的平衡常数 。

②有利于释氢的措施为： (从反应限度的角度回答)。

(5)一定条件下，下图所示装置可实现有机物的电化学储氢(忽略其它有机物)。



①生成目标产物的电极反应式为 。

②该储氢装置的电流效率 。()(计算结果保留小数点后一位)

14．（2024·北京顺义·一模）工业废气中的硫化氢是一种无色有毒的气体。根据硫化氢的性质，可采取不同的处理方法。

(1)氧化法(克劳斯法)，其原理是：

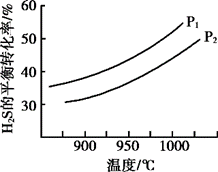
H2SSO2S

已知：2H2S(g)+3O2(g)=2SO2(g)+2H2O(l)   ΔH=-1172kJ·mol-1

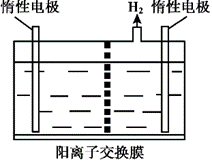
S(s)+O2(g)=SO2(g)   ∆H=-297kJ·mol-1

第②步反应的热化学方程式为 。

(2)热分解法，其原理是：2H2S(g)S2(？)+2H2(g)。不同温度和压强下，H2S的平衡转化率变化如图。P1 P2(填“>”或“<”)，原因是 。

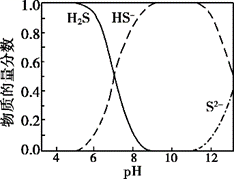


(3)直接电解法，可回收S和H2。



资料：

ⅰ．H2S溶液中含硫微粒的物质的量分数随pH变化如图。

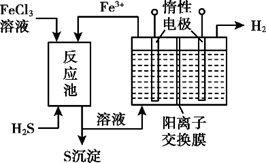


ⅱ．(x-1)S+S2−S(黄色溶液)；S与酸反应生成S。

①直接电解H2S酸性溶液(pH≈5)，容易出现电解反应不能持续进行的情况，结合电极反应式分析其可能的原因 。

②工业上，常用烧碱吸收H2S，将吸收后的溶液(pH=13.2)先进行电解，再用电解后的黄色溶液吸收H2S生成S。反应生成S的离子方程式是 。

(4)间接电解法。先用FeCl3溶液吸收含H2S的工业废气，所得溶液用惰性电极进行电解。



①反应池中发生反应的离子方程式是 。

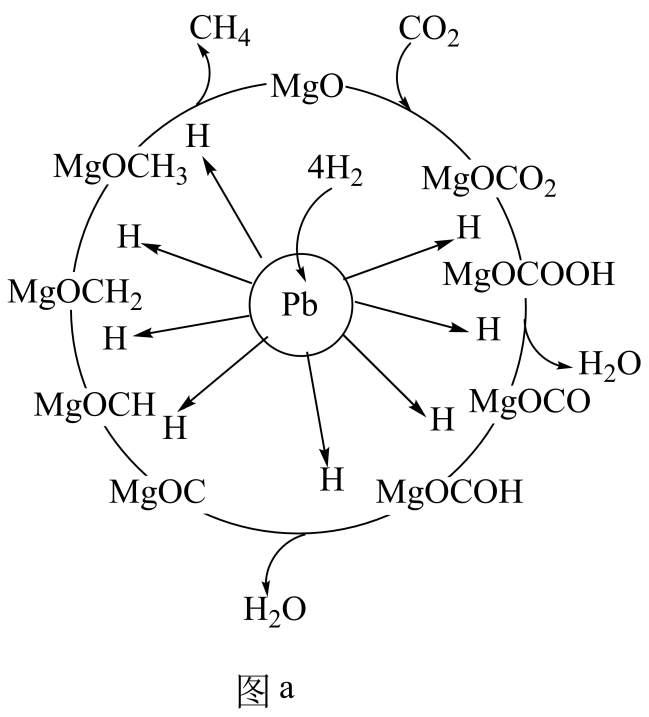
②该装置实验有两个显著优点：a．H2S的原子利用率100%；b． 。

(5)碱性溶液吸收法。

已知：25℃时，H2S的电离常数Ka1=9.1×10-8、Ka2=1.1×10-12；H2CO3的电离常数Ka1=4.3×10-7、Ka2=5.6×10-11。用Na2CO3溶液吸收含H2S的工业废气，反应的离子方程式是 。

15．（23-24高三下·北京·阶段练习）CO2分子结构稳定，难以给出电子，较容易接受电子，较难活化。采用CO2作为碳源，通过CO2催化加氢方式，不仅可以减少温室气体的排放，还可以将CO2转化为高附加值的化学产品，具有重要的战略意义。

(1)一种CO2直接加氢的反应机理如图a所示。



①写出总反应的化学方程式 。

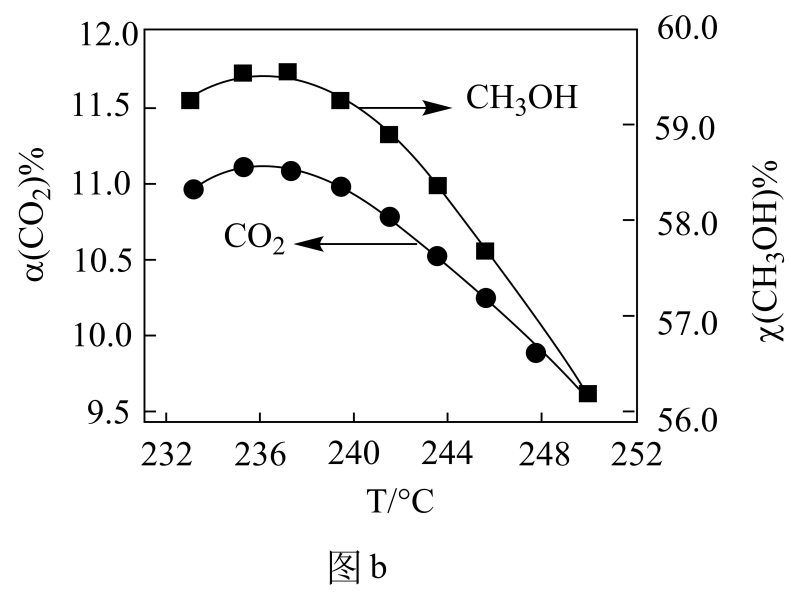
②MgOCO2也可以写成MgCO3，写出的VSEPR模型名称 。

(2)已知：主反应CO2催化加氢制甲醇的热化学方程式如下

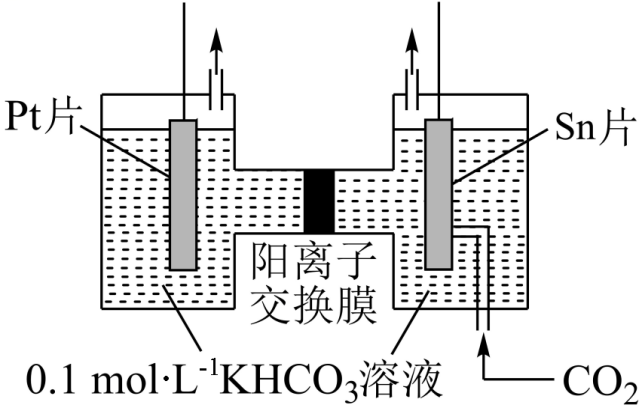


①温度过高或温度过低均不利于该反应的进行，原因是 。

②CO2催化加氢制甲醇过程中的主要竞争反应为：。在恒温密闭容器中，维持压强和投料不变，将CO2和H2按一定流速通过反应器，CO2转化率和CH3OH选择性随温度变化关系如图b所示，分析236℃以后，图b中曲线下降的原因 。



(3)电解 CO2可用于制备HCOOK。该原理示意图如图所示：



①写出CO2还原为HCOO-的电极反应式： 。

②电解一段时间后，阳极区的KHCO3溶液浓度降低，其原因是 。

③若阴极区反应3mol CO2的同时，阳极区得到5 mol气体，则阴极区除了得到HCOOK外，同时可得到 molK2CO3。

16．（23-24高三下·北京·开学考试）CO2/HCOOH循环在氢能的贮存/释放、燃料电池等方面具有重要应用。

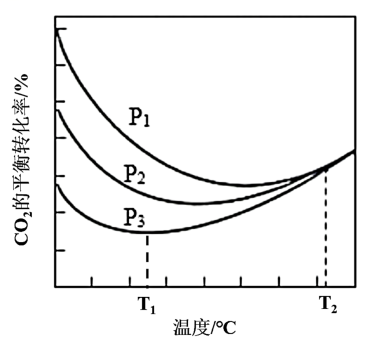
(1)CO2直接加氢。将*n*(CO2)∶*n*(H2)=1∶4的混合气体充入某密闭容器中，在一定温度下，同时自发发生反应1和反应2。

已知：反应1CO2(g)+H2(g)⇌CO(g)+H2O(g)    Δ*H1*>0

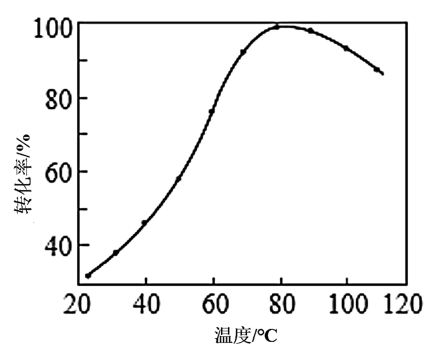
反应2CO2(g)+H2(g)⇌HCOOH(g)    Δ*H2*

①Δ*H2* 0(填“>”“＜”)。

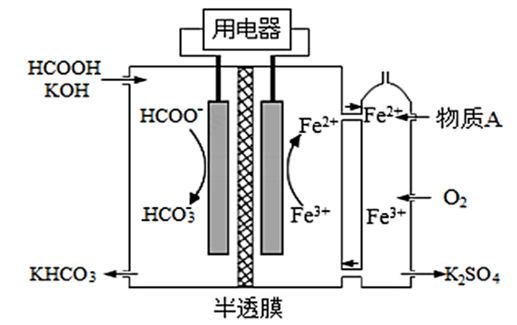
②不同压强下，实验测定CO2的平衡转化率随温度的变化关系如图所示。已知P1>P2>P3，P3时在T1℃之后CO2的转化率随温度升高而增大的原因是 。



(2)CO2催化加氢。在密闭容器中，向含有催化剂的KHCO3溶液(CO2与KOH溶液反应制得)中通入H2生成HCOO−，其离子方程式为 ；其他条件不变，HCO转化为HCOO−的转化率随温度的变化关系如图所示。反应温度在40℃～80℃范围内，HCO催化加氢的转化率迅速上升的可能原因是 。



(3)HCOOH燃料电池。研究HCOOH燃料电池性能的装置如图所示，两电极间用允许K+、H+通过的半透膜隔开。

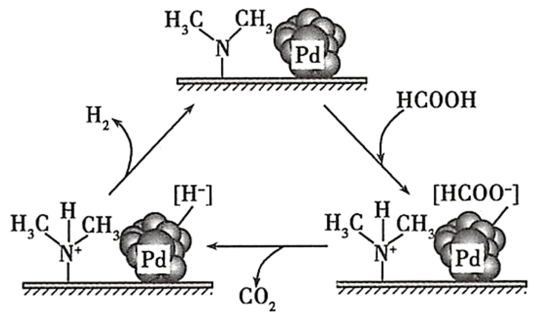


①结合电极反应式解释电池放电过程中生成KHCO3的原因 。

②放电过程中需补充的物质A为 (填化学式)；用化学用语解释装置中Fe3+再生的原因 。

③该燃料电池放电的本质是HCOOH与O2的反应，离子方程式为 。

(4)HCOOH催化分解制备氢气。在催化剂作用下，HCOOH分解生成CO2和H2可能的反应机理如图所示。研究发现：其他条件不变时，以HCOOK溶液代替HCOOH催化释氢的效果更佳，其具体优点是提高释放氢气的速率和 。



类型四 与化学反应条件调控有关

17．（2025·北京·模拟预测）挑战：“绿氢”的存储、输送成本和安全

解决方案I：利用可再生资源生产绿氢和温室气体CO2生产甲醇是碳资源高效循环利用的有效途径。

CO2加氢气制甲醇体系中，若不考虑生成烷烃和多碳醇等副反应，主要反应为：

I：  

Ⅱ：  

Ⅲ：  

(1)计算反应I的焓变 。

(2)以250℃、5MPa、n(H2)/n(CO2)=3的平衡为基础，探讨温度，压强和原料气组成对平衡的影响，以下说法错误的是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

A．随着温度升高，甲醇的百分含量将降低

B．随着压强增大，甲醇的产率将增大

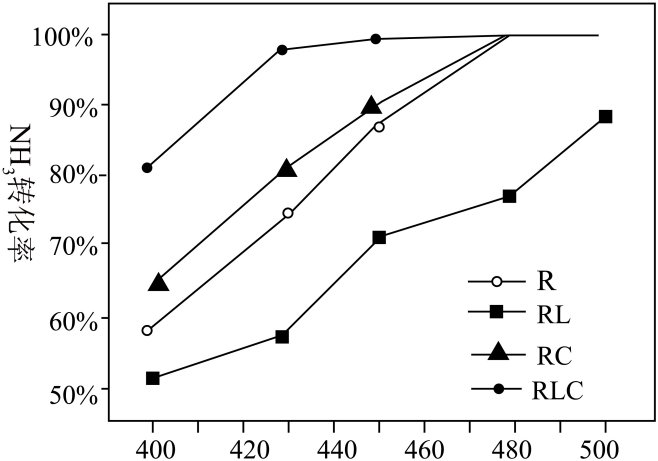
C．随着n(H2)/n(CO2)的增加，CO的转化率将下降

D．若在原料气里加入CO，则CO2转化率将增大

(3)若只关注反应I，氢气和甲醇的燃烧热分别为285kJ/mol和726kJ/mol，则绿氢生产绿甲醇的理论能量转化效率为 。(保留一位小数)

解决方案Ⅱ：合成“绿氨”运输到使用地分解制氢

“绿氢”合成氨技术成熟，加压10bar，25℃就可以液化，液体的存储和输运成本低，现有设备无需改造。“绿氨”具有零碳排放的特点，且其储氢质量能量密度可高达17.6wt。%，故而被视为是种非常具有竞争力且前景广阔的储氢载体。



Ru基催化剂的物理化学性质(部分单位省略)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品名称 | Ru含量(理论值)(wt。%) | Ru含量(wt。%) | Ru分散度(%) | H2消耗量 |
| Ru/Al2O3 | 1.00 | 1.09 | 1.01 | 0.201 |
| RuLa/Al2O3 | 1.00 | 1.04 | 0.11 | 0.247 |
| RuCs/Al2O3 | 1.00 | 0.97 | 1.91 | 0.193 |
| RuLaCs/Al2O3 | 1.00 | 0.99 | 3.01 | 0.595 |

(4)加入Cs元素的作用是 。

(5)在400~500℃范围内，Ru基氨分解催化剂性能最佳的是 。

(6)合成氨反应是工业上至关重要的反应，与其有关的研究曾三获诺贝尔奖，有人提出另一种制备氨的路线：    ，已知ΔG=ΔH-TΔS，当ΔG<0时，反应正向自发；当ΔG>0时，反应逆向自发。计算并说明该反应是否适合工业生产 。

18．（23-24高三下·北京·开学考试）将作为弱氧化剂用于乙烷脱氢制备乙烯，具有避免乙烷深度氧化、资源化利用等显著优势。

(1)①查阅资料，计算氧化脱氢反应的反应热

i.查阅 的燃烧热数据（填化学式）。

ii.查阅水的汽化热：  。

利用上述数据，得如下热化学方程式：

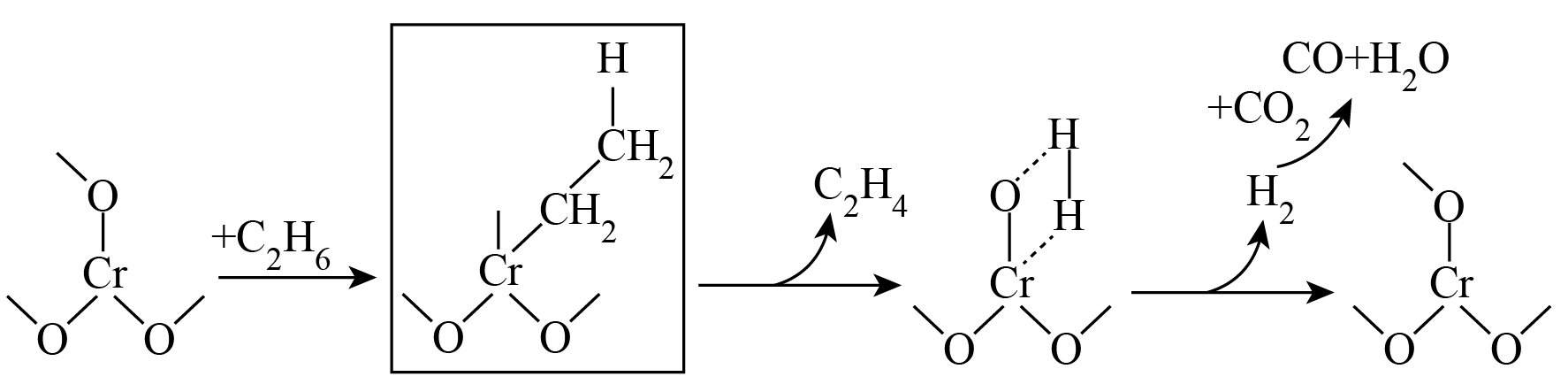
  

②检验产物有乙烯生成的操作和现象 。

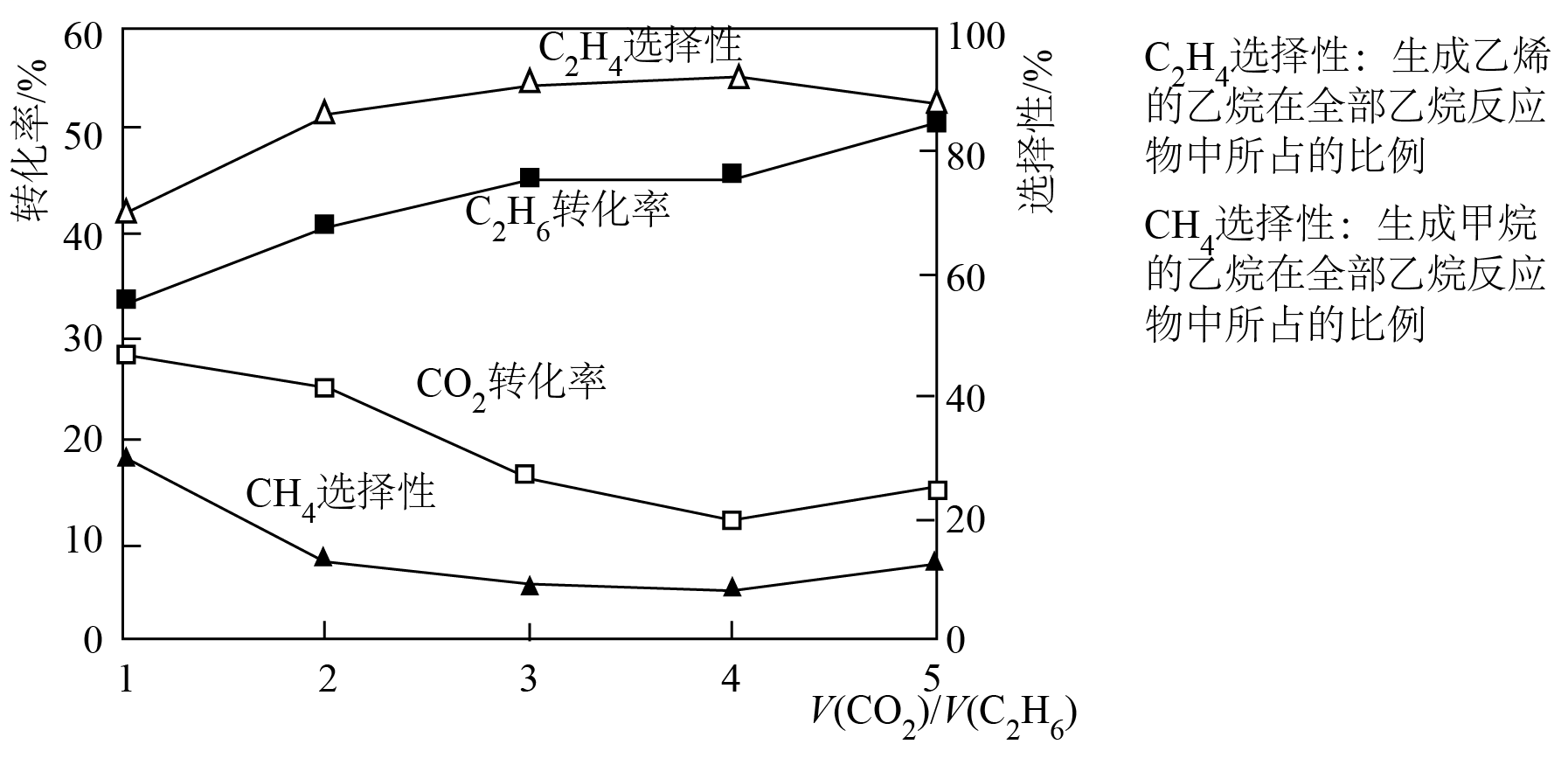
(2)结合键能数据分析氧化脱氢反应的挑战和难点 。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 键 |  |  |  |
| 键能 | 347.7 | 413.4 | 745 |

(3)推测催化氧化脱氢反应过程示意图如下，补全示意图中画框部分（示意图中未使用键线式）。



(4)分析投料体积比对反应的影响（650℃，0.1MPa，催化剂）



①从1提高到5，转化率从33.3%增加到50.5%，简述转化率增加的原因 。（体积比为3和4时乙烷转化率基本相同）

②从4提高到5，副反应的化学方程式可能是 。

19．（24-25高三上·北京·阶段练习）从矿石中提取金()是获取贵金属的主要来源。

(1)俗话说“真金不怕火炼”，从化学性质角度解释其原因是 。

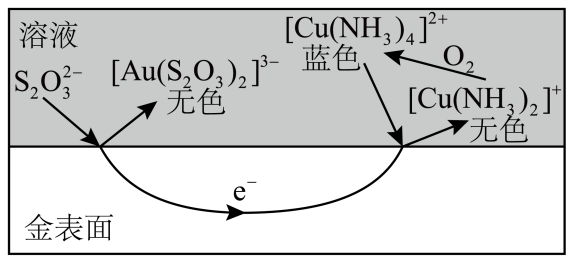
(2)硫代硫酸盐在弱碱性条件下浸金是提取金的一种方法。

①补全反应的离子方程式 。



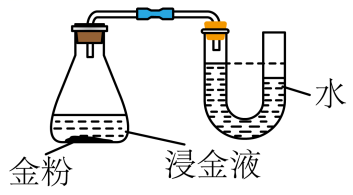
②简述在金被氧化过程中的作用： 。

(3)工业上常用溶液、氨水和溶液为原料配制浸金液，其一种可能的浸金原理示意图如下。



①由上述原理可知，在浸金过程中起 作用。

②为了证明上述原理中的作用，进行如下实验。

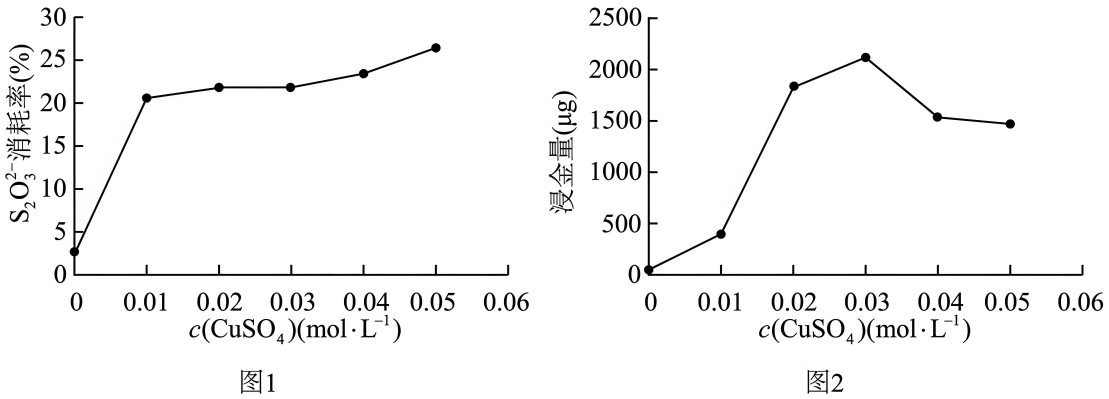


实验现象：反应一段时间后，温度无明显变化，形管内液柱左高右低，锥形瓶中溶液蓝色变浅，打开瓶塞后∙∙∙∙∙∙

a．打开瓶塞后， ，(填实验现象)，证实了上述原理。

b．中现象对应反应的离子方程式是 。

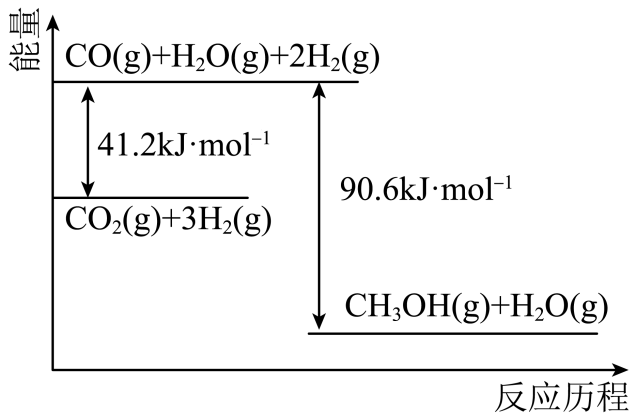
③下图表示相同时间内，配制浸金液的原料中对浸金过程中消耗率和浸金量的影响(其他条件不变)。已知：



结合图1，解释图2中浸金量先上升后下降的原因： 。

类型五 与化学平衡计算有关

20．（24-25高三上·北京·期中）的资源化利用是实现“碳中和、碳达峰”的途径。合成甲醇的过程中涉及如下反应：



反应ⅰ．  ；

反应副反应ⅱ．副反应。

回答下列问题。

(1)①根据图， 。

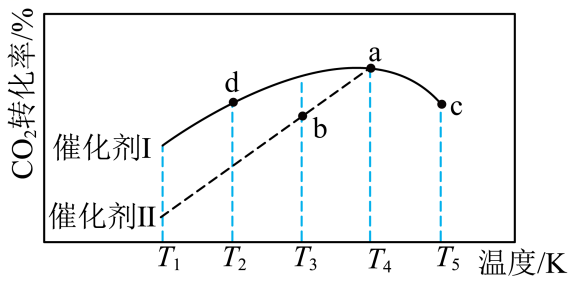
②原料发生副反应会生成等气体产物，已知每生成1mol吸收热量41.2kJ。写出副反应的热化学方程式 。

(2)T℃时，向1L恒容。密闭容器中充入1mol和4mol发生上述反应。10min末已达到平衡时测得容器中的转化率为90%，的物质的量为0.3mol。

①0～10min内，平均反应速率 。

②T℃时，反应ⅱ的 化学平衡常数 。

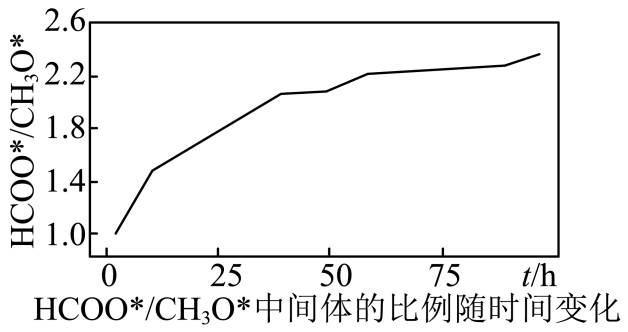
(3)将原料气充入某一恒容、密闭容器中，若只发生反应ⅰ，在不同催化剂作用下，反应时的转化率随温度的变化如下图所示。



①图中达到化学平衡状态的是 (填“a”、“b”、“c”或“d”)。

②其他条件相同，若将原料气按充入同一恒容、密闭容器中，在催化剂Ⅰ的作用下发生反应。该条件下，a点时的转化率 (填“增大”或“不变”或“减小”)。

(4)近日，我国学者研究发现，在单原子催化时，反应ⅰ的历程以及中间体与物质的量之比随时间变化图如下：



第一步：；

第二步：；

第三步：。

下列说法不正确的是 (填字母序号)。

A．其他条件相同时，升高温度时，三步反应速率均加快

B．用不同催化剂催化反应可以改变反应历程，提高平衡转化率

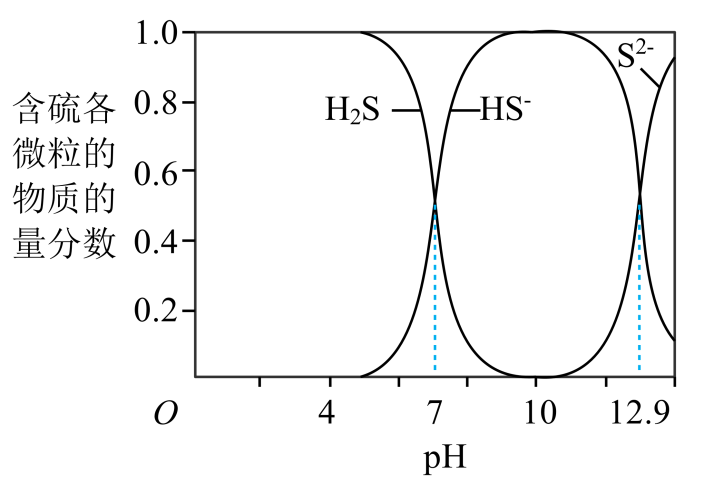
C．反应历程中，第一步反应的活化能最高，是反应的决速步骤

21．（23-24高三上·北京·阶段练习）-2价含硫化合物对大气和水体都有污染，对石油开采和炼制过程中产生的废液、废气(其中硫元素的主要化合价是-2价)进行处理，防止污染环境。

已知：ⅰ．-2价硫元素易被氧化为S或

ⅱ．在25℃时，1体积水可溶解约2.6体积的气体

ⅲ．、、在水溶液中的物质的量分数随pH的分布曲线如图



ⅳ．氢硫酸和碳酸的电离常数如下表。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

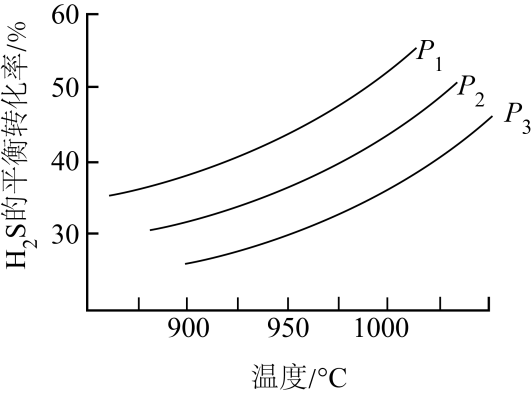
(1)碱法脱硫：用溶液吸收。

①用化学用语表示溶液显碱性的原因： 。

②用过量的溶液吸收的离子方程式是 。

(2)热分解法脱硫

在密闭容器中发生反应。其他条件不变时，的平衡转化率随温度和压强的变化如下图。



①，反应中 (填“是”或“不是”)气态，理由是 。

②实际反应在高温下进行的原因是 。

(3)沉淀法处理含硫废水：向pH≈10的含硫废水中加入适量溶液，产生黑色沉淀且溶液的pH降低。

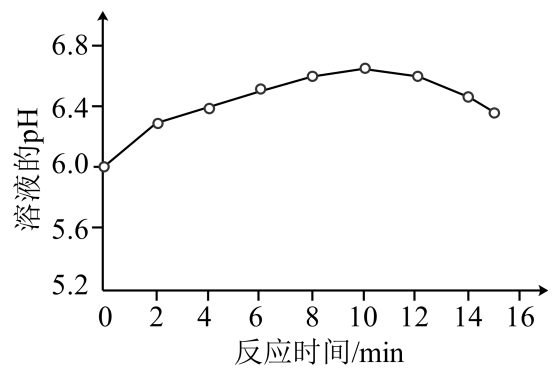
①pH≈10的含硫废水中含-2价硫元素的主要微粒是 。

②用化学平衡移动原理解释pH降低的原因： 。

(4)氧化法处理含硫废水：向含硫废水中加入稀调节溶液的pH为6。

①根据电离常数计算溶液中 ∶1。

②再加入0.15mol/L 溶液，溶液的pH变化如图。结合离子方程式解释10min后pH减小的原因： 。



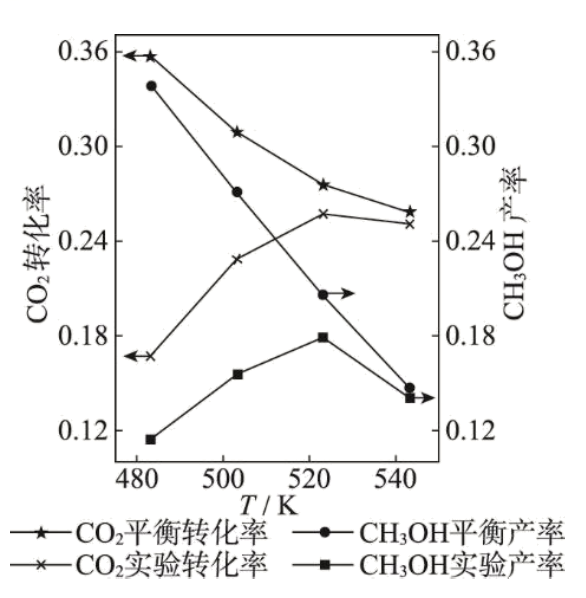
22．（23-24高三上·北京·阶段练习）近年来，碳中和、碳达峰成为热点。工业上可利用来制备多种物质。

Ⅰ.和可制备甲醇，过程中可发生以下反应：

反应a：

反应b：生成和的副反应。

已知：



(1)写出反应b的热化学方程式： 。

(2)将和按物质的量比混合，以固定流速通过盛放催化剂的反应器，在相同时间内，不同温度下的实验数据如图所示。

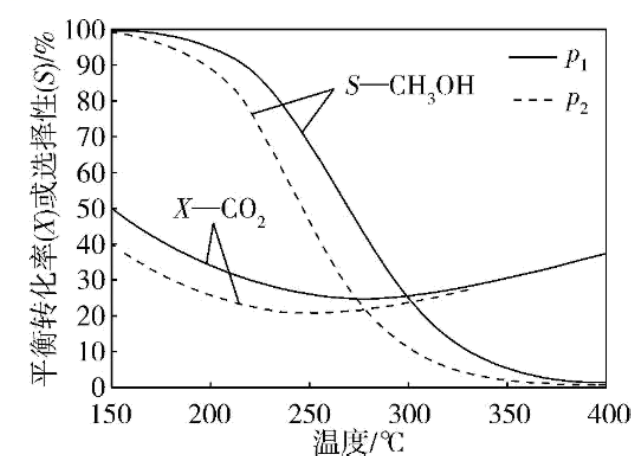
已知：产率

①催化剂活性最好的温度为 (填字母序号)。

a．b．c．d．

②温度由升到的平衡转化率和的实验产率均降低，解释原因： 。

(3)的平衡转化率(X-CO2)、的选择性(S-CH3OH)随温度、压强变化如下：



已知：。

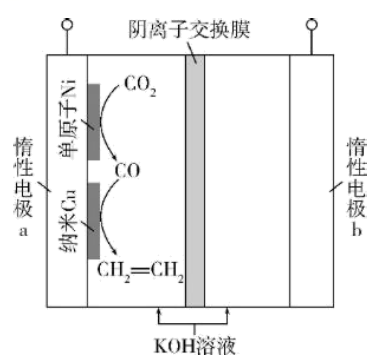
①请判断*p1*、*p2*的大小关系并说明理由： 。

②左右，体系发生的反应主要是 。

③初始，平衡后、，若只发生a、b，则的平衡转化率为 。

Ⅱ.我国科学家采用单原子和纳米作串联催化剂，通过电解法将转化为乙烯。装置示意图如图。

已知：电解效率。



(4)写出纳米催化剂上发生的反应： 。

(5)若乙烯的电解效率为60%，电路中通过电子时，产生乙烯 。

23．（23-24高三上·北京朝阳·期中）合成氨的发展体现了化学科学与技术的不断进步。

(1)1898年，化学家用氮气、碳化钙(CaC2)与水蒸气反应制备氨：

i．碳化钙和氮气在1000℃的高温下产生氰氨化钙(CaCN2)；

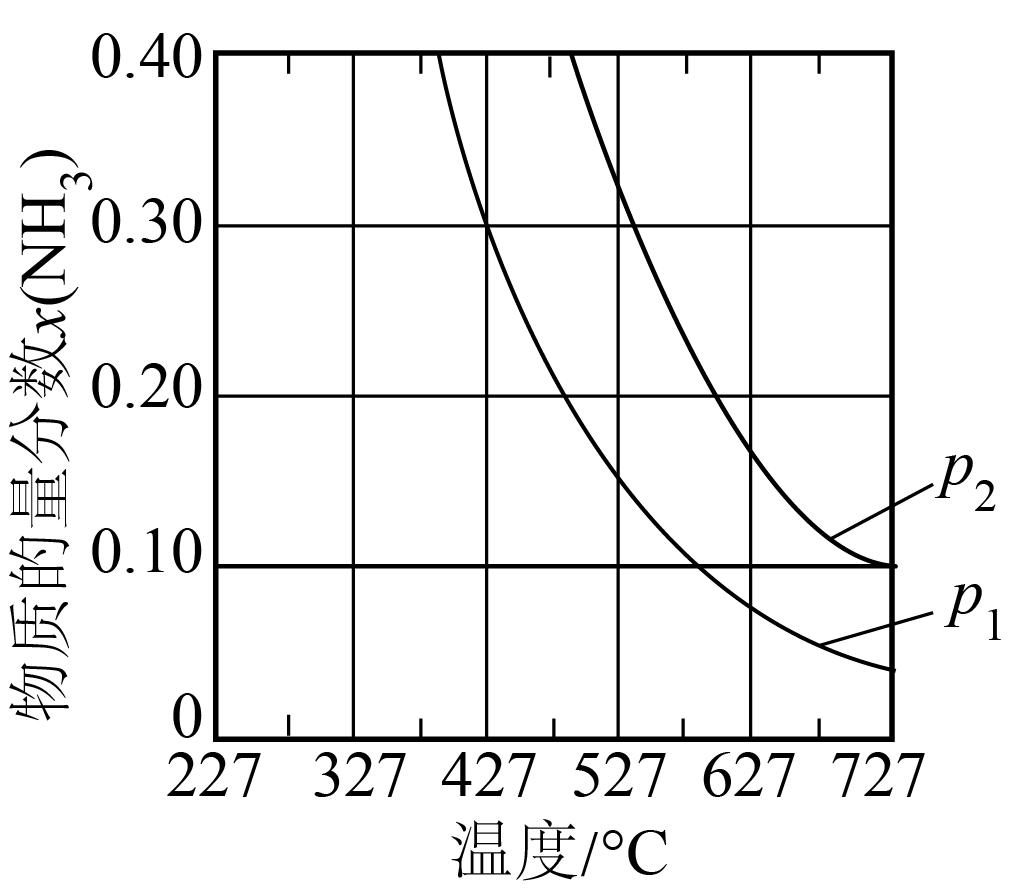
ii．氰氨化钙与水蒸气反应生成氨气。

写出反应ii的化学方程式： 。

(2)20世纪初，以N2和H2为原料的工业合成氨方法研制成功。其反应为：。

①N2的化学性质稳定，即使在高温、高压下，N2和H2的化合反应仍然进行得十分缓慢。从分子结构角度解释原因： 。

②压强对合成氨有较大影响。下图为不同压强下，以物质的量分数x(H2)=0.75、x(N2)=0.25进料(组成1)，反应达平衡时，x(NH3)与温度的计算结果。

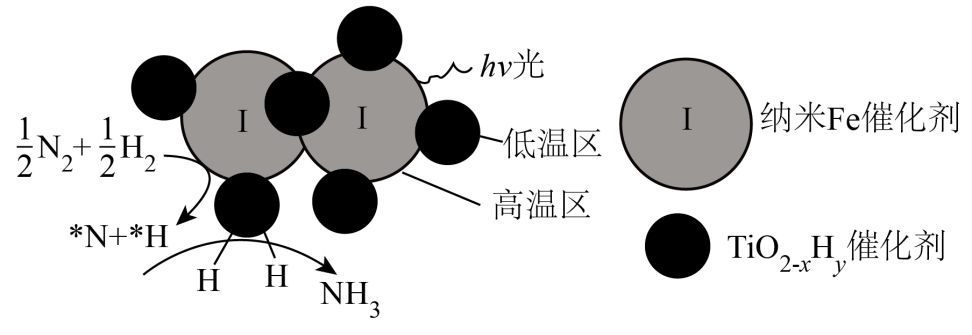


i．判断压强：p1 p2(填“>”或“<”)，简述理由： 。

ii．在p1、x(NH3)=0.20时，氮气的转化率为 。

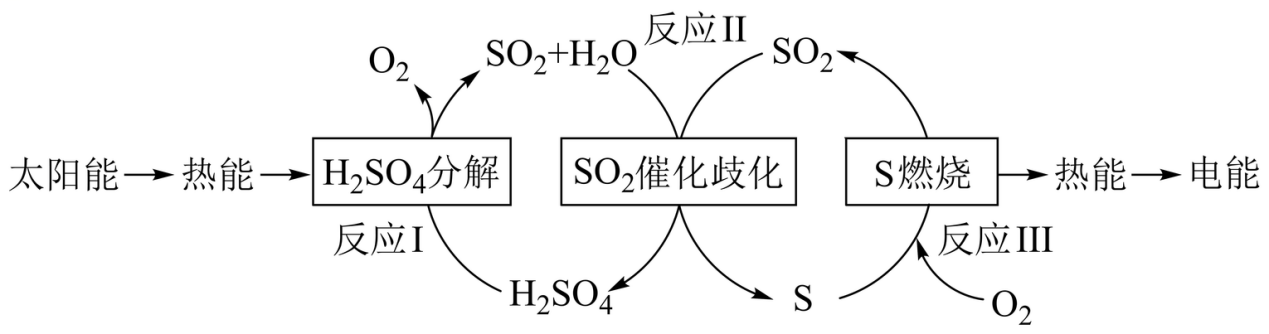
iii．合成氨原料气中存在不参与反应的Ar时会影响NH3的平衡含量。在p1时，以物质的量分数x(H2)=0.675、x(N2)=0.225、x(Ar)=0.10进料(组成2)，反应达平衡时x(NH3)与温度的计算结果与组成1相比有一定变化，在上图中用虚线画出相应曲线 。

(3)我国科学家研制出双催化剂，通过光辐射产生温差(如体系温度为495℃时，纳米Fe的温度为547℃，而的温度为415℃，解决了温度对合成氨工业反应速率和平衡转化率影响矛盾的问题，其催化合成氨机理如图所示。



分析解释：与传统的催化合成氨(铁触媒、)相比，双催化剂双温催化合成氨具备优势的原因是 。

24．（23-24高三上·北京朝阳·阶段练习）I.近年来，研究人员提出利用含硫物质热化学循环实现太阳能的转化与存储。过程如下：

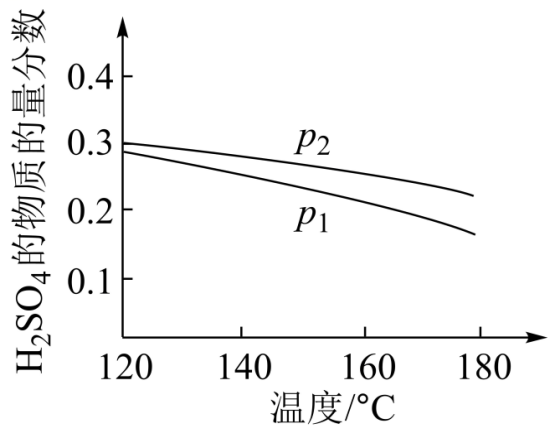


(1)反应Ⅰ：2H2SO4(l)=2SO2(g)+2H2O(g)+O2(g)  ΔH1=+551 kJ·mol-1

反应Ⅲ：S(s)+O2(g)=SO2(g)  ΔH3=-297 kJ·mol-1

反应Ⅱ的热化学方程式： 。

(2)对反应Ⅱ，在某一投料比时，两种压强下，H2SO4在平衡体系中物质的量分数随温度的变化关系如图所示。



p2 p 1(填“>”或“<”)，得出该结论的理由是 。

(3)I-可以作为水溶液中SO2歧化反应的催化剂，可能的催化过程如下。将ii补充完整。

i．SO2+4I-+4H+=S↓+2I2+2H2O

ii．

I2+2H2O+\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_=\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_+\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_+2 I-

(4)探究i、ii反应速率与SO2歧化反应速率的关系，实验如下：分别将18 mL SO2饱和溶液加入到2 mL下列试剂中，密闭放置观察现象。(已知：I2易溶解在KI溶液中)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | A | B | C | D |
| 试剂组成 | 0.4 mol·L-1 KI | a mol·L-1 KI  0.2 mol·L-1 H2SO4 | 0.2 mol·L-1 H2SO4 | 0.2 mol·L-1 KI  0.0002 mol I2 |
| 实验现象 | 溶液变黄，一段时间后出现浑浊 | 溶液变黄，出现浑浊较A快 | 无明显现象 | 溶液由棕褐色很快褪色，变成黄色，出现浑浊较A快 |

①B是A的对比实验，则a= 。

②比较A、B、C，可得出的结论是 。

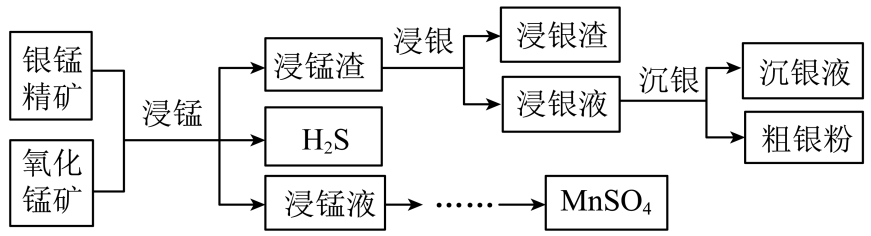
③实验表明，SO2的歧化反应速率D>A，结合i、ii反应速率解释原因：

(5)一定温度下，反应I2(g)+H2(g)⇌2Hl(g)在密闭容器中达到平衡时，测得c(I2)=0.11mmol•L-1，c(H2)=0.11mmol•L-1，c(HI)=0.78mmol•L-1.相同度温下，按下列4组初始浓度进行实验，反应逆向进行的是 。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | B | C | D |
| c(I2)/mmol•L-1 | 1.00 | 0.22 | 0.44 | 0.11 |
| c(H2)/mmol•L-1 | 1.00 | 0.22 | 0.44 | 0.44 |
| c(HI)/mmol•L-1 | 1.00 | 1.56 | 4.00 | 1.56 |

(注：1mmol•L-1=10-3mol•L-1)

Ⅱ.以银锰精矿(主要含Ag2S、MnS、FeS2)和氧化锰矿(主要含MnO2)为原料联合提取银和锰的一种流程示意图如下。



已知：酸性条件下，MnO2的氧化性强于Fe3+。

“浸银”时，使用过量FeCl3、HCl和CaCl2的混合液作为浸出剂，将Ag2S中的银以[AgCl2]-形式浸出。

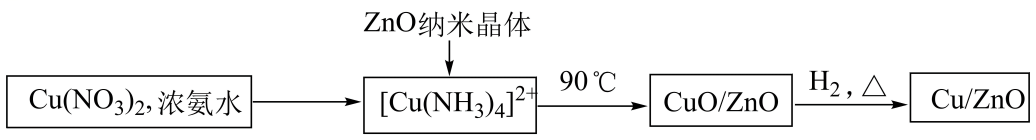
(6)将“浸银”反应的离子方程式补充完整：

□Fe3+ + Ag2S + □ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ □ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ + 2[AgCl2]- + S

(7)结合平衡移动原理，解释浸出剂中Cl-、H+的作用： 。

25．（23-24高三上·北京海淀·阶段练习）以CO2为原料合成甲醇可以减少CO2的排放，实现碳的循环利用。一种Cu/ZnO 催化剂对该反应有良好的催化效果。

I．催化剂的合成



(1)氨水与Cu(NO3)2的反应 (填“属于”或“不属于”)氧化还原反应。

(2)补全上述过程中生成CuO 的离子方程式：

[Cu(NH3)4]2++H2OCuO↓+

Ⅱ.催化剂的性能测试

一定条件下使 CO₂、H₂混合气体通过反应器，检测反应器出口气体的成分及其含量，计算CO2的转化率和CH₃OH的选择性以评价催化剂的性能。

已知：i． 反应器内发生的反应有：

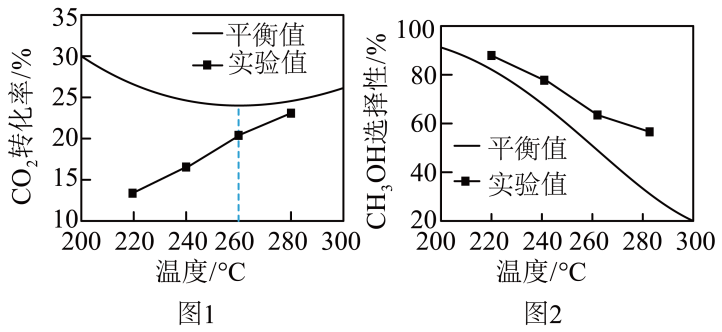
ii． CH₃OH选择性 

CO2(g)+3H2(g)CH3OH(g)+H2O(g) ΔH=-49.5kJ/mol

CO2(g)+H2(g)CO(g)+H2O(g) ΔH=+41.2kJ/mol

(3)220℃时，测得反应器出口气体中全部含碳物质的物质的量之比n(CH3OH)：n(CO2)：n(CO)=1：7.20：0.11，则该温度下CO2转化率= ×100％(列出计算式)。

(4)其他条件相同时，反应温度对CO2的转化率和 CH3OH的选择性的影响如下图所示：



①由图1可知实验中反应均未达到化学平衡状态的依据是

②温度高于260℃时，CO2平衡转化率变化的原因是

③温度相同时，CH3OH选择性的实验值略高于其平衡值(见图２)，从化学反应速率的角度解释原因： 。