

反应原理综合题点点突破(三)——化学平衡图像、最佳反应条件

一、知识总结 & 方法技巧

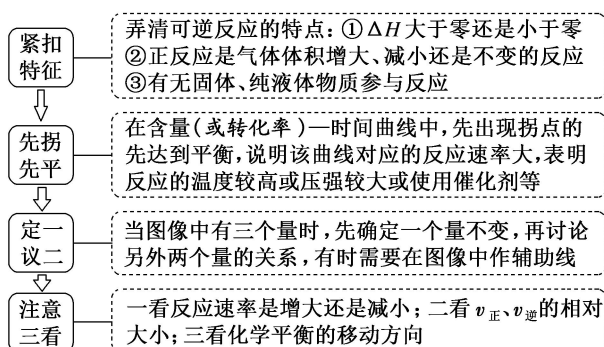
1. 图像题的审题要领

A: 看题干, 明方向: 看清题目要求, 在题干中圈出关键词, 明确是速率问题还是平衡移动问题, 分清楚是“恒温恒压”还是“恒温恒容”, 或其他限制条件。

B: 识图表, “面、点、线”

识图是解题的基础, ①面即坐标系, 明晰横、纵坐标所表示的化学含义, 这是理解题意和进行正确思维的前提。明晰坐标含义, 也就是用变量的观点分析坐标, 找出横、纵坐标的关系, 再结合教材, 联系相应的知识点。②找点: 找出曲线中的特殊点(起点、顶点、拐点、终点、交叉点、平衡点等), 分析这些点所表示的化学意义以及影响这些点的主要因素及限制因素等, 大多考题就落在这些点的含义分析上, 因为这些点往往隐含着某些限制条件或某些特殊的化学含义。③析线: 正确分析曲线的走向、变化趋势(上升、下降、平缓、转折等), 同时对走势有转折变化的曲线, 要分区段进行分析, 研究找出各段曲线的变化趋势及其含义。

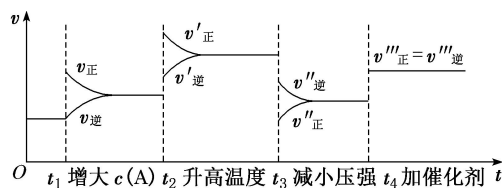
2. 化学平衡图像题的解题流程



3. 化学平衡图像的三种类型

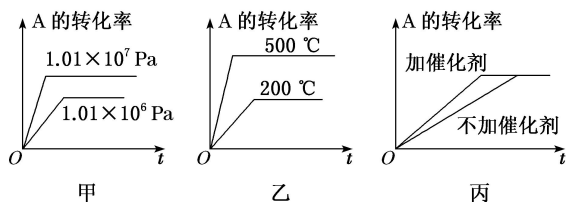
对于反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$, $m+n > p+q$, 且 $\Delta H > 0$ 。

(1) 速率—时间图



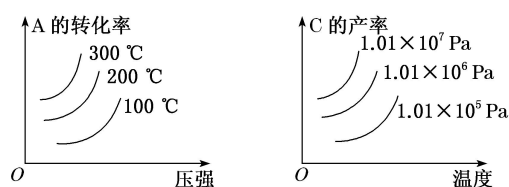
t_1 时增大反应物的浓度, 正反应速率瞬间增大, 然后逐渐减小, 而逆反应速率逐渐增大; t_2 时升高温度, 对任何反应, 正反应和逆反应速率均增大, 吸热反应的正反应速率增大较快; t_3 时减小压强, 正反应速率和逆反应速率均减小; t_4 时使用催化剂, 正反应速率和逆反应速率均瞬间增大。

(2) 转化率(或含量)一时间图



甲表示压强对反应物转化率的影响, 对于气体反应物化学计量数之和大于气体生成物化学计量数之和的反应, 压强越大, 反应物的转化率越大; 乙表示温度对反应物转化率的影响, 对于吸热反应, 温度越高, 反应物的转化率越大; 丙表示催化剂对反应物转化率的影响, 催化剂只能改变化学反应速率, 不能改变平衡时反应物的转化率。

(3) 恒压(温)线



分析时可沿横轴作一条平行于纵轴的虚线, 即为等压线或等温线, 然后分析另一条件变化对该反应的影响。

二、巩固提升

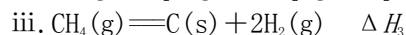
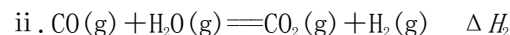
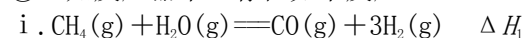
题组一 陌生图像的分析与应用

1. [2019·北京, 27(1)]氢能源是最具应用前景的能源之一, 高纯氢的制备是目前的研究热点。

甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

①反应器中初始反应的生成物为 H_2 和 CO_2 , 其物质的量之比为 4:1, 甲烷和水蒸气反应的方程式是_____。

②已知反应器中还存在如下反应:



.....

iii 为积炭反应, 利用 ΔH_1 和 ΔH_2 计算 ΔH_3 时, 还需要利用_____反应的 ΔH 。

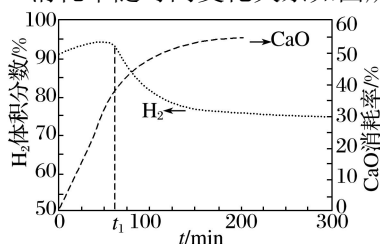
③反应物投料比采用 $n(H_2O):n(CH_4)=4:1$, 大于初始反应的化学计量数之比, 目的是_____ (选填字母序号)。

a. 促进 CH_4 转化

b. 促进 CO 转化为 CO_2

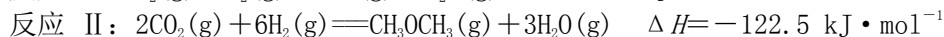
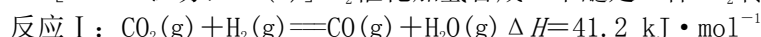
c. 减少积炭生成

④用 CaO 可以去除 CO_2 。 H_2 体积分数和 CaO 消耗率随时间变化关系如图所示。



从 t_1 时开始, H_2 体积分数显著降低, 单位时间 CaO 消耗率_____ (填“升高”“降低”或“不变”)。此时 CaO 消耗率约为 35%, 但已失效, 结合化学方程式解释原因:_____。

2. [2019·江苏, 20(3)] CO_2 催化加氢合成二甲醚是一种 CO_2 转化方法, 其过程中主要发生下列反应:



在恒压、 CO_2 和 H_2 的起始量一定的条件下, CO_2 平衡转化率和平衡时 CH_3OCH_3 的选择性随温度的变化如图 3。

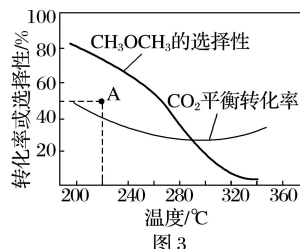


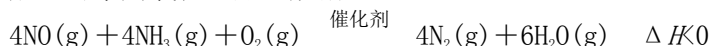
图 3

其中: CH_3OCH_3 的选择性 = $\frac{2 \times CH_3OCH_3 \text{ 的物质的量}}{\text{反应的 } CO_2 \text{ 的物质的量}} \times 100\%$

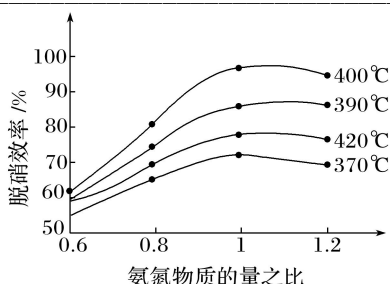
①温度高于 300 °C, CO_2 平衡转化率随温度升高而上升的原因是_____。

②220 °C 时, 在催化剂作用下 CO_2 与 H_2 反应一段时间后, 测得 CH_3OCH_3 的选择性为 48% (图中 A 点)。不改变反应时间和温度, 一定能提高 CH_3OCH_3 选择性的措施有_____。

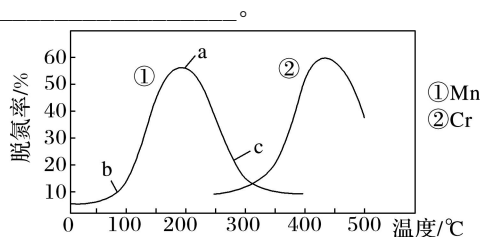
3. (2018·湖北八市 3 月联考) 汽车尾气是雾霾形成的原因之一。研究氮氧化物的处理方法可有效减少雾霾的形成, 可采用氧化还原法脱硝:



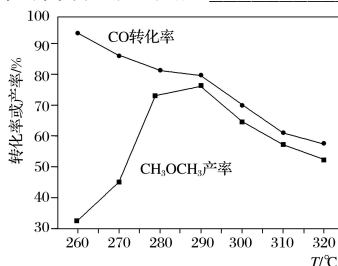
根据下图判断提高脱硝效率的最佳条件是_____; 氨氮比一定时, 在 400 °C 时, 脱硝效率最大, 其可能的原因是_____。



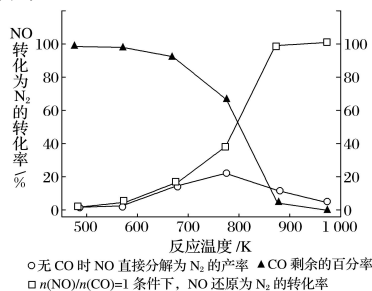
4. 下图是在一定时间内,使用不同催化剂 Mn 和 Cr 在不同温度下对应的脱氮率,由图可知工业使用的最佳催化剂为____、相应温度为____;使用 Mn 作催化剂时,脱氮率 b~a 段呈现如图变化的可能原因是_____。



5. 采用一种新型的催化剂(主要成分是 Cu—Mn 的合金),利用 CO 和 H₂ 制备二甲醚,反应为 $4\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。有研究者在压强为 5.00 MPa 的条件下,将 H₂ 和 CO 反应直接制备二甲醚,结果如下图所示,其中 CO 的转化率随温度升高而降低的原因是_____。



6. 汽车使用乙醇汽油并不能减少 NO_x 的排放,某研究小组在实验室以耐高温试剂 Ag—ZSW—5 催化,测得 NO 转化为 N₂ 的转化率随温度变化情况如下图所示。

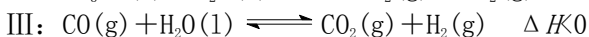
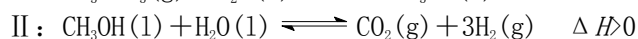
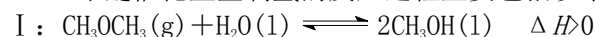


(1) 在 $\frac{n}{n} \frac{\text{NO}}{\text{CO}} = 1$ 条件下,最佳温度应控制在_____左右。

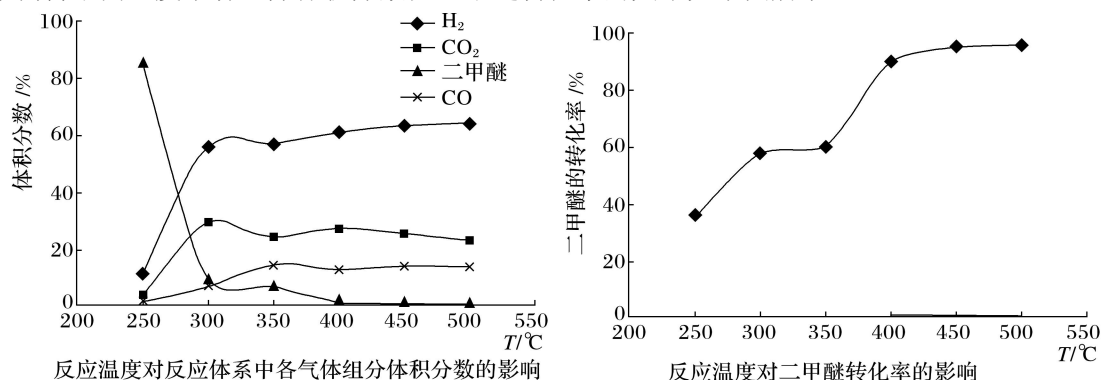
(2) 若不使用 CO,温度超过 775 K,发现 NO 的分解率降低,其可能的原因为_____。

(3) 用平衡移动原理解释为什么加入 CO 后 NO 转化为 N₂ 的转化率增大:_____。

7. 二甲醚催化重整制氢的反应过程主要包括以下几个反应(以下数据为 25 °C、1.01×10⁵Pa 测定):



工业生产中测得不同温度下各组分体积分数及二甲醚转化率的关系如下图所示:



你认为反应控制的佳温度应为_____ (填字母)。

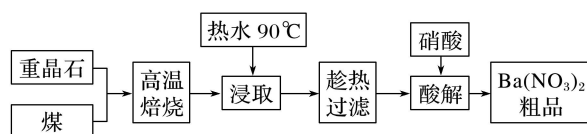
A. 300~350 °C

B. 350~400 °C

C. 400~450 °C

D. 450~500 °C

8. 重晶石主要成分为 BaSO_4 , 含少量的 SiO_2 、 CaO 和 MgO 杂质, 以下是一种制取 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 的工业流程。



焙烧过程中主反应为: $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{BaS} + 4\text{CO} \uparrow$, 除此以外还可能有 BaCO_3 等副产物生成, 通过改变温度以及煤粉的用量可减少副反应发生。

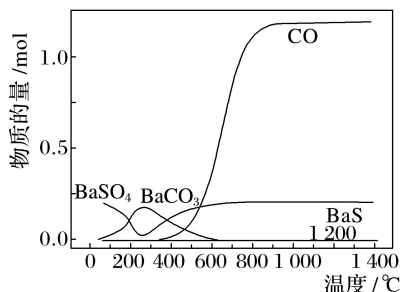


图1 反应温度对平衡组成的影响

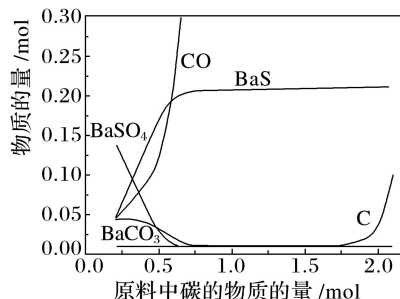


图2 原料中碳的物质的量对平衡组成的影响

(1) 依据图1判断生成 BaS 的反应是_____ (填“放热”或“吸热”) 反应; 反应温度至少应控制在_____ 以上。

(2) 控制 BaSO_4 的量不变, 改变 C 的量, 测得原料中碳的物质的量对平衡组成的影响如图2所示, 判断原料中 $\frac{n(\text{C})}{n(\text{BaSO}_4)}$ 至少为_____ (填字母)。 a. 1.5 b. 2.0 c. 3.75

9. 以乙烯 (C_2H_4) 作为还原剂脱硝 (NO), 脱硝机理如图1, 则总反应的化学方程式为_____ ; 脱硝率与温度、负载率 (分子筛中催化剂的质量分数) 的关系如图2, 为达到最佳脱硝效果, 应采用的条件是_____。

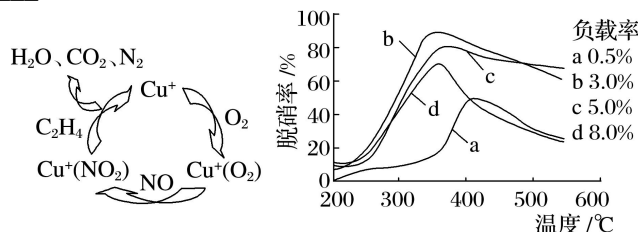


图1

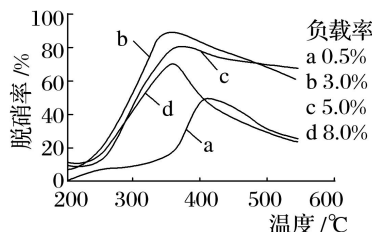


图2

10. 在密闭容器中充入 5 mol CO 和 4 mol NO , 发生反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H_1 = -746.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 图1为平衡时 NO 的体积分数与温度、压强的关系。

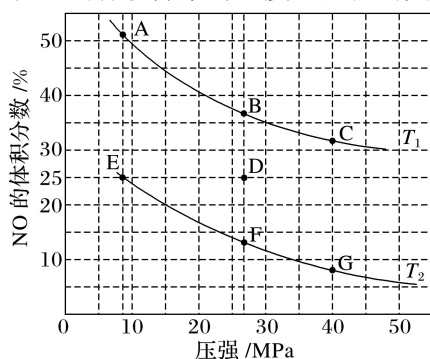


图1

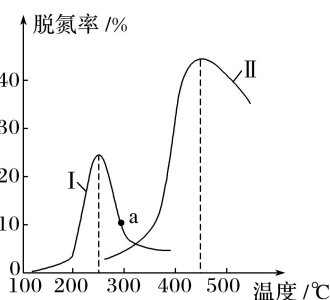


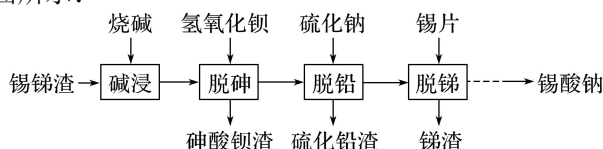
图2

(1) 温度: T_1 _____ (填“<”或“>”) T_2 。

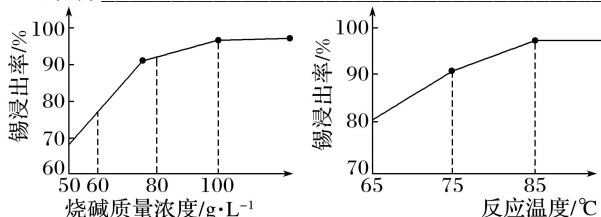
(2) 若在 D 点对反应容器升温的同时扩大体积使体系压强减小, 重新达到的平衡状态可能是图中 A~G 点中的_____ 点。

(3) 某研究小组探究催化剂对 CO 、 NO 转化的影响。将 NO 和 CO 以一定的流速通过两种不同的催化剂进行反应, 相同时间内测量逸出气体中 NO 含量, 从而确定尾气脱氮率 (脱氮率即 NO 的转化率), 结果如图2所示。若低于 200°C , 图2中曲线 I 脱氮率随温度升高而变化不大的主要原因为_____ ; a 点_____ (填“是”或“不是”) 对应温度下的平衡脱氮率, 说明其理由_____。

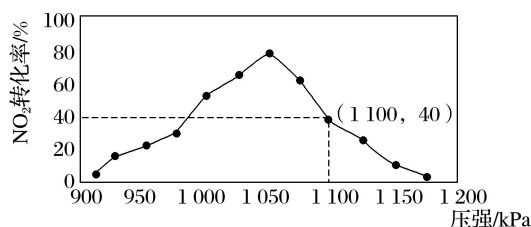
11. 锡酸钠可用于制造陶瓷电容器的基体、颜料和催化剂。以锡锑渣(主要含 Sn、Sb、As、Pb 的氧化物)为原料, 制备锡酸钠的工艺流程图如下图所示:



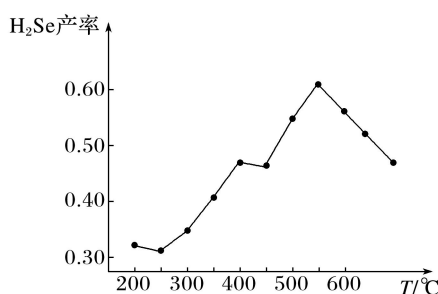
从溶液中得到锡酸钠晶体的实验操作是_____、趁热过滤、洗涤、干燥。下图是“碱浸”实验的参数, 请选择“碱浸”的合适条件_____。



12. 某实验室模拟反应 $2C(s) + 2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 2CO_2(g)$ $\Delta H = -64.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 在密闭容器中加入足量的 C 和一定量的 NO_2 气体, 维持温度为 T °C, 如图为不同压强下该反应经过相同时间 NO_2 的转化率随着压强变化的示意图。请从动力学角度分析, 1 050 kPa 前, 反应中 NO_2 转化率随着压强增大而增大的原因_____; 在 1 100 kPa 时, NO_2 的体积分数为_____。

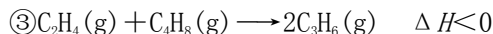
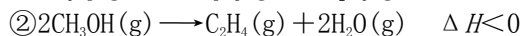
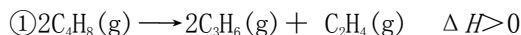


13. T °C 时, 向一恒容密闭容器中加入 3 mol H_2 和 1 mol Se, 发生反应:
 $H_2(g) + Se(s) \rightleftharpoons H_2Se(g)$ $\Delta H < 0$, 温度对 H_2Se 产率的影响如图:



550 °C 时 H_2Se 产率最大的原因:_____。

14. 将甲醇转化耦合到丁烯裂解过程中生产丙烯, 主要涉及下列反应:



已知: 甲醇吸附在催化剂上, 可以活化催化剂; 甲醇浓度过大也会抑制丁烯在催化剂上的转化。

(1) 图 1 是 C_3H_6 及某些副产物的产率与 $\frac{n}{n} \frac{CH_3OH}{C_4H_8}$ 的关系曲线。最佳的 $\frac{n}{n} \frac{CH_3OH}{C_4H_8}$ 约为_____。

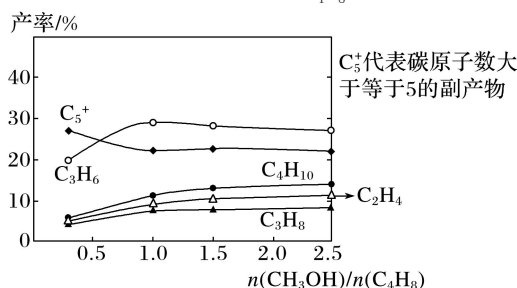


图 1

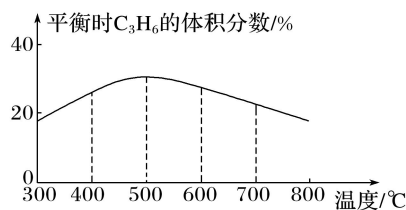
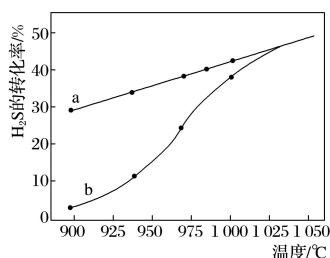


图 2

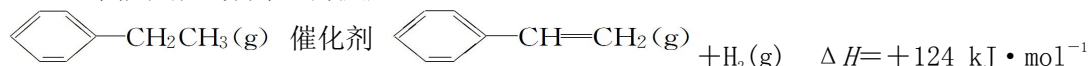
(2) 图 2 是某压强下, 将 CH_3OH 和 C_4H_8 按一定的物质的量之比投料, 反应达到平衡时 C_3H_6 的体积分数随温度的变化曲线。由图可知平衡时 C_3H_6 的体积分数随温度的升高呈现先升高后降低, 其原因可能是_____。

15. 已知 H_2S 高温热分解制 H_2 的反应如下: $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g})$ 。在恒容密闭容器中, 控制不同温度进行 H_2S 的分解实验。

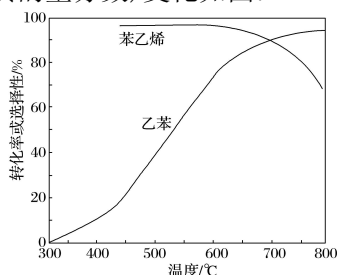


以 H_2S 的起始浓度均为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 测定 H_2S 的转化率, 结果如图所示。图中曲线 a 为 H_2S 的平衡转化率与温度关系曲线, 曲线 b 表示不同温度下反应经过相同时间且未达到化学平衡时 H_2S 的转化率。请说明随温度的升高, 曲线 b 向曲线 a 逼近的原因: _____。

16. 乙苯催化脱氢制苯乙烯反应:



工业上, 通常在乙苯蒸气中掺混水蒸气(原料气中乙苯和水蒸气的物质的量之比为 1:9), 控制反应温度 600°C , 并保持体系总压为常压的条件下进行反应。在不同反应温度下, 乙苯的平衡转化率和某催化剂作用下苯乙烯的选择性(指除了 H_2 以外的产物中苯乙烯的物质的量分数)变化如图:



(1) 掺入水蒸气能提高乙苯的平衡转化率, 解释说明该事实: _____。

(2) 控制反应温度为 600°C 的理由是 _____。

17. 已知 CO_2 催化加氢合成乙醇的反应原理为: $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。

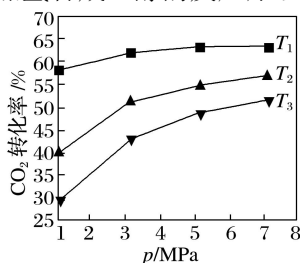


图 1

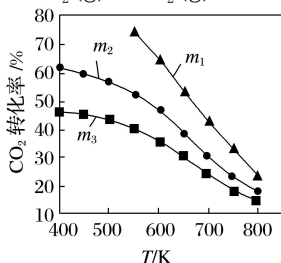


图 2

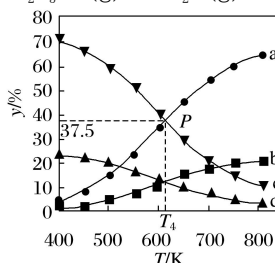


图 3

(1) 图 1、图 2 分别是 CO_2 的平衡转化率随压强及温度的变化关系, 已知 m 为起始时的投料比, 即 $m = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}_2}}$ 。

① 图 1 中投料比相同, 温度从高到低的顺序为 _____, 判断依据是 _____。② 图 2 中 m_1 、 m_2 、 m_3 从大到小的顺序为 _____, 判断依据是 _____。

(2) 图 3 表示在总压为 5 MPa 的恒压条件下, 且 $m=3$ 时, 平衡状态时各物质的物质的量分数与温度的关系。则曲线 d 代表的物质为 _____ (填化学式), T_4 温度时, 该反应的平衡常数 $K_p = \frac{p_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}^3}{p_{\text{CO}_2}^2 \cdot p_{\text{H}_2}^6}$ (提示: 用平衡分压代替平衡浓度来计算, 某组分平衡分压 = 总压 $\times$ 该组分的物质的量分数, 结果保留小数点后三位)。

18. (2018 · 大连模拟) 甲醇是一种重要的试剂, 氢气和二氧化碳在一定条件下可合成甲醇: $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 在某密闭容器中充入 3 mol 氢气和 1 mol 二氧化碳, 测得混合气体中甲醇的体积分数与温度的关系如图 A 所示:

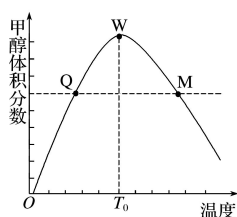


图 A

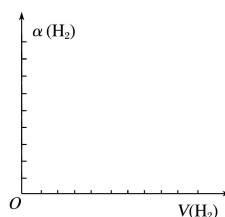


图 B

试回答下列问题:

(1) 该反应是_____ (填“放热”或“吸热”) 反应。该反应平衡常数的表达式为_____, 为了降低合成甲醇的成本可以采用的措施是_____ (任意写出一条合理的建议)。

(2) 解释 $0 \sim T_0$ 内, 甲醇的体积分数变化趋势:

(3) 氢气在 Q 点的转化率_____ (填“大于”“小于”或“等于”, 下同) 氢气在 W 点的转化率; 其他条件相同, 甲醇在 Q 点的正反应速率_____ 甲醇在 M 点的正反应速率。

(4) 图 B 表示氢气转化率 $\alpha(\text{H}_2)$ 与投料比 $\frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{CO}_2)}$ 的关系, 请在图 B 中画出两条变化曲线并标出曲线对应的条件, 两条曲线对应的条件分别为: 一条曲线对应的压强是 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$; 另一条曲线对应的压强是 $3.03 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。(其他条件相同)

19. CO 是合成尿素、甲酸的原料。

(1) 在 100 kPa 和 $T \text{ K}$ 下, 由稳定单质生成 1 mol 化合物的焓变称为该物质在 $T \text{ K}$ 时的标准摩尔生成焓, 用符号 ΔH° 表示。已知石墨和一氧化碳的燃烧热分别为 $393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{CO}(\text{g})$ 的 $\Delta H^\circ =$ _____。

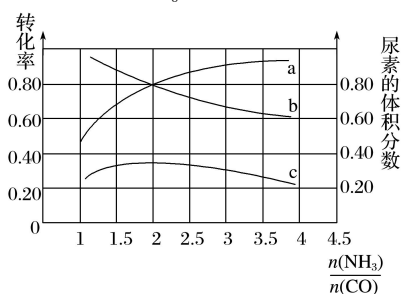
(2) 合成尿素的反应: $2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -81.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $T^\circ \text{C}$ 时, 在体积为 2 L 的恒容密闭容器中, 将 2 mol 的 NH_3 和 1 mol CO 混合反应, 5 min 时, NH_3 的转化率为 80% 。则 $0 \sim 5 \text{ min}$ 平均反应速率为 $v(\text{CO}) =$ _____。

已知:

温度/K	398	498	...
平衡常数(K)	126.5	K_1	...

则: K_1 _____ (填“>”或“<”) 126.5 ; 其判断理由是_____。

若保持恒温恒容条件, 将物质的量之和为 3 mol 的 NH_3 和 CO 以不同的氨碳比进行反应, 结果如图所示:

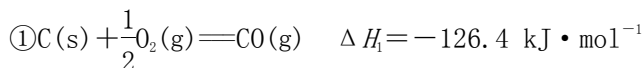


①若图中 c 表示平衡体系中尿素的体积分数, 则 a 表示_____的转化率。

②当 $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{CO})} =$ _____ 时, 尿素含量最大; 此时, 对于该反应既能增大反应速率又能使平衡正向移动的措施是_____ (写一种)。

20. (2018 · 山西省重点中学高三理综) 碳及其化合物与人类生产、生活密切相关。请回答下列问题:

(1) 在化工生产过程中, 少量 CO 的存在会引起催化剂中毒。为了防止催化剂中毒, 常用 SO_2 将 CO 氧化, SO_2 被还原为 S。已知:



则 SO_2 氧化 CO 的热化学方程式为_____。

(2) CO 可用于合成甲醇, 反应方程式为 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 。

①CO 在不同温度下的平衡转化率与压强的关系如图 1 所示, 该反应的 ΔH _____ (填“>”或“<”) 0 。

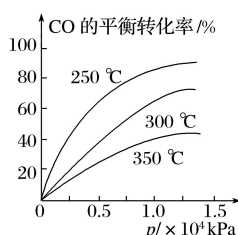


图 1

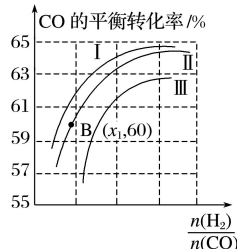


图 2

图 2 表示 CO 的平衡转化率与起始投料比 $[\frac{n}{n} \frac{H_2}{CO}]$ 、温度的变化关系, 测得 B(x₁, 60) 点氢气的转化率为 40%, 则

$$X_1 = \underline{\hspace{2cm}} \circ$$

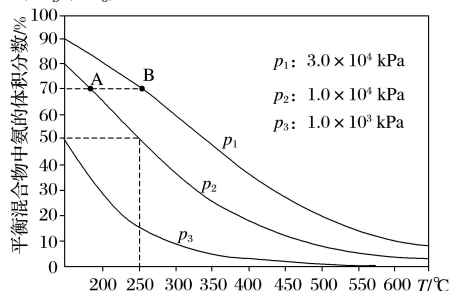
②一定条件下，将 2 mol CO 和 2 mol H_2 置于容积为 2 L 固定的密闭容器中发生上述反应，反应达到平衡时 CO 与 H_2 体积之比为 2:1，则平衡常数 $K=$ _____。

21. 德国化学家哈伯从 1902 年开始研究由氮气和氢气直接合成氨, 反应原理为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(1) 在恒温恒容条件下，向反应平衡体系中充入氮气，达到新平衡时， $c(\text{H}_2)$ 将_____ (填“增大”“减小”“不变”或“无法判断”，下同)， $c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)$ 将_____。

(2)工业上可用 CH_4 与水蒸气制氢气： $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 。在 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 时 2 L 的密闭容器中，将 1 mol CH_4 和 $1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 混合，达到平衡时 CH_4 的转化率为 80% 。则 $200\text{ }^\circ\text{C}$ 时该反应的平衡常数 $K =$ (保留一位小数)。

(3) 如图为合成氨反应在不同温度和压强、使用相同催化剂条件下，初始时氮气、氢气的体积比为 1:3 时，平衡混合物中氨的体积分数。若分别用 $v_A(\text{NH}_3)$ 和 $v_B(\text{NH}_3)$ 表示从反应开始至达平衡状态 A、B 时的化学反应速率，则 $v_A(\text{NH}_3)$ (填 “>” “<” 或 “=”) $v_B(\text{NH}_3)$ 。

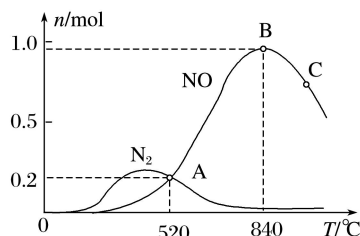


22. (1) (2018·长春一模) 氨催化氧化时会发生两个竞争反应:

反应 I: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -905.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\text{反应 II: } 4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1\,266.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

为分析某催化剂对该反应的选择性，在 1 L 密闭容器中充入 1 mol NH_3 和 2 mol O_2 ，测得有关物质的量关系如下图所示：



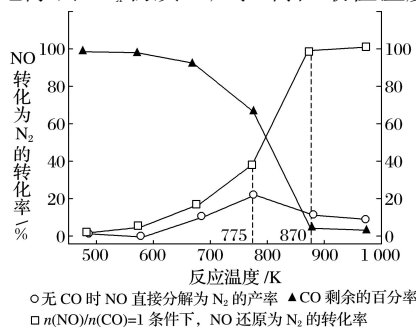
①该催化剂在低温时选择反应 (填“Ⅰ”或“Ⅱ”)。

②520 ℃时, $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 平衡常数 $K =$ _____ (不要求得出计算结果, 只需列出数字计算式)。

③C 点比 B 点所产生的 NO 的物质的量少的主要原因是

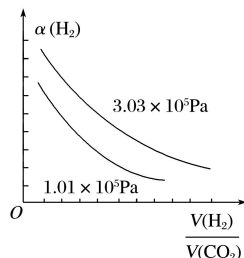
(2) 汽车使用乙醇汽油并不能减少 NO_x 的排放, 这使 NO_x 的有效消除成为环保领域的重要课题。某研究性小组在实验室以 Ag-ZSM-5 为催化剂, 测得 NO 转化为 N_2 的转化率随温度变化情况如图所示。若不使用 CO , 温度超过 775 K , 发现 NO 的分解率降低, 其可能的原因为

在 $n(\text{NO})/n(\text{CO})=1$ 的条件下, 为更好地除去 NO_x 物质, 应控制在最佳温度在 K 左右。



习题答案

- ① $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ ② $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ [或 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$] ③abc
④降低 $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$, CaCO_3 覆盖在 CaO 表面, 减少了 CO_2 与 CaO 的接触面积
- ①反应 I 的 $\Delta H > 0$, 反应 II 的 $\Delta H < 0$, 温度升高使 CO_2 转化为 CO 的平衡转化率上升, 使 CO_2 转化为 CH_3OCH_3 的平衡转化率下降, 且上升幅度超过下降幅度
②增大压强、使用对反应 II 催化活性更高的催化剂
- 在氨氮物质的量之比为 1, 温度在 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 脱硝效率最大 在 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 时催化剂的活性最好, 催化效率最高, 同时 $400\text{ }^\circ\text{C}$ 温度较高, 反应速率快
- Mn $200\text{ }^\circ\text{C}$ 左右 b~a 段, 开始温度较低, 催化剂活性较低, 脱氮反应速率较慢, 反应还没达到化学平衡, 随着温度升高反应速率变大, 一定时间参与反应的氮氧化物变多, 导致脱氮率逐渐升高
- 该反应为放热反应, 温度升高, 平衡逆向移动, 导致 CO 转化率降低
- (1) 870 K ($860\sim 880\text{ K}$ 范围内都可以) (2)该反应放热, 升高温度, 反应向逆反应方向进行 (3)加入的 CO 会与 NO 的分解产物 O_2 发生反应, 促进 NO 分解平衡向生成 N_2 的方向移动, 导致 NO 转化率升高
- C
- (1)吸热 $600\text{ }^\circ\text{C}$ (2)c
- $6\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{C}_2\text{H}_4 \xrightleftharpoons{\text{Cu}^+} 3\text{N}_2 + 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ $350\text{ }^\circ\text{C}$ 左右、负载率 3.0%
- (1)> (2)A (3)温度较低时, 催化剂的活性偏低 不是 该反应为放热反应, 根据线 II 可知, a 点对应温度下的平衡脱氮率应该更高
- 蒸发结晶 烧碱浓度为 $100\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、温度为 $85\text{ }^\circ\text{C}$
- 1050 kPa 前反应未达平衡状态, 随着压强增大, 反应速率加快, NO_2 转化率提高 50%
- 低于 $550\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 温度越高反应速率越快, H_2Se 的产率越大; 高于 $550\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 反应达到平衡, 该反应为放热反应, 温度升高平衡逆向移动, H_2Se 的产率越小
- (1)1.0 (2) $300\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 丁烯裂解(反应①)为主要反应, 是吸热反应, 升高温度, 平衡正移, 使 C_3H_6 的体积分数增大; 温度高于 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 反应②③均为主要反应, 是放热反应, 升高温度, 平衡逆移, 使 C_3H_6 的体积分数降低, 同时温度升高易发生副反应, C_3H_6 可能转化为 C_2H_4 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、 C_2H_6 等, 使 C_3H_6 的体积分数降低
- 温度升高, 反应速率加快, 达到平衡所需的时间缩短, 故曲线 b 向曲线 a 靠近
- (1)正反应方向气体分子数增加, 加入水蒸气稀释, 相当于起减压的效果
(2) $600\text{ }^\circ\text{C}$, 乙苯的转化率和苯乙烯的选择性均较高。温度过低, 反应速率慢, 转化率低; 温度过高, 选择性下降, 高温还可能使催化剂失活, 且能耗大
- (1)① $T_3 > T_2 > T_1$ 正反应放热, 升高温度平衡逆向移动, 温度越高, CO_2 的平衡转化率越小, 所以 $T_3 > T_2 > T_1$
② $m_1 > m_2 > m_3$ 保持 $n(\text{CO}_2)$ 不变, 增大 $n(\text{H}_2)$, 平衡正向移动, CO_2 的平衡转化率增大, 所以 $m_1 > m_2 > m_3$ (2) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 0.243
- (1)放热 $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c^3(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)}$ 增加 CO_2 的充入量(合理即可)
(2)温度低于 T_0 时, 反应未达到平衡, 反应正向进行, 使甲醇的体积分数逐渐增大
(3)小于 小于
(4)如图所示



- (1) $-110.5\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
(2) $0.08\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} <$ 合成尿素的反应为放热反应, 温度升高, 平衡逆向移动, K 减小 ① CO
②2 按物质的量之比为 2:1 加入 NH_3 和 CO
- (1) $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -237.4\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
(2)①< 3 ②4.5
- (1)减小 增大 (2)69.1 (3)<
- (1)①II ② $\frac{0.2^2 \times 0.9^6}{0.4^4 \times 1.45^3}$ ③该反应为放热反应, 温度升高, 平衡向左(逆反应方向)移动
(2) NO 分解反应是放热反应, 升高温度不利于反应正向进行 870