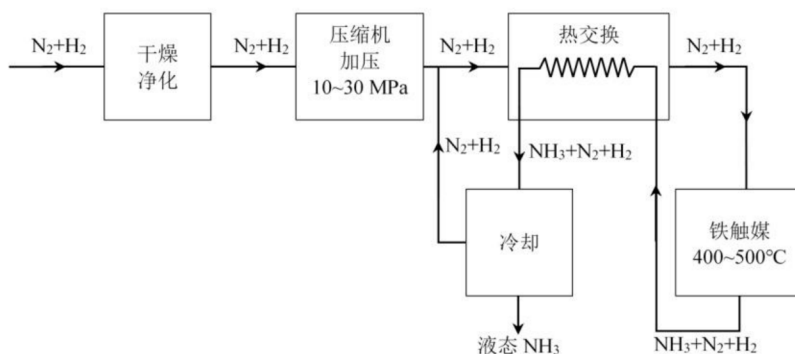


工业合成氨

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____

一、不定项选择题

- 下列关于合成氨工业的描述中，错误的是
 - 可用 CH_4 为原料制取 H_2
 - 实际生产中维持氢氮比为 2.8~2.9
 - 合成塔中通过热交换器提高能效
 - 通过溶于水的方法分离产生的 NH_3
- 合成氨工业中采用循环操作，主要是为了
 - 增大化学反应速率
 - 提高平衡混合物中氨的含量
 - 降低氨的沸点
 - 提高氮气和氢气的利用率
- 下列有关合成氨工业的说法中正确的是
 - 铁催化剂可加快反应速率 且有利于化学平衡向合成氨的方向移动
 - 升高温度可以加快反应速率 且有利于化学平衡向合成氨的方向移动
 - 增大压强能缩短达到平衡状态所用的时间
 - 合成氨采用的压强是 10~30MPa，因为该压强下铁催化剂的活性最高
- 合成氨反应为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列有关该反应的说法正确的是
 - 催化剂增大了正、逆反应的活化能
 - 升高温度，该反应的平衡常数减小
 - 正反应的活化能小于逆反应的活化能
 - 低温、高压和催化剂，均可提高 H_2 的平衡转化率
- 下列有关合成氨反应的说法正确的是
 - 反应的 $\Delta S < 0$
 - 反应的 $\Delta H = 1 \cdot E(\text{N}=\text{N}) - 3E(\text{H}-\text{H}) - 6E(\text{N}-\text{H})$ (E 表示键能)
 - 反应中每消耗 1mol H_2 转移电子的数目约等于 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$
 - 采用 400~500°C 条件，不仅能提高化学反应速率，还能增大反应物的平衡转化率
- 氨对发展农业有着重要意义，也是重要的化工原料。合成氨的生产流程示意如下。



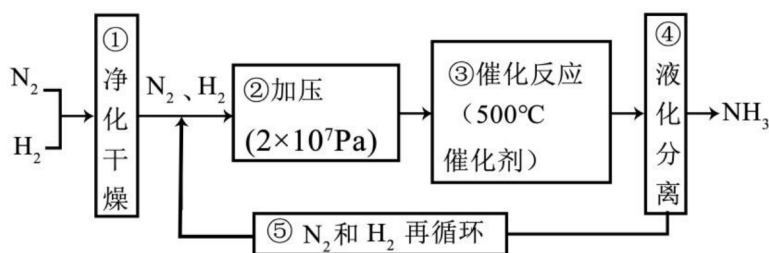
下列说法不正确的是

- A. 使用铁催化剂既可提高合成氨的反应速率，又可提高氨气的产率
- B. 合成氨一般选择 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 进行，主要是让铁催化剂的活性最大，平衡转化率高
- C. 热交换的目的是预热原料气，同时对合成的氨气进行降温利于液化分离
- D. 不选择过高压强的主要原因是压强越大，对材料的强度和设备的制造要求越高

二、填空题

7. 截至 2025 年，全球绿色合成氨需求达 10 万吨，氨气产业链正在向高端化、绿色化、智能化方向发展。

I. 传统氨的合成：根据工业合成氨的流程图，回答下列问题。

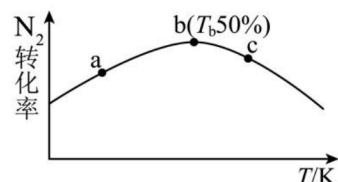


(1) 步骤 _ _ _ (填序号)均有利于提高原料的平衡转化率。

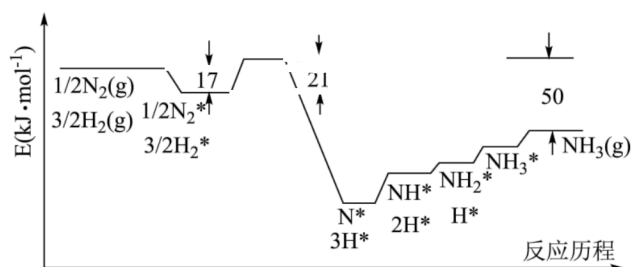
步骤③需将反应温度控制在 500°C 左右的主要原因是 _ _ _ _ _

(2) 向 10L 的恒容密闭容器中通入 2mol N_2 和 6mol H_2 ，在催化剂存在下发生反应，经过的转化率与温度(T)的关系如图所示。下列说法正确的是 _ _ _ _ _。(不定项)

- A. b 点处对应 H_2 转化率最大且速率最快
- B. 与 b 点对应的反应，前 10min 内 $v(\text{H}_2)=0.03 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- C. a 点处对应体系中： $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$
- D. a 点和 b 点的正反应速率比较 $v_{a\text{正}} > v_{b\text{正}}$



(3) 图为 N_2 和 H_2 在固体催化剂表面合成氨反应路径的势能面图(部分数据略)，其中“*”表示被催化剂吸附。



由上图可知：氨气的脱附是 _ _ _ (填“吸热”或“放热”)过程，请写出工业合成氨气的热化学方程式 _ _ _ _ _

该反应是 _ _ _ 反应。

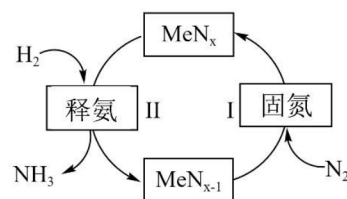
- A. 高温自发
- B. 低温自发
- C. 非自发

II. 改进氨的合成：

(4) 化学链合成氨可实现物质循环。方法如图所示。

已知反应 II 的方程式为： $\text{MeN}_x + \frac{3}{2}\text{H}_2 = \text{MeN}_{x-1} + \text{NH}_3$ ，

则反应 I 的化学方程式为 _ _ _ _ _。



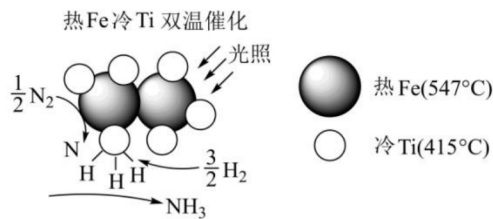
(5) 我国科学家研发出一种新型双温催化剂 $\text{Fe-TiO}_2\text{-xH}_y$,

该催化剂催化合成氨反应(反应体系温度为 495°C)的原理

如图所示。

该催化剂能较好地解决传统合成氨工艺中存在的反应

速率和平衡产率的矛盾, 原因是_____



8. 氨是重要化工原料, 其工业合成原理为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。回答下列问题:

(1) 已知: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -a\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

ii. $4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -b\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (a、b 都大于 0)。

则反应 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____ (含 a、b 的代数式表示)。

(2) 向恒温恒容密闭容器中充入体积比 1:1 的 N_2 和 H_2 , 发生反应 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 。下列情况表明

该反应一定达到平衡状态的是 _____ (不定项选择)。

A. 气体密度不随时间变化

B. 气体平均摩尔质量不随时间变化

C. N_2 的体积分数不随时间变化

D. N_2 和 H_2 的转化率比值不随时间变化

(3) 下列关于 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 的叙述正确的是 _____ (不定项选择)。

A. NH_3 生成速率等于 N_2 消耗速率的 2 倍

B. 若加入高效催化剂, 平衡常数和反应热都会增大

C. 若起始按体积比 1:3 投入 N_2 和 H_2 , 则 N_2 和 H_2 的转化率相等

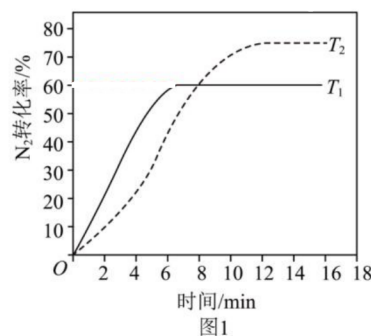
(4) 向 2L 刚性密闭容器中充入 1mol N_2 和 3mol H_2 合成氨, 经历相同

时间测得 N_2 转化率与温度及时间的关系如图 1 所示。

①温度: T_1 _____ T_2 (填“>”或“<”)。

② T_1 温度下, 合成氨反应的平衡常数 K 为 _____ (结果保留

三位有效数字)。



(5) 一定温度下, 向体积可变的密闭容器中充入 1mol N_2 和 4mol H_2 合成 NH_3 , 测得平衡时 NH_3 体积分数

与压强关系如图 2 所示。

①ab 段 NH_3 体积分数增大的原因是 _____

②cd 段 NH_3 体积分数急减的主要原因可能是 _____

