

押广东卷第 19 题

化学反应原理综合题

命题探究

核心考点	考情统计	考向预测	备考策略
气相中的化学平衡	2021·广东卷, 19	考查气相中的化学反应原理, 难点在于 K_p 的考查; 考查液相中的化学反应原理, 难点在于水溶液图像的解读和三大守恒的应用。	1. 重视热化学、氧化还原、物质结构、物质性质等于基础得分点, 确保基础分。 2. 关注 K_p 、 K_c 、三大守恒、图像分析等, 实现难点突破。
液相中的化学平衡	2023·广东卷, 19 2022·广东卷, 19	无论是哪种情况, 热化学、氧化还原、物质结构、物质性质等都属于基础得分点。	

真题回顾

1. (2023 广东卷, 19) 配合物广泛存在于自然界, 且在生产和生活中都发挥着重要作用。

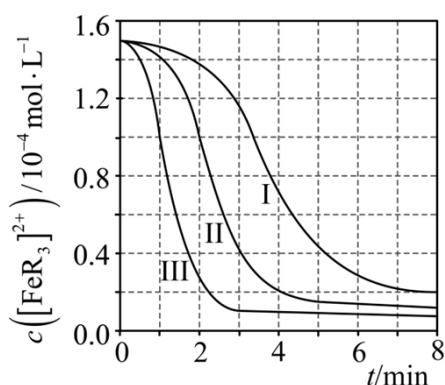
(1) 某有机物 R 能与 Fe^{2+} 形成橙红色的配离子 $[\text{FeR}_3]^{2+}$, 该配离子可被 HNO_3 氧化成淡蓝色的配离子 $[\text{FeR}_3]^{3+}$ 。

①基态 Fe^{2+} 的 3d 电子轨道表示式为_____。

②完成反应的离子方程式: $\text{NO}_3^- + 2[\text{FeR}_3]^{2+} + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{_____} + 2[\text{FeR}_3]^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

(2) 某研究小组对 (1) 中②的反应进行了研究。

用浓度分别为 $2.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $2.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $3.0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HNO_3 溶液进行了三组实验, 得到 $c([\text{FeR}_3]^{2+})$ 随时间 t 的变化曲线如图。



① $c(\text{HNO}_3)=3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，在 0~1 min 内， $[\text{FeR}_3]^{2+}$ 的平均消耗速率=_____。

② 下列有关说法中，正确的有_____。

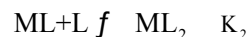
A. 平衡后加水稀释， $\frac{c([\text{FeR}_3]^{2+})}{c([\text{FeR}_3]^{3+})}$ 增大

B. $[\text{FeR}_3]^{2+}$ 平衡转化率： $\alpha_{\text{III}} > \alpha_{\text{II}} > \alpha_{\text{I}}$

C. 三组实验中，反应速率都随反应进程一直减小

D. 体系由橙红色转变为淡蓝色所需时间： $t_{\text{III}} > t_{\text{II}} > t_{\text{I}}$

(3) R 的衍生物 L 可用于分离稀土。溶液中某稀土离子(用 M 表示)与 L 存在平衡：



研究组配制了 L 起始浓度 $c_0(\text{L})=0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、M 与 L 起始浓度比 $c_0(\text{M})/c_0(\text{L})$ 不同的系列溶液，反应平衡后测定其核磁共振氢谱。配体 L 上的某个特征 H 在三个物种 L、ML、 ML_2 中的化学位移不同，该特征 H 对应吸收峰的相对峰面积 S(体系中所有特征 H 的总峰面积计为 1)如下表。

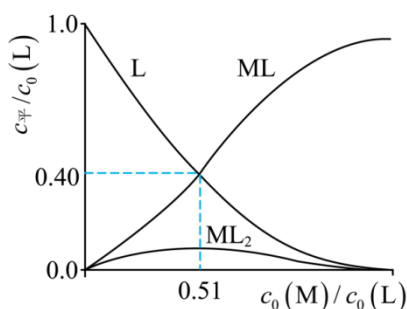
$c_0(\text{M})/c_0(\text{L})$	S(L)	S(ML)	S(ML_2)
0	1.00	0	0
a	x	<0.01	0.64
b	<0.01	0.40	0.60

【注】核磁共振氢谱中相对峰面积 S 之比等于吸收峰对应 H 的原子数目之比；“<0.01”表示未检测到。

① $c_0(\text{M})/c_0(\text{L})=a$ 时， $x= \underline{\hspace{2cm}}$ 。

② $c_0(\text{M})/c_0(\text{L})=b$ 时，平衡浓度比 $c_{\text{平}}(\text{ML}_2):c_{\text{平}}(\text{ML})= \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 研究组用吸收光谱法研究了 (3) 中 M 与 L 反应体系。当 $c_0(\text{L})=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，测得平衡时各物种 $c_{\text{平}}/c_0(\text{L})$ 随 $c_0(\text{M})/c_0(\text{L})$ 的变化曲线如图。 $c_0(\text{M})/c_0(\text{L})=0.51$ 时，计算 M 的平衡转化率_____ (写出计算过程，结果保留两位有效数字)。

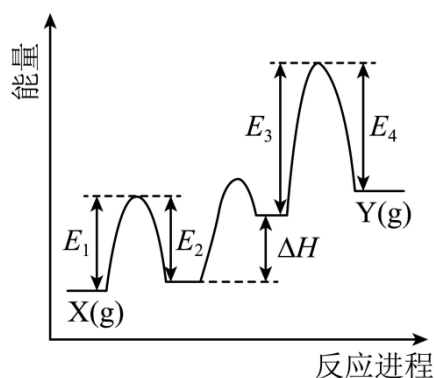


2. (2022 广东卷, 19) 铬及其化合物在催化、金属防腐等方面具有重要应用。

(1) 催化剂 Cr_2O_3 可由 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 加热分解制备, 反应同时生成无污染气体。

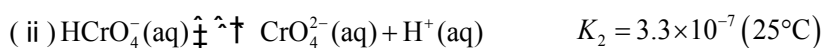
① 完成化学方程式: $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\quad} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$ 。

② Cr_2O_3 催化丙烷脱氢过程中, 部分反应历程如图, $\text{X}(\text{g}) \rightarrow \text{Y}(\text{g})$ 过程的焓变为 $\underline{\hspace{2cm}}$ (列式表示)。



③ Cr_2O_3 可用于 NH_3 的催化氧化。设计从 NH_3 出发经过 3 步反应制备 HNO_3 的路线 $\underline{\hspace{2cm}}$ (用“ $\rightarrow$ ”表示含氮物质间的转化); 其中一个有颜色变化的反应的化学方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中存在多个平衡。本题条件下仅需考虑如下平衡:



① 下列有关 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液的说法正确的有 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

A. 加入少量硫酸, 溶液的 pH 不变

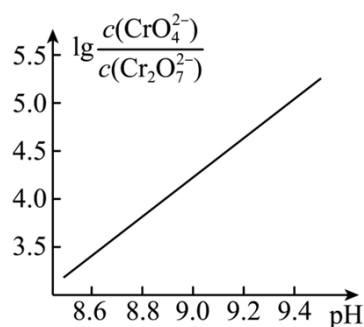
B. 加入少量水稀释, 溶液中离子总数增加

C. 加入少量 NaOH 溶液, 反应(i)的平衡逆向移动

D. 加入少量 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 固体, 平衡时 $c^2(\text{HCrO}_4^{-})$ 与 $c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ 的比值保持不变

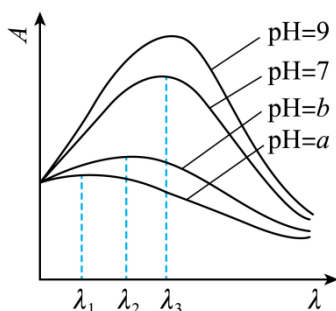
② 25°C 时, $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中 $\lg \frac{c(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$ 随 pH 的变化关系如图。当 $\text{pH} = 9.00$ 时, 设 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、

HCrO_4^{-} 与 CrO_4^{2-} 的平衡浓度分别为 x 、 y 、 $z\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 x 、 y 、 z 之间的关系式为 $\underline{\hspace{2cm}} = 0.10$; 计算溶液中 HCrO_4^{-} 的平衡浓度 $\underline{\hspace{2cm}}$ (写出计算过程, 结果保留两位有效数字)。

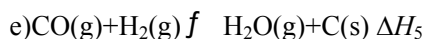
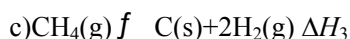
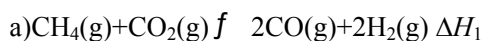


③在稀溶液中，一种物质对光的吸收程度(A)与其所吸收光的波长(λ)有关；在一定波长范围内，最大 A 对应的波长($\lambda_{\max}$)取决于物质的结构特征；浓度越高，A 越大。混合溶液在某一波长的 A 是各组分吸收程度之和。为研究对反应(i)和(ii)平衡的影响，配制浓度相同、pH 不同的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 稀溶液，测得其 A 随 λ 的变化

曲线如图，波长 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 中，与 CrO_4^{2-} 的 $\lambda_{\max}$ 最接近的是_____；溶液 pH 从 a 变到 b 的过程中， $\frac{c(\text{H}^+) \cdot c^2(\text{CrO}_4^{2-})}{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}$ 的值_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。



3. (2021 广东卷, 19) 我国力争于 2030 年前做到碳达峰, 2060 年前实现碳中和。 CH_4 与 CO_2 重整是 CO_2 利用的研究热点之一。该重整反应体系主要涉及以下反应:



(1) 根据盖斯定律, 反应 a 的 $\Delta H_1 =$ _____ (写出一个代数式即可)。

(2) 上述反应体系在一定条件下建立平衡后, 下列说法正确的有_____。

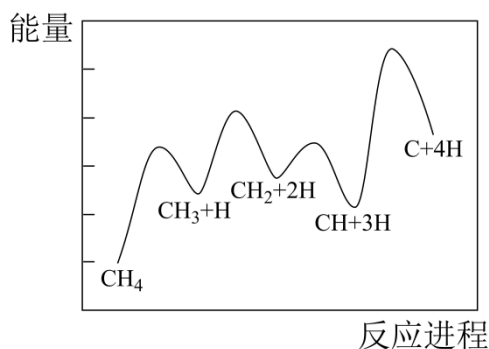
A. 增大 CO_2 与 CH_4 的浓度, 反应 a、b、c 的正反应速率都增加

B. 移去部分 $\text{C}(\text{s})$, 反应 c、d、e 的平衡均向右移动

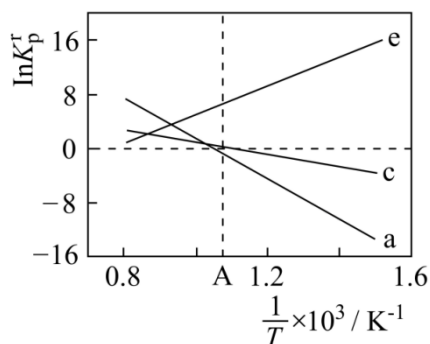
C. 加入反应 a 的催化剂, 可提高 CH_4 的平衡转化率

D. 降低反应温度, 反应 a~e 的正、逆反应速率都减小

(3) 一定条件下, CH_4 分解形成碳的反应历程如图所示。该历程分_____步进行, 其中, 第_____步的正反应活化能最大。



(4) 设 K_p^r 为相对压力平衡常数，其表达式写法：在浓度平衡常数表达式中，用相对分压代替浓度。气体的相对分压等于其分压（单位为 kPa）除以 p_0 ($p_0=100\text{kPa}$)。反应 a、c、e 的 $\ln K_p^r$ 随 $\frac{1}{T}$ （温度的倒数）的变化如图所示。



①反应 a、c、e 中，属于吸热反应的有_____ (填字母)。

②反应 c 的相对压力平衡常数表达式为 $K_p^r = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

③在图中 A 点对应温度下、原料组成为 $n(\text{CO}_2):n(\text{CH}_4)=1:1$ 、初始总压为 100kPa 的恒容密闭容器中进行反应，体系达到平衡时 H_2 的分压为 40kPa 。计算 CH_4 的平衡转化率，写出计算过程_____。

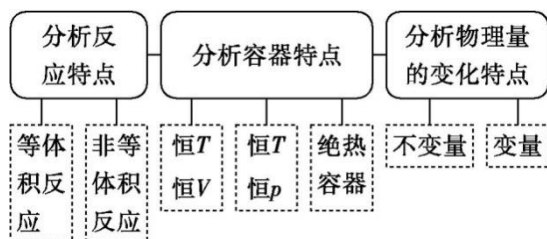
(5) CO_2 用途广泛，写出基于其物理性质的一种用途：_____。

解题秘籍

命题热点 1 化学平衡状态及移动方向的判断

1. 两步法判断化学平衡状态

第一步 析特点



第二步 作判断

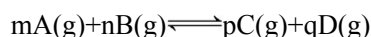
根据参加反应的体系的特点,通过推理作出判断,如 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$,则处于平衡状态,否则反应未达到平衡状态。

2.化学平衡移动的判断

依据勒夏特列原理判断	如果改变影响平衡的一个条件(如温度、浓度、压强等),平衡就向能使这种改变减弱的方向移动
依据图像中正、逆反应速率相对大小判断	若 $v_{\text{正}}>v_{\text{逆}}$,则平衡向正反应方向移动;反之向逆反应方向移动
依据变化过程中速率变化的性质判断	若平衡移动的过程中,正反应速率增大(减小),则平衡向逆(正)反应方向移动
依据浓度商(Q)规则判断	若某温度下 $Q<K$,反应向正反应方向进行; $Q>K$,反应向逆反应方向进行

命题热点 2 速率、转化率及平衡常数的计算

1.速率、转化率及平衡常数的计算方法——三段式法



起始量/(mol/L)	a	b	0	0
变化量/(mol/L)	mx	nx	px	qx
平衡量/(mol/L)	a-mx	b-nx	px	qx

(1) 平衡转化率= $\frac{\text{某反应物转化的量}}{\text{某反应物起始的量}}\times 100\%$,如 $\alpha(A)_{\text{平}}=\frac{mx}{a}\times 100\%$ 。

(2) 平衡常数: $K=\frac{(px)^p\cdot(qx)^q}{(a-mx)^m\cdot(b-nx)^n}$ 。

(3) 百分含量: $\varphi(A)=\frac{a-mx}{(a-mx)+(b-nx)+px+qx}\times 100\%$ 。

(4) 平衡前后的压强之比(物质的量之比): $\frac{p_{\text{平}}}{p_{\text{始}}}=\frac{(a-mx)+(b-nx)+px+qx}{a+b}$ 。

(5) 平均摩尔质量: $\bar{M}=\frac{a\cdot M(A)+b\cdot M(B)}{(a-mx)+(b-nx)+px+qx}$ g/mol。

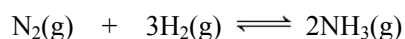
(6) 某气体组分的体积分数= $\frac{\text{某气体组分的物质的量}}{\text{混合气体总的物质的量}}\times 100\%$ 。

(7)生成物的产率:产率= $\frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}}\times 100\%$ 。

2.分压常数(K_p)与速率常数($k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$)

(1) K_p 的两种计算模板。

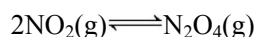
①平衡总压为 p_0 。



n(平)	a	b	c
p(分压)	$\frac{a}{a+b+c} p_0$	$\frac{b}{a+b+c} p_0$	$\frac{c}{a+b+c} p_0$

$$K_p=\frac{(\frac{c}{a+b+c} p_0)^2}{(\frac{a}{a+b+c} p_0)\cdot(\frac{b}{a+b+c} p_0)^3}$$

②刚性容器起始压强为 p_0 ,平衡转化率为 α 。



p(始)	p_0	0
------	-------	---

Δp	$p_0\alpha$	$\frac{1}{2}p_0\alpha$
$p(\text{平})$	$p_0 - p_0\alpha$	$\frac{1}{2}p_0\alpha$

$$K_p = \frac{\frac{1}{2}p_0\alpha}{(p_0 - p_0\alpha)^2}$$

(2) K_p 与 $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 的关系。

以 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 为例:

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} v_{\text{正}} &= k_{\text{正}} \cdot p^2(\text{NO}_2) \\ v_{\text{逆}} &= k_{\text{逆}} \cdot p(\text{N}_2\text{O}_4) \end{aligned} \right\} \xrightarrow[\text{平衡时 } v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}]{\text{平衡时}} k_{\text{正}} \cdot p^2(\text{NO}_2) = k_{\text{逆}} \cdot p(\text{N}_2\text{O}_4) \longrightarrow \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{p^2(\text{NO}_2)} = K_p \end{aligned}$$

3. 平衡常数与速率常数之间的关系

对于基元反应 $a\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{C}(\text{g}) + d\text{D}(\text{g})$, $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot c^a(\text{A}) \cdot c^b(\text{B})$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot c^c(\text{C}) \cdot c^d(\text{D})$, 平衡常数 $K = \frac{c^c(\text{C}) \cdot c^d(\text{D})}{c^a(\text{A}) \cdot c^b(\text{B})} = \frac{k_{\text{正}} \cdot v_{\text{逆}}}{k_{\text{逆}} \cdot v_{\text{正}}}$,

反应达到平衡时 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, 故 $K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ 。

命题热点 3 速率、平衡图像题的综合分析

1. 新高考试题中速率、平衡图像题的特点

(1) 图像的形式。

- ① 直接呈现平衡体系中变量的变化: 物质的量浓度-时间、组分百分含量-温度、压强-温度。
- ② 平衡体系变量延伸出的变量的变化: 分压(物质的量)-时间、转化率-原料物质的量分数、平衡常数 $K(\ln K)$ -温度倒数($\frac{1}{T}$)的图像。

(2) 考查方式。

- ① 分析出纵、横坐标之间的关系, 判断出适宜的反应条件(温度、压强、浓度、反应物的配比等)。
- ② 需要根据分析出的数据信息进行转化、计算得出结果。

2. 化学反应速率、平衡图像的分析方法

(1) 整体扫描图像, 明确面、线、点的物理、化学意义。

- ① 看面: 弄清纵、横坐标的物理含义, 注意把坐标的变化转变为化学量的变化。
- ② 看线: 弄清线的斜率、变化趋势及线的陡与平所代表的化学意义。
- ③ 看点: 弄清曲线上点的含义, 特别是一些特殊点, 如与坐标轴的交点、曲线的交点、拐点、最高点与最低点等。
- ④ 作线: 多条件变化时, 是否需要确定一个条件为衡量的线, 如等温线、等压线。

(2) 找准切入口, 明确图像的意义。

① 从“断点”着手。

当可逆反应达到一种平衡后, 若某一时刻外界条件发生改变, 可能使速率-时间图像的曲线出现不连续的情况, 即出现“断点”。根据“断点”前后的速率大小, 即可确定变化的是何种条件。

② 从“拐点”入手。

同一可逆反应, 若反应条件不同, 达到平衡所用的时间也可能不同, 反映到图像出现“拐点”的时间也就有差异。根据外界条件对化学反应速率的影响, 即可判断出温度的高低、压强或浓度的大小及是否使用催化剂。

③从曲线的变化趋势着手。

a.对于速率-温度(或压强)图像,由于随着温度逐渐升高或压强逐渐增大,反应速率会逐渐增大,因此图像上出现的是平滑的递增曲线。

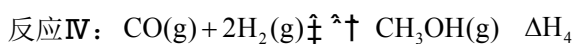
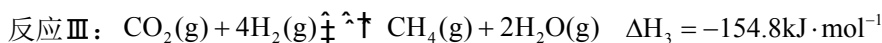
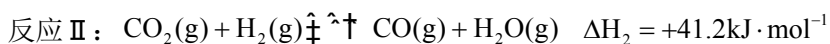
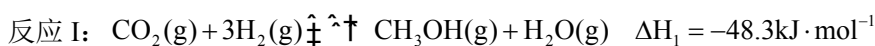
b.温度或压强的改变对正、逆反应速率的影响是一致的,在图像上,就是 $v(\text{正})$ 、 $v(\text{逆})$ 两条曲线的走势大致相同。

c.分析外界条件对化学反应速率的影响时,只能分析达到平衡之后化学反应速率的变化情况。

押题预测

考点一 气相中的化学平衡

1. (2024 届广东省大湾区一模) 某课题组研究 CO_2 加氢制甲醇。涉及的主要反应有:



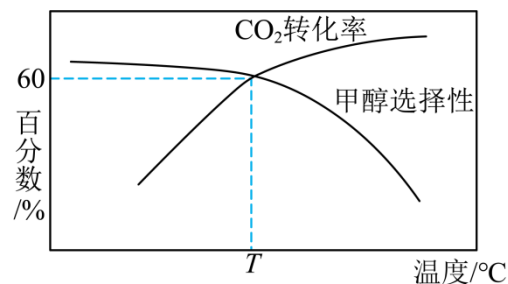
回答下列有关问题:

(1) 反应 IV 的 $\Delta H_4 =$ _____。

(2) 下列有关说法正确的是_____。

- A. 增压时, CO 的物质的量分数一定增大
- B. 当甲醇的分压不再改变时, 体系达到平衡
- C. 在恒容密闭容器中充入 Ar , 反应 III 速率不变
- D. 升温时, 反应 II 逆反应速率加快的程度大于正反应速率

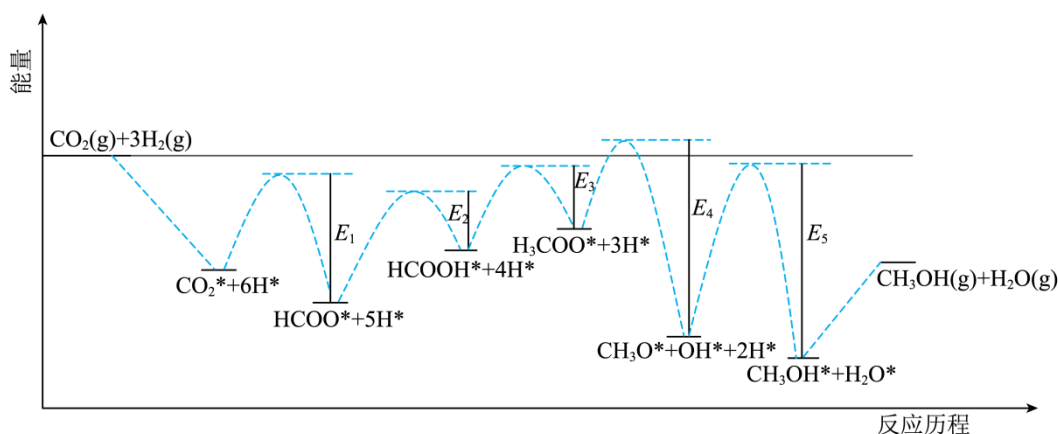
(3) 研究发现: 在 3 MPa 条件下, 当起始 $n(\text{CO}_2):n(\text{H}_2)=1:3$, 平衡时, CO_2 的转化率、含碳产物的选择性(转化的 CO_2 中生成 CH_3OH 、 CH_4 或 CO 的百分比, 如甲醇的选择性 = $\frac{\text{生成CH}_3\text{OH}\text{的量}}{\text{消耗CO}_2\text{的量}} \times 100\%$) 与温度关系如图所示, 回答下列问题。



①随着温度升高, 甲醇选择性降低而 CO_2 的转化率却升高的原因可能是_____。

②在 T 温度下, 若 CH_4 的选择性为 10%, 计算此温度下反应 II 的平衡常数 $K =$ _____ (写出计算过程)。

(4) 一种在铜基催化剂上 CO_2 加氢制甲醇的机理如图所示, 其中吸附在铜基催化剂表面上的物种用“*”标注。



①基态铜原子的价电子排布式为_____。

②决速步的反应方程式为_____。

(5) 写出甲醇在生产或生活中的一种应用_____。

2. (2024 届广东省茂名一模) 工业合成氨是人类科学技术的重大突破, 其反应为

$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。合成氨原料中的 N_2 一般由分馏液态空气得到, H_2 可来源于水煤气, 相关反应如下:

a. $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +131.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

b. $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

回答下列问题:

(1) $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的反应物总能量_____生成物总能量(填“高于”或“低于”)。

(2) 在密闭容器中同时发生反应 a、b, 下列说法正确的是_____。

A. 增大压强, 反应 b 平衡不移动

B. 使用催化剂提高 CO 平衡转化率

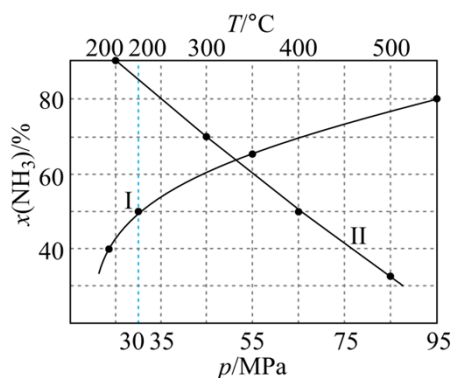
C. 升高温度, 反应 a 的 $v_{\text{正}}$ 增大, $v_{\text{逆}}$ 减小

D. 反应 a 有非极性键的断裂与形成

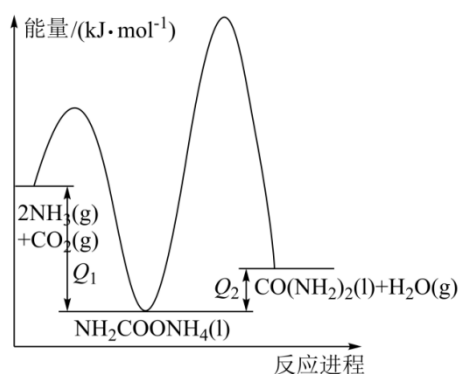
(3) 实验室模拟合成水煤气, 一定温度下在 2L 的密闭容器中加入 2.0 mol C(s) 与 8.0 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 发生反应 a、b, 在 t min 达到平衡时, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的转化率是 25%, CO 的物质的量是 0.4 mol, 反应开始到平衡时生成 CO_2 的平均反应速率为_____, 计算反应 b 的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ (写出计算过程)。

(4) 合成氨总反应在起始反应物 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)} = 3$ 时, 在不同条件下达到平衡, 设体系中 NH_3 的体积分数为

$x(\text{NH}_3)$, 在 $T = 400^\circ\text{C}$ 下的 $x(\text{NH}_3) \sim p_{\text{总}}$ 、 $p_{\text{总}} = 30 \text{ MPa}$ 下的 $x(\text{NH}_3) \sim T$ 如图所示, 图中对应等压过程的曲线是_____(填“Ⅰ”或“Ⅱ”), 当 $x(\text{NH}_3) = 50\%$ 时氨气的分压 $p(\text{NH}_3) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MPa}$ (分压 = 气体的物质的量分数 $\times$ 总压)。



(5) 用氨合成尿素的反应，在高压条件下连续进行，反应历程如图(Q_1 、 Q_2 均大于 0)：



①写出合成尿素决速步骤的热化学方程式：_____。

②合成尿素过程中会积聚一定浓度的氨基甲酸铵($\text{H}_2\text{NCOONH}_4$)，为减少氨基甲酸铵的积聚，提高尿素的产率，可控制 NH_3 与 CO_2 的通入比例_____ 2:1(填“>”“<”或“=”)。

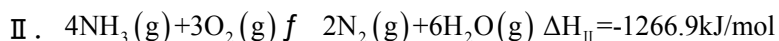
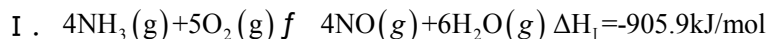
3. (2024 届广东省湛江一模) NH_3 是重要的化工原料，在生产和生活中都发挥着重要作用。

(1) 配合物广泛存在于自然界，其中 NH_3 能与 Cu^{2+} 形成深蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 溶液。

①基态 Cu^{2+} 的 3d 电子轨道表示式为_____。

② $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的配位原子是_____，氨气中 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 的键角小于配合物中 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 的键角，其原因是_____。

(2) 氨是制取硝酸的重要原料。氨的催化氧化过程主要有以下两个反应：



①反应 $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H_{\text{III}} = \text{_____}$ 。

②不同温度下氨催化氧化的平衡常数如下($p=0.1013 \text{ MPa}$)：

温度(°C)	300	500	700	900	1100
反应 I (K_{I})	6.3×10	1.1×10	2.1×10	3.8×10	3.4×10

	41	26	19	15	11
反应 II (K_{II})	7.3×10^5 6	7.1×10^3 4	2.6×10^2 5	1.5×10^2 0	6.7×10^1 6

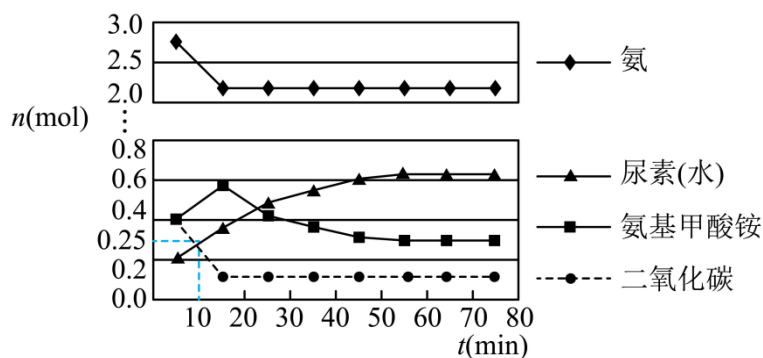
下列说法正确的是_____。

- A. 如果对反应不加控制, 氨和氧气反应的最终产物主要是 N_2
- B. 为使反应有利于向生成更多的 NO 方向进行, 不必关注热力学问题(平衡移动问题), 需要关注动力学问题(反应速率问题)
- C. 在实际生产中, 需采用高压氧化, 以利于提高 NO 的产率
- D. 反应中需控制氨氧比、选择性催化剂的形状、气固相接触时间等

(3) 已知可通过下列方法合成尿素:

第一步: $2NH_3(g) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_2NCOONH_4(l) \quad \Delta H = -159.5 \text{ kJ/mol}$

第二步: 在体积为 5 L 的密闭容器中加入 1 mol CO_2 和 4 mol NH_3 , 在一定条件下反应进行到 10 min 时, 测得 CO_2 和尿素的物质的量均为 0.25 mol, 15 min 后, 测得 CO_2 的物质的量为 0.1 mol, 如图所示。



①若用单位时间内物质的量的变化来表示固体或纯液体的反应速率, 则 10 min 内第一步反应中生成 $H_2NCOONH_4(l)$ (氨基甲酸铵) 的平均反应速率为_____。

②反应进行 15 分钟后, 随着时间的变化, 尿素和氨基甲酸铵的物质的量变化比较明显, 但氨气和二氧化碳的物质的量基本不变, 其主要原因是_____, 第一步反应的平衡常数 $K_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ (列出算式即可)。

4. (2024 届广东省佛山一模) 以 CO_2 为原料在特定条件下可生产醇类、烷烃、碳酸酯等, 实现二氧化碳资源化。科学家通过如下反应合成甲醇: $CO_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g) + H_2O(g)$ 。

已知: $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(g) \quad \Delta H_1 = -245 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

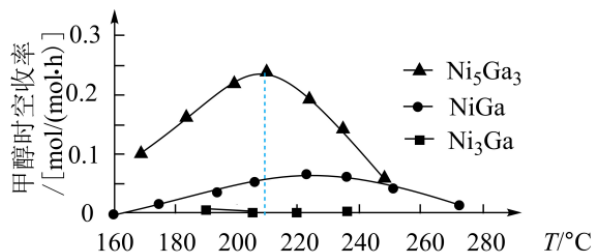
$CH_3OH(g) + \frac{3}{2}O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -681 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

回答下列问题:

(1) 计算上述合成甲醇反应的焓变 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)

科学研究中常用产物的时空收率(单位物质的量催化剂表面产物分子的平均生成速率)来衡量催化效果。在 3 MPa, $n(\text{CO}_2):n(\text{H}_2)=1:2$ 时, 不同 Ni、Ga 配比的 Ni-Ga/ SiO_2 催化剂下, 测定甲醇时空收率随温度的变化曲线如图所示。甲醇时空收率随温度变化先增大后减小的原因是_____。催化剂的最佳配比和反应温度是_____。

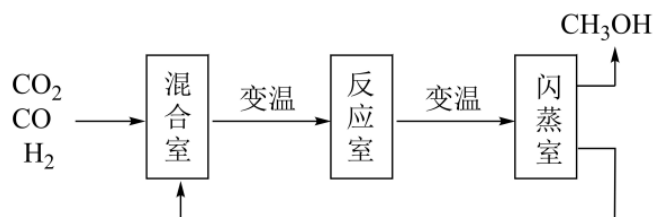


(3) 将等量 CO_2 和 H_2 充入恒温恒容密闭容器中反应合成甲醇, 已知该温度下反应的化学平衡常数 $K=0.01$, 下列事实说明该反应已达平衡的是_____。

- A. 气体密度保持不变
- B. $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 与 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的生成速率相等
- C. 某时刻容器中 $c(\text{CO}_2)=0.8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{H}_2)=0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{CH}_3\text{OH})=c(\text{H}_2\text{O})=0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- D. 混合气体的平均相对分子质量不变

(4) ① CO_2 合成 CH_3OH 存在以下副反应: $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。5MPa, 200°C 时在 1 L 容器中投入 1 mol CO_2 和 3 mol H_2 , 达成平衡时, 二氧化碳转化率为 0.5, 甲醇选择率为 0.8 (甲醇选择率= $\frac{\text{转化为甲醇的二氧化碳的量}}{\text{参与反应的二氧化碳的量}}$)。计算合成甲醇反应的化学平衡常数 K (写出过程, 结果列出计算表达式) _____。

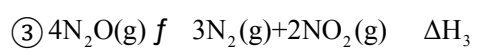
② 已知 200°C 时有 60% 以上的原料未转化, 为了提高转化率, 设计如图流程分离甲醇和水, 循环利用原料气。已知甲醇的沸点是 64.7°C, 根据信息判断反应室的温度_____闪蒸室的温度 (选填“<”、“=”或“>”)。在原料气中通入 CO 的目的是_____。

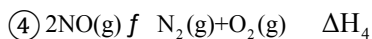


5. (2024 届广东省广州市天河区二模) 研究氮氧化物分解的反应机理, 对于控制汽车尾气排放、保护环境有重要意义。

I. 直接催化分解法是消除 NO_x 的主要方法, 已知部分 NO_x 催化分解过程如下:

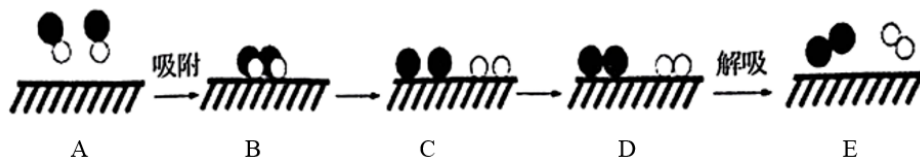
- ① $2\text{N}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$
- ② $2\text{N}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g})+2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H_2$





(1) 反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H =$ _____。

(2) $T^\circ\text{C}$ ，在密闭容器中尝试利用表面催化工艺分解 NO，用 、、、 分别表示 O_2 、NO、 N_2 和固体催化剂，则在固体催化剂表面分解 NO 的反应过程可用下图表示。



已知：NO 在固体催化剂表面吸附过程自发发生，且总熵减小。画出从状态 A 到状态 D 体系能量的变化曲线图_____。

(3) $T^\circ\text{C}$ 和恒定压强 $P_0 \text{ kPa}$ 时，在密闭容器中模拟废气中的 N_2O 催化分解过程，各组分的信如下表：

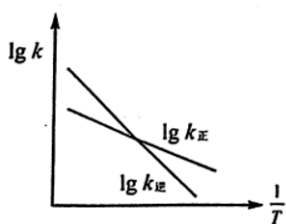
物质	N_2	N_2O	O_2	CO_2	NO	NO_2
N(投料)/mol	19	34	6.5	25	0	0
n(平衡)/mol	50	1	20	25	x	y

① $x =$ _____， $y =$ _____，该温度下反应②的压强平衡常数 $K_p =$ _____ kPa (分压=总压×物质的量分数)。

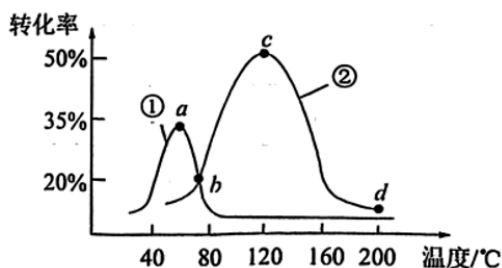
② 若先除去废气中的 CO_2 ，再在相同条件下模拟实验，发现 N_2O 的平衡转化率明显降低，其原因是_____。

II. 用含碳物质消除氮氧化物也是防治污染的有效方法。

(4) 活性炭还原法消除氮氧化物污染的反应原理为： $2\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_5$ 。已知该反应正、逆反应速率方程分别为 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot p^2(\text{NO}_2)$ 、 $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot p(\text{N}_2) \cdot p^2(\text{CO}_2)$ ，其中 $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 分别为正、逆反应速率常数，其变化曲线如下图所示，则该反应的反应热 ΔH_5 _____ 0 (填“>”或“<”)。



(5) 将含等物质的量的 NO 和 CO 的混合气体分别充入盛有催化剂①和②的体积相同的刚性容器中，进行反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ，经过相同时间测得 NO 的转化率如图所示，图中 cd 段转化率下降的可能原因是_____。(任写一种)



6. (2024 届广东省广州市惠州三模) 减少 NO_x 、 CO_2 的排放, 实现资源化利用是化学工作者研究的重要课题。

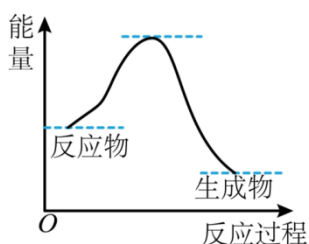


图1

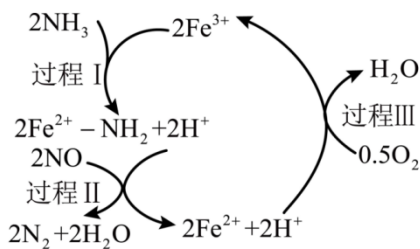


图2

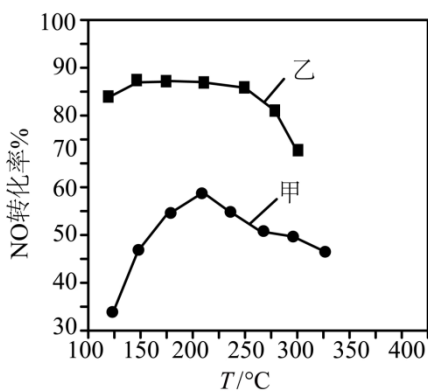


图3

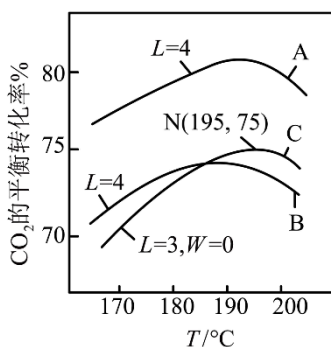


图4

(1) 尿素水解生成的 NH_3 催化还原 NO 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 Fe_2O_3 为主的催化剂表面可能发生的反应过程如图 2。

① NH_3 催化还原 NO 为____(填“放热”“吸热”)反应。

② 基态 Fe^{3+} 的价层电子排布式为_____。

③ 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: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 5\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta H < 0$, 现向某 2L 密闭容器中分别投入一定量的 NH_3 和 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol NO}$ 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, 反应 1min 时 NO 的转化率与温度的关系如图 3。

① 在催化剂甲的作用下, 温度高于 210°C 小于 300°C 时, NO 转化率降低的可能原因是_____。

② $100\text{—}300^\circ\text{C}$ 区间, $0\text{—}1\text{min}$ 内, 使用甲催化剂时 NO 的最高平均速率为_____。

(3) 工业以 NH_3 和 CO_2 为原料合成尿素。液相中, 合成尿素的热化学方程式为: $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$+\text{NH}_2\text{CONH}_2(\text{l}) \Delta H < 0$, 在液相中, CO_2 的平衡转化率与温度、初始氨碳比(用 L 表示, $L = \frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{CO}_2)}$)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/566152240122010223>