

化学反应原理综合大题训练(二)

——速率常数、快慢反应

1、石嘴山市打造“山水园林城市”，因此研究 NO_x 、 SO_2 等大气污染物的妥善处理具有重要意义。

(1) SO_2 的排放主要来自于煤的燃烧，工业上常用氨水吸收法处理尾气中的 SO_2

已知吸收过程中相关反应的热化学方程式如下：



则反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}}$ kJ/mol

(2) 燃煤发电厂常利用反应 $2\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -681.8 \text{ kJ/mol}$ 对煤进行脱硫处理来减少 SO_2 的排放。对于该反应，在温度为 $T\text{K}$ 时，借助传感器测得反应在不同时间点上各物质的浓度如下：

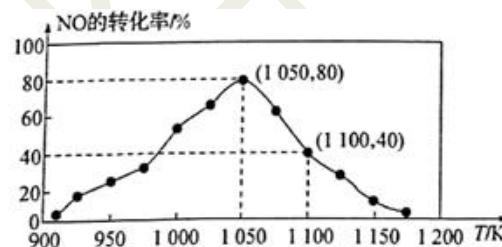
时间/min 浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0	10	20	30	40	50
	O_2	1.00	0.79	0.60	0.60	0.64
CO_2	0	0.42	0.80	0.80	0.88	0.88

① 0~10 min 内，平均反应速率 $v(\text{SO}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$

② 30 min 后，只改变某一条件，反应重新达到平衡。根据上表中的数据判断，改变的条件可能是 _____

- A. 通入一定量的 O_2
- B. 加入一定量的粉状碳酸钙
- C. 适当缩小容器的体积
- D. 加入合适的催化剂

(3) NO_x 的排放主要来自于汽车尾气，有人利用反应 $\text{C}(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -34.0 \text{ kJ/mol}$ ，用活性炭对 NO 进行吸附。已知在密闭容器中加入足量的 C 和一定量的 NO 气体，保持恒压测得 NO 的转化率随温度的变化如图所示：



由图可知，1050K 前反应中 NO 的转化率随温度升高而增大，其原因为 _____；在 1100K 时， CO_2 的体积分数为 _____

(4) 用某物质的平衡分压代替其物质的量浓度也可以表示化学平衡常数(记作 K_p)。在 1050K、 $1.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ 时，该反应的化学平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ [已知：气体分压($P_{\text{分}}$)=气体总压(P)×体积分数]

(5) 汽车尾气还可利用反应 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -746.8 \text{ kJ/mol}$ ，实验测得：

$$v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot c^2(\text{NO}) \cdot c^2(\text{CO}), \quad v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot c(\text{N}_2) \cdot c^2(\text{CO}_2) \quad (k_{\text{正}}, k_{\text{逆}} \text{ 为速率常数，只与温度有关})$$

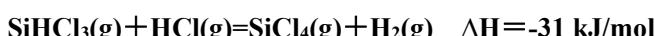
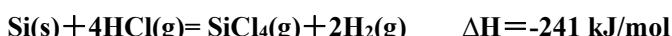
① 达到平衡后，仅升高温度， $k_{\text{正}}$ 增大的倍数 _____ $k_{\text{逆}}$ 增大的倍数 (填“>”“<”或“=”)

② 若在 1L 的密闭容器中充入 1 mol CO 和 1 mol NO，在一定温度下达到平衡时，CO 的转化率为 40%，则

$$k_{\text{正}} : k_{\text{逆}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2、甲硅烷广泛用于电子工业、汽车领域，三氯氢硅 (SiHCl_3) 是制备甲硅烷的重要原料。回答下列问题：

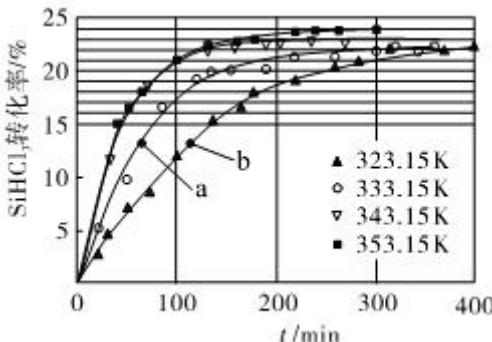
(1) 工业上以硅粉和氯化氢气体为原料生产 SiHCl_3 时伴随发生的反应有：



以硅粉和氯化氢气体生产 SiHCl_3 的热化学方程式是 _____

(2) 工业上可用四氯化硅和氢化铝锂 (LiAlH_4) 制甲硅烷，反应后得甲硅烷及两种盐。该反应的化学方程式为

(3)三氯氢硅歧化也可制得甲硅烷。反应 $2\text{SiHCl}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SiH}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{SiCl}_4(\text{g})$ 为歧化制甲硅烷过程的关键步骤，此反应采用一定量的 PA100 催化剂，在不同反应温度下测得 SiHCl_3 的转化率随时间的变化关系如图所示。



① 353.15 K 时，平衡转化率为_____，反应的平衡常数 $K = \text{_____}$ (保留 3 位小数)。该反应的 $\Delta H = \text{_____} 0$

② 323.15 K 时，要缩短反应达到平衡的时间，可采取的措施有_____、_____

③ 比较 a、b 处反应速率的大小： $v_a < v_b$ (填“>”“<”或“=”)。已知反应速率 $v_{\text{正}} = k_1 x^2_{\text{SiHCl}_3}$ ，

$v_{\text{逆}} = k_2 x_{\text{SiH}_2\text{Cl}_2} x_{\text{SiCl}_4}$ ， k_1 、 k_2 分别是正、逆反应的速率常数，与反应温度有关， x 为物质的量分数，则在 353.15 K 时 $\frac{k_1}{k_2} = \text{_____}$ (保留 3 位小数)

3、研究氮氧化物的反应机理，对于消除环境污染有重要意义。

(1) 升高温度绝大多数的化学反应速率增大，但是 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的速率却随温度的升高而减小，某化学小组为研究特殊现象的实质原因，查阅资料知： $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的反应历程分两步：

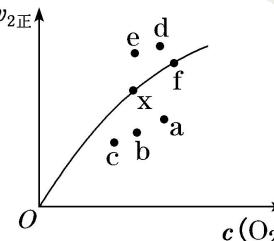
i: $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2(\text{g})$ (快), $v_{1\text{ 正}} = k_{1\text{ 正}} c^2(\text{NO})$ $v_{1\text{ 逆}} = k_{1\text{ 逆}} c(\text{N}_2\text{O}_2)$ $\Delta H_1 < 0$

ii: $\text{N}_2\text{O}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ (慢), $v_{2\text{ 正}} = k_{2\text{ 正}} c(\text{N}_2\text{O}_2)c(\text{O}_2)$ $v_{2\text{ 逆}} = k_{2\text{ 逆}} c^2(\text{NO}_2)$ $\Delta H_2 < 0$

请回答下列问题：

① 一定温度下，反应 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 达到平衡状态，请写出用 $k_{1\text{ 正}}$ 、 $k_{1\text{ 逆}}$ 、 $k_{2\text{ 正}}$ 、 $k_{2\text{ 逆}}$ 表示的平衡常数表达式 $K = \text{_____}$

② 由实验数据得到 $v_{2\text{ 正}} \sim c(\text{O}_2)$ 的关系可用如图表示。当 x 点升高到某一温度时，反应重新达到平衡，则变为相应的点为_____ (填字母)



时间/s	0	20	40	60	80	100
$c \frac{\text{N}_2\text{O}_4}{\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$	0.100	0.070	0.050	0.040	0.040	0.040

(2) 100℃时，若将 0.100 mol N_2O_4 气体放入 1 L 密闭容器中，发生反应 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ $\Delta H = +24.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

$c(\text{N}_2\text{O}_4)$ 随时间的变化如上表所示。回答下列问题：

① 在 0~40 s 时段，化学反应速率 $v(\text{NO}_2)$ 为_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

② 下列能说明该反应达到平衡状态的是_____

- A. $2v(\text{N}_2\text{O}_4) = v(\text{NO}_2)$
- B. 体系的颜色不再改变
- C. 混合气体的密度不再改变
- D. 混合气体的压强不再改变

③ 该反应达到平衡后，若只改变一个条件，达到新平衡时，下列能使 NO_2 的体积分数增大的是_____

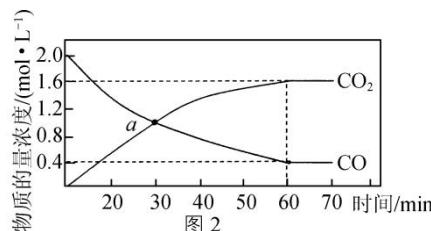
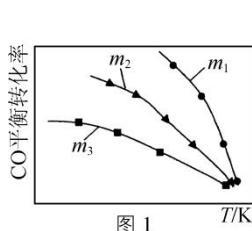
- A. 充入一定量的 NO_2
- B. 增大容器的容积
- C. 分离出一定量的 NO_2
- D. 充入一定量的 N_2

④ 100℃时，若将 9.2 g NO_2 和 N_2O_4 气体放入 1 L 密闭容器中，发生反应 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 。某时刻测得容器内气体的平均相对分子质量为 50，则此时 $v_{\text{正}}(\text{N}_2\text{O}_4) < v_{\text{逆}}(\text{N}_2\text{O}_4)$ (填“>”“=”或“<”)

⑤ 上述反应中，正反应速率 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot p(\text{N}_2\text{O}_4)$ ，逆反应速率 $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot p^2(\text{NO}_2)$ ，其中 $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 为速率常数，若将一定量 N_2O_4 投入真空容器中恒温恒压分解(温度 298 K、压强 100 kPa)，已知该条件下 $k_{\text{正}} = 4.8 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ ，当 N_2O_4 分解 10% 时， $v_{\text{正}} = \text{_____} \text{ kPa}\cdot\text{s}^{-1}$

4、 NO_x 、 SO_2 的处理转化对环境保护有着重要意义。

(1)利用反应 $2\text{NO}(g)+2\text{CO}(g)\rightleftharpoons\text{N}_2(g)+2\text{CO}_2(g)$, 可实现汽车尾气的无害化处理。一定条件下进行该反应, 测得 CO 的平衡转化率与温度、起始投料比 $m[m=\frac{n(\text{NO})}{n(\text{CO})}]$ 的关系如图 1 所示。



①该反应的 $\Delta H < 0$ (填“>”“<”或“=”)

②下列说法正确的是_____

- A. 当体系中 CO_2 和 CO 物质的量浓度之比保持不变时, 反应达到平衡状态
- B. 投料比: $m_1 > m_2 > m_3$
- C. 当投料比 $m=2$ 时, NO 转化率是 CO 转化率的 2 倍
- D. 汽车排气管中的催化剂可提高 NO 的平衡转化率

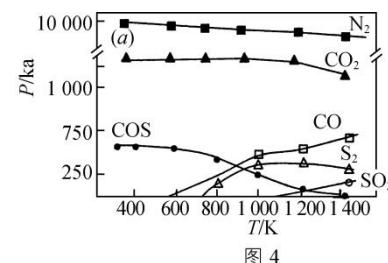
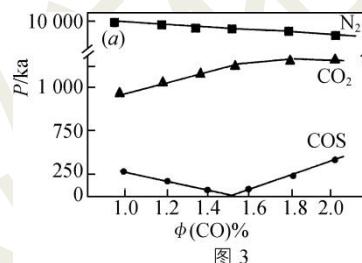
③随着温度的升高, 不同投料比下 CO 的平衡转化率趋于相近的原因为_____。

(2)若反应 $2\text{NO}(g)+2\text{CO}(g)\rightleftharpoons\text{N}_2(g)+2\text{CO}_2(g)$ 的正、逆反应速率可表示为 $v_{\text{正}}=k_{\text{正}}\cdot c^2(\text{NO})\cdot c^2(\text{CO})$;

$v_{\text{逆}}=k_{\text{逆}}\cdot c(\text{N}_2)\cdot c^2(\text{CO}_2)$, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 分别为正、逆反应速率常数, 仅与温度有关。一定温度下, 在体积为 1 L 的容器中加入 2 mol NO 和 2 mol CO 发生上述反应, 测得 CO 和 CO_2 物质的量浓度随时间的变化如图 2 所示, 则 a 点时 $v_{\text{正}}:v_{\text{逆}}=$ _____。

(3)工业生产排放的烟气中同时存在 SO_2 、 NO_x 和 CO, 利用它们的相互作用可将 SO_2 、 NO_x 还原成无害物质, 一定条件下得到以下实验结果。图 3 为 298 K 各气体分压(气体的物质的量分数与总压的乘积)与 CO 物质的量分数 ϕ 的关系, 图 4 为 CO 物质的量分数为 2.0% 时, 各气体分压与温度的关系。下列说法正确的是_____

- A. 不同温度下脱硝的产物为 N_2 , 脱硫的产物可能有多种
- B. 温度越高脱硫脱硝的效果越好
- C. NO_x 比 SO_2 更易被 CO 还原
- D. 体系中可能发生反应: $2\text{COS}\rightleftharpoons\text{S}_2+2\text{CO}$; $4\text{CO}_2+\text{S}_2\rightleftharpoons4\text{CO}+2\text{SO}_2$



(4) NH_3 催化还原氮氧化物是目前应用最广泛的烟气脱硝除技术。用活化后的 V_2O_5 作催化剂, NH_3 将 NO 还原成 N_2 的一种反应历程如图 5 所示, 则总反应方程式为_____。

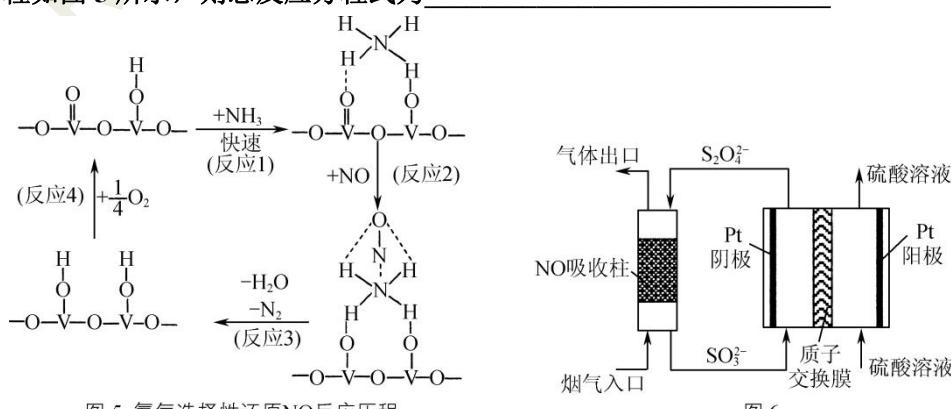


图 5 氨气选择性还原 NO 反应历程

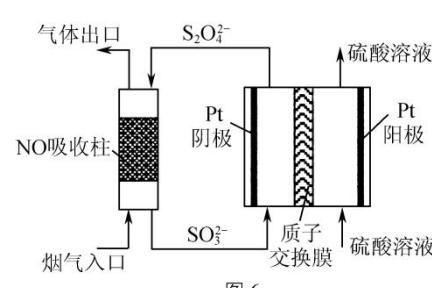


图 6

(5)用间接电化学法去除烟气中 NO 的原理如图 6 所示, 则阴极的电极反应式为_____。

5、随着氮氧化物对环境及人类活动影响的日趋严重，如何消除大气污染物中的氮氧化物成为人们关注的主要问题之一。

I、利用 NH₃ 的还原性可以消除氮氧化物的污染，其中除去 NO 的主要反应如下：



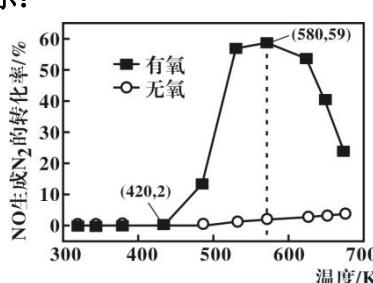
(1)写出一种可以提高 NO 的转化率的方法：_____

(2)一定温度下，在恒容密闭容器中按照 n(NH₃) : n(NO) = 2 : 3 充入反应物，发生上述反应。下列不能判断该反应达到平衡状态的是_____

- A. c(NH₃) : c(NO) = 2 : 3
- B. n(NH₃) : n(N₂) 不变
- C. 容器内压强不变
- D. 容器内混合气体的密度不变
- E. 1mol N—H 键断裂的同时，生成 1mol O—H 键

(3)已知该反应速率 v_正 = k_正 · c^x(NH₃) · c^y(NO)，v_逆 = k_逆 · c^x(N₂) · c^y(H₂O) (k_正、k_逆 分别是正、逆反应速率常数)，该反应的平衡常数 K = k_正 / k_逆，则 x = _____，y = _____

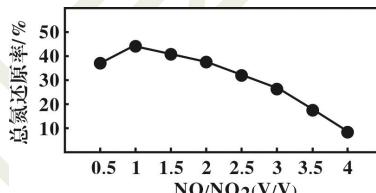
(4)某研究小组将 2mol NH₃、3mol NO 和一定量的 O₂ 充入 2L 密闭容器中，在 Ag₂O 催化剂表面发生上述反应，NO 的转化率随温度变化的情况如图所示：



①在 5min 内，温度从 420K 升高到 580K，此时段内 NO 的平均反应速率 v(NO) = _____

②在有氧条件下，温度 580K 之后 NO 生成 N₂ 的转化率降低的原因可能是 _____

II、用尿素[(NH₂)₂CO]水溶液吸收氮氧化物也是一种可行的方法。NO 和 NO₂ 不同配比混合气通入尿素溶液中，总氮还原率与配比关系如图。



(5)用尿素[(NH₂)₂CO]水溶液吸收体积比为 1 : 1 的 NO 和 NO₂ 混合气，可将 N 元素转变为对环境无害的气体。

写出该反应的化学方程式 _____

(6)随着 NO 和 NO₂ 配比的提高，总氮还原率降低的主要原因是 _____

6、碳和碳的两种氧化物（CO、CO₂）在工业上都有重要的应用。

(1)利用合成气(主要成分为 CO、CO₂ 和 H₂)在催化剂的作用下合成甲醇，可能发生的反应如下：



①根据上述反应判断 $\Delta H_3 = \text{_____}$ (用 ΔH_1 、 ΔH_2 表示)

在压强相等的情况下，下表为一定比例的 CO₂/H₂、CO/H₂、CO/CO₂/H₂ 在装有催化剂的反应器中生成甲醇时，不同温度下甲醇生成速率的数值变化。

组分	a(CO ₂ /H ₂)	b(CO/H ₂)	c(CO/CO ₂ /H ₂)
490K 时甲醇生成速率[mol·(mL cat) ⁻¹ ·h ⁻¹]	3.0	0.8	10.4
510K 时甲醇生成速率[mol·(mL cat) ⁻¹ ·h ⁻¹]	2.5	1.5	9.8

②490K 时，从表中数值可以看出，合成甲醇的主要反应为 _____ (填“ I ”或“ II ”)，CO 的存在使甲醇生成速率增大的原因为 _____

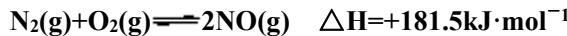
③组分 a 中，一定比例的 CO₂/H₂ 反应，510K 时甲醇生成速率低于 490K 时甲醇生成速率，其原因可能为 _____

(2)在 $T_0\text{K}$ 、 $1.0 \times 10^4\text{kPa}$ 下, 等物质的量的 CO 与 CH₄ 混合气体可以合成乙醛, 反应方程式如下:

$\text{CO(g)} + \text{CH}_4\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO(g)}$ 。实验测得: $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} p(\text{CO}) \cdot p(\text{CH}_4)$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} p(\text{CH}_3\text{CHO})$, $k_{\text{正}}, k_{\text{逆}}$ 为速率常数, p 为气体的分压 (气体分压 $p = \text{气体总压 } p_{\text{总}} \times \text{体积分数}$)。若用气体分压表示的平衡常数 $K_p = 4.5 \times 10^{-5}(\text{kPa})^{-1}$, 则 $k_{\text{正}} = \underline{\hspace{2cm}}$ (以 $k_{\text{逆}}$ 表示); 当 CO 转化率为 20% 时, CH₃CHO(g) 的分压 $p(\text{CH}_3\text{CHO}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{kPa}$

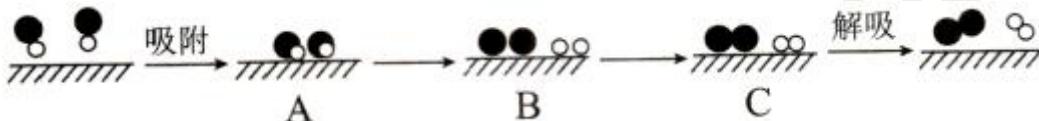
(3)工业生产水煤气的反应为 $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ $\Delta H = +131 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta S = +134.5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, 常温下该反应 能 (填“能”、“不能”) 自发进行, 工业生产水煤气时需要首先加热煤层, 并不断间歇式的通入空气和水蒸气, 请说出生产水煤气时通入空气的原因 _____

7. I、氮氧化物的存在会破坏地球环境, 人们一直在积极探索改善大气质量的有效措施。已知:



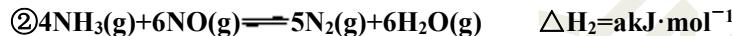
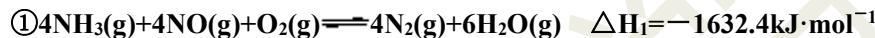
(1)氮氧化物是形成臭氧层空洞光化学烟雾、酸雨 (列举一种)等大气污染现象的物质之一

(2)某科研小组尝试利用固体表面催化工艺进行 NO 的分解。若用 、、 和 分别表示 N₂、NO、O₂ 和固体催化剂, 在固体催化剂表面分解 NO 的过程如图所示。从吸附到解吸的过程中, 能量状态最低的是 _____ (填字母序号)



(3)温度为 T₁ 时, 在容积为 1L 的恒容密闭容器中充入 0.6mol NO₂, 仅发生反应 $2\text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ $\Delta H > 0$, 达平衡时 c(O₂)=0.2mol·L⁻¹, 则该温度下反应的平衡常数为 _____。实验测得: $v_{\text{正}} = v(\text{NO}_2)_{\text{消耗}} = k_{\text{正}} c^2(\text{NO}_2)$, $v_{\text{逆}} = v(\text{NO}_2)_{\text{消耗}} = 2v(\text{O}_2)_{\text{消耗}} = k_{\text{逆}} c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{O}_2)$, $k_{\text{正}}, k_{\text{逆}}$ 为速率常数, 仅受温度影响。当温度改变为 T₂ 时, 若 $k_{\text{正}} = k_{\text{逆}}$, 则 T₁ < T₂ (填“>”或“<”)

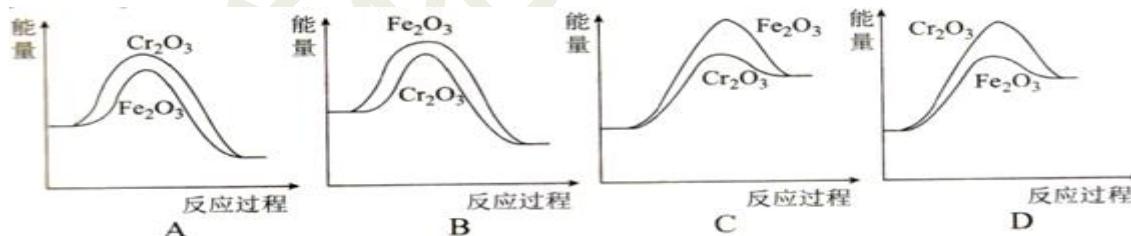
II、氮氧化物(NO_x)是电厂主要排放的污染物之一。工业上采用氨脱硝处理后排放, 原理如下:



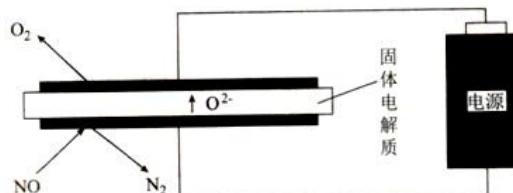
当反应温度过高时, NH₃ 发生氧化反应: ③ $4\text{NH}_3\text{(g)} + 5\text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 4\text{NO(g)} + 6\text{H}_2\text{O(g)}$ $\Delta H_3 = -902.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(4)反应②中的 a= _____

(5)反应②中, 常用的催化剂有 Cr₂O₃ 和 Fe₂O₃, Cr₂O₃ 的催化效率更好一些。下列表示两种催化剂在反应②催化过程中的能量变化示意图合理的是 _____ (填选项字母)



III、利用电解法处理高温空气中稀薄的 NO(O₂ 浓度约为 NO 浓度的 10 倍), 装置示意图如下, 固体电解质可传导 O²⁻



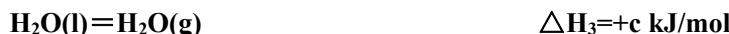
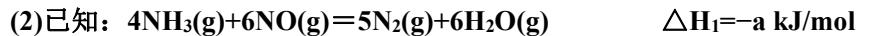
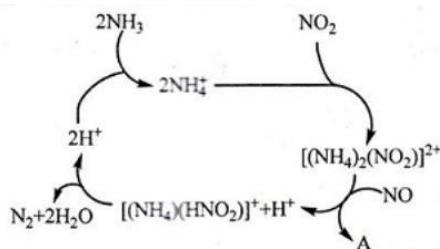
(6)阴极的电极反应式为 _____

(7)消除一定量的 NO 所消耗的电量远远大于理论计算量, 可能的原因是(不考虑物理因素) _____

(8)通过更换电极表面的催化剂可明显改善这一状况, 利用催化剂具有 _____ 性

8、含氮化合物对环境、生产和人类生命活动等具有很大的影响。请按要求回答下列问题:

(1)利用某分子筛作催化剂, NH₃可脱除工厂废气中的 NO、NO₂, 反应机理如下图所示。A 包含物质为 H₂O 和 _____(填化学式)

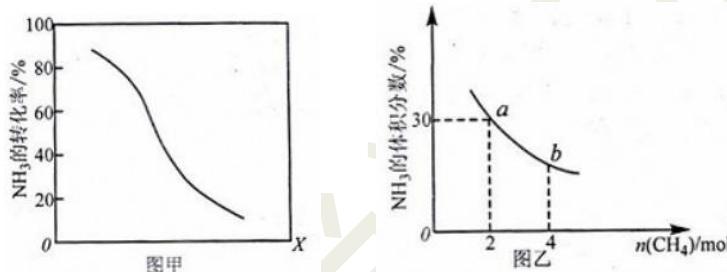


则反应 $4\text{NH}_3(\text{g})+3\text{O}_2(\text{g})=2\text{N}_2(\text{g})+6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H=$ _____ kJ/mol

(3)工业上利用氨气生产氢氰酸(HCN)的反应为: $\text{CH}_4(\text{g})+\text{NH}_3(\text{g})=\text{HCN}(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H>0$

①其他条件一定, 达到平衡时 NH₃转化率随外界条件 X 变化的关系如图甲所示。则 X 可以是_____

- a. 温度 b. 压强 c. 催化剂 d. $n(\text{NH}_3)/n(\text{CH}_4)$

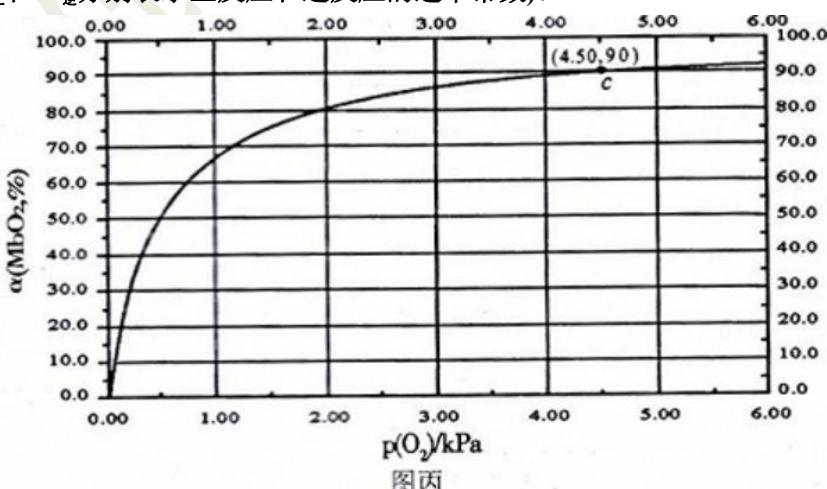


②在一定温度下, 向 2 L 密闭容器中加入 n mol CH₄ 和 2 mol NH₃, 平衡时 NH₃ 体积分数随 n 变化的关系如图乙所示。a 点时, CH₄ 的转化率为 _____ %; 平衡常数: $K(a) \quad K(b)$ (填“>”“=”或“<”)

(4)肌肉中的肌红蛋白(Mb)与 O₂结合生成 MbO₂, 其反应原理可表示为: $\text{Mb}(\text{aq})+\text{O}_2(\text{g})=\text{MbO}_2(\text{aq})$, 该反应的

平衡常数可表示为: $K=\frac{c(\text{MbO}_2)}{c(\text{Mb}) \cdot P(\text{O}_2)}$ 。在 37℃条件下达到平衡时, 测得肌红蛋白的结合度(α)与 P(O₂)的关系如

图丙所示[$\alpha=\frac{\text{生成的 } c(\text{MbO}_2)}{\text{初始的 } c(\text{Mb})} \times 100\%$]。研究表明正反应速率 $v_{\text{正}}=k_{\text{正}} \cdot c(\text{Mb}) \cdot P(\text{O}_2)$, 逆反应速率 $v_{\text{逆}}=k_{\text{逆}} \cdot c(\text{MbO}_2)$ (其中 $k_{\text{正}}$ 和 $k_{\text{逆}}$ 分别表示正反应和逆反应的速率常数)。



①试写出平衡常数 K 与速率常数 $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 之间的关系式为 $K=$ _____(用含有 $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 的式子表示)。

②试求出图丙中 c 点时, 上述反应的平衡常数 $K=$ _____ kPa⁻¹。已知 $k_{\text{逆}}=60\text{s}^{-1}$, 则速率常数 $k_{\text{正}}=$ _____ s⁻¹·kPa⁻¹。

9、以高纯 H₂ 为燃料的质子交换膜燃料电池具有能量效率高、无污染等优点，但燃料中若混有 CO 将显著缩短电池寿命。

(1)以甲醇为原料制取高纯 H₂ 是重要研究方向。甲醇水蒸气重整制氢主要发生以下两个反应：



①甲醇蒸气在催化剂作用下裂解可得到 H₂ 和 CO，则该反应的热化学方程式为_____，

既能加快反应速率又能提高 CH₃OH 平衡转化率的一种措施是_____。

②分析适当增大水醇比 $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$ 对甲醇水蒸气重整制氢的好处是_____。

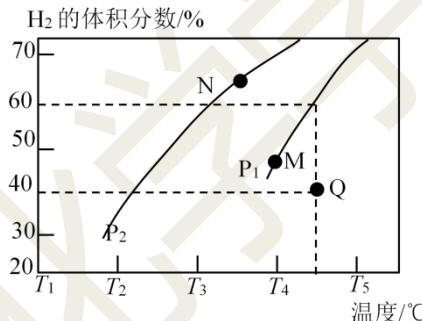
③某温度下，将 n(H₂O) : n(CH₃OH) = 1 : 1 的原料气充入恒容密闭容器中，初始压强为 P₁，反应达平衡时总压强为 P₂，则平衡时甲醇的转化率为_____（忽略副反应）。

(2)工业上用 CH₄ 与水蒸气在一定条件下制取 H₂，原理为: CH₄(g) + H₂O(g) = CO(g) + 3H₂(g) $\Delta H = +203 \text{ kJ/mol}$

①该反应逆反应速率表达式为: $v_{\text{逆}} = k \cdot c(\text{CO}) \cdot c^3(\text{H}_2)$ ，k 为速率常数，在某温度下测得实验数据如表:

CO 浓度(mol·L ⁻¹)	H ₂ 浓度(mol·L ⁻¹)	逆反应速率(mol·L ⁻¹ ·min ⁻¹)
0.05	c ₁	4.8
c ₂	c ₁	19.2
c ₂	0.15	8.1

由上述数据可得该温度下，该反应的逆反应速率常数 k 为 _____ L³·mol⁻³·min⁻¹



②在体积为 3 L 的密闭容器中通入物质的量均为 3 mol 的 CH₄ 和水蒸气，在一定条件下发生上述反应，测得平衡时 H₂ 的体积分数与温度及压强的关系如图所示：则压强 P₁ _____ P₂（填“大于”或“小于”）；N 点 v_正 _____ M 点 v_逆（填“大于”或“小于”）；求 Q 点对应温度下该反应的平衡常数 K=_____。平衡后再向容器中加入 1 mol CH₄ 和 1 mol CO，平衡_____移动（填“正反应方向”或“逆反应方向”或“不”）

10、亚硝酸氯(CINO)是有机合成中的重要试剂。亚硝酸氯可由 NO 与 Cl₂ 在通常条件下反应得到，化学方程式为 2NO(g)+Cl₂(g)=2CINO(g)

(1)氮氧化物与悬浮在大气中的海盐粒子相互作用时会生成亚硝酸氯，涉及如下反应：



则 K₁、K₂、K₃ 之间的关系为 K₃=_____

(2)T℃时，2NO(g)+Cl₂(g)=2CINO(g)的正反应速率表达式为 $v_{\text{正}} = kc^n(\text{ClNO})$ ，测得速率和浓度的关系如下表：

序号	c(ClNO)/mol·L ⁻¹	v/mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹
①	0.30	3.6×10^{-8}
②	0.60	1.44×10^{-7}
③	0.90	3.24×10^{-7}

n=_____；k=_____

(3)在 2 L 的恒容密闭容器中充入 4 mol NO(g) 和 2 mol Cl₂(g), 在不同温度下测得 c(ClNO) 与时间的关系如图 I

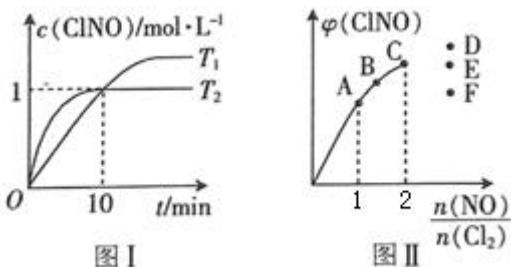


图 II

①温度为 T₁ 时, 能作为该反应达到平衡的标志的有_____

- a. 气体体积保持不变
- b. 容器压强保持不变
- c. 平衡常数 K 保持不变
- d. 气体颜色保持不变
- e. v(ClNO)=v(NO)
- f. NO 与 ClNO 的物质的量比值保持不变

②反应开始到 10 min 时, Cl₂ 的平均反应速率 v(Cl₂) = _____。

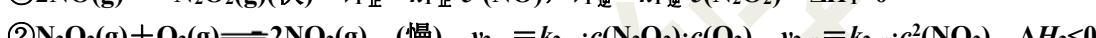
③温度为 T₂ 时, 10 min 时反应已经达到平衡, 该反应的平衡常数 K = _____。

(4)一定条件下在恒温恒容的密闭容器中按一定比例充入 NO(g) 和 Cl₂(g), 平衡时 ClNO 的体积分数 φ 随 $\frac{n(\text{NO})}{n(\text{Cl}_2)}$ 的变化如图 II, 则 A、B、C 三个状态中, NO 的转化率最小的是____点, 当 $\frac{n(\text{NO})}{n(\text{Cl}_2)} = 3$ 时, 达到平衡状态时

ClNO 的体积分数 φ 可能是 D、E、F 三点中的____点

11. 合理利用或转化 NO₂、SO₂、CO、NO 等污染性气体是人们共同关注的课题。

I、某化学课外小组查阅资料后得知: 2NO(g)+O₂(g) ⇌ 2NO₂(g) 的反应历程分两步:

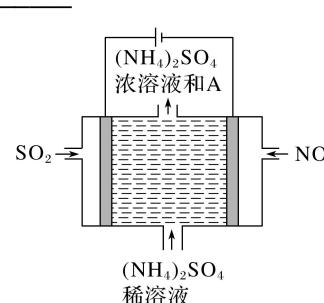
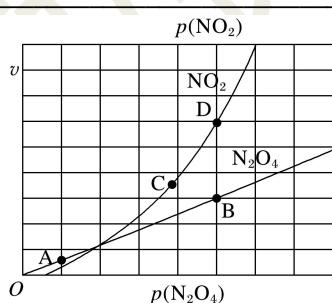


请回答下列问题:

(1) 反应 2NO(g)+O₂(g) ⇌ 2NO₂(g) 的 $\Delta H =$ _____, (用含 ΔH_1 和 ΔH_2 的式子表示)。一定温度下, 反应 2NO(g)+O₂(g) ⇌ 2NO₂(g) 达到平衡状态, 写出用 $k_{1\text{ 正}}$ 、 $k_{1\text{ 逆}}$ 、 $k_{2\text{ 正}}$ 、 $k_{2\text{ 逆}}$ 表示平衡常数的表达式 $K =$ _____

(2) 决定 2NO(g)+O₂(g) ⇌ 2NO₂(g) 反应速率的是反应②, 反应①的活化能 E_1 与反应②的活化能 E_2 的大小关系为 E_1 _____ ($>$ 、 $<$ 或 $=$) E_2 。

II、(3) 反应 N₂O₄(g) ⇌ 2NO₂(g), 在一定条件下 N₂O₄ 与 NO₂ 的消耗速率与自身压强有如下关系: $v(\text{N}_2\text{O}_4) = k_1 \cdot p(\text{N}_2\text{O}_4)$, $v(\text{NO}_2) = k_2 \cdot p^2(\text{NO}_2)$ 。其中 k_1 、 k_2 是与温度有关的常数。一定温度下, 相应的速率与压强关系如图所示, 在图中标出的点中, 能表示该反应达到平衡状态的两个点是_____, 理由是_____



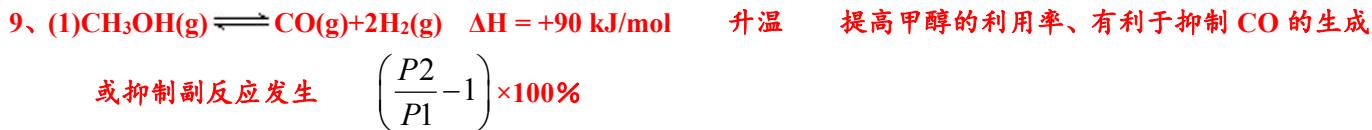
(4) 在 25 ℃ 时, 将 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水溶液与 0.02 mol·L⁻¹HCl 溶液等体积混合后溶液恰好呈中性(忽略溶液混合后体积的变化), 用含 a 的表达式表示 25 ℃ 时 NH₃·H₂O 的电离常数 $K_b =$ _____。用质量分数为 17%、密度为 0.93 g·cm⁻³ 的氨水, 配制 200 mL $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水, 所需原氨水的体积 $V =$ _____ mL

(5) 如图电解装置可将雾霾中的 NO、SO₂ 分别转化为 NH₄⁺ 和 SO₄²⁻。物质 A 的化学式为_____, 阴极的电极反应式是_____

【化学反应原理综合大题训练(二)——速率常数、快慢反应】答案

- 1、 (1) $2a+2b+c$ (2 分)
 (2) ①0.042 (2 分) ②AC (2 分)
 (3) 1050K 前反应未达到平衡状态, 随着温度的升高, 反应速率加快, NO 转化率增大 (2 分) 20% (2 分)
 (4) 4 (2 分)
 (5) ①< (2 分) ② $\frac{20}{81}$ (2 分)
- 2、 (1) $\text{Si(s)} + 3\text{HCl(g)} = \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -210 \text{ kJ/mol}$ (2 分)
 (2) $\text{SiCl}_4 + \text{LiAlH}_4 = \text{SiH}_4 + \text{LiCl} + \text{AlCl}_3$ (2 分)
 (3) ①24% (2 分) 0.025 (2 分) 吸热 (1 分) ②改进催化剂 (1 分) 增大压强或提高反应物浓度 (1 分) ③> (1 分) 0.025 (2 分)
- 3、 (1) $\frac{k_{1\text{正}}k_{2\text{正}}}{k_{1\text{逆}}k_{2\text{逆}}} = a$
 (2) 0.0025 BD BC < 3.9×10^6 (3 分)
- 4、 (1) ①< (2 分) ②AB (2 分)
 ③温度较高时, 温度变化对平衡移动的影响大于浓度变化对平衡移动的影响 (2 分)
 (2) 160 (2 分)
 (3) ACD (2 分)
 (4) $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5} 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (3 分)
 (5) $2\text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \equiv \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (3 分)
- 5、 (1) 降低温度(或“增大压强”、“分离出氮气”、“增大氨气浓度”等) (1 分)
 (2) AE
 (3) 5 0
 (4) ① $0.171 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ②平衡逆向移动
 (5) $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 (6) NO 在尿素溶液中的溶解度较低, 未参与反应的 NO 增多
- 6、 (1) ① $\Delta H_1 - \Delta H_2$ (2 分) ② I (1 分)
 CO 促进反应III逆向移动, CO_2 和 H_2 的量增加, 水蒸气的量减少 (2 分)
 ③510K 时催化剂的活性降低 (2 分)
 (2) $k_{\text{逆}} \times 4.5 \times 10^{-5} (\text{kPa})^{-1}$ (2 分) $\frac{1}{9} \times 10^4$ (或 0.11×10^4) (2 分)
 (3) 不能 (1 分) 因为工业生产水煤气的反应为吸热反应, 通入空气和煤反应, 释放热量使生产水煤气的反应能够持续进行 (2 分)
- 7、 (1) 雾霾 (或酸雨)
 (2) C
 (3) 0.8 <
 (4) -1815.0
 (5) B
 (6) $2\text{NO} + 4\text{e}^- = \text{N}_2 + 2\text{O}^{2-}$
 (7) 阴极发生副反应 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{O}^{2-}$
 (8) 选择
- 8、 (1) N_2 (2 分)
 (2) $-\frac{1}{5}(2a + 3b + 30c)$ (2 分)
 (3) ①bd (2 分) ②25 (2 分) = (1 分)

(4) ① $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ (2分) ② 2 (2分) 120 (2分)



(2) 1.2×10^4 大于 小于 $48 (\text{mol/L})^2$ 正反应方向

10、(1) $\frac{K_2^2}{K_1}$

(2) 2 $4.0 \times 10^{-7} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(3) bdf $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ $2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

(4) C F

11、(1) $\Delta H_1 + \Delta H_2 \quad \frac{k_{1\text{正}} \cdot k_{2\text{正}}}{k_{1\text{逆}} \cdot k_{2\text{逆}}}$

(2) <

(3) B、D 图中只有 D 点的 NO_2 的消耗速率是 B 点 N_2O_4 的消耗速率的 2 倍，所以表示达到平衡状态的点是 B、D

(4) $\frac{2 \times 10^{-9}}{a - 0.02}$ (或 $\frac{10^{-7}}{50a - 1}$) $21.5a$ (或 $\frac{200a}{9.3}$ 或 $\frac{2000a}{93}$)

