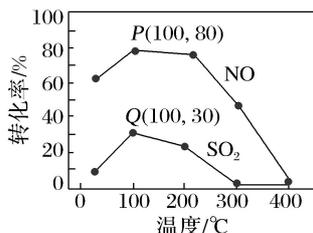


其它条件不变,每次向容积为 2 L 的反应器中充入含 2.0 mol NO、2.0 mol SO₂ 的模拟烟气和 4.0 mol O₃, 改变温度, 反应相同时间 t 后体系中 NO 和 SO₂ 的转化率如图所示:



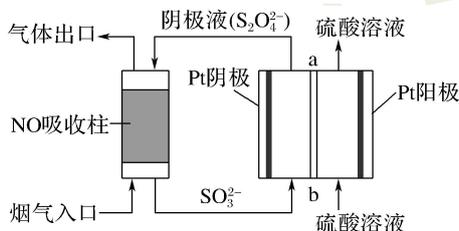
①由图可知相同温度下 NO 的转化率远高于 SO₂, 结合题中数据分析其可能原因_____

②下列说法正确的是_____

- A. Q 点一定为平衡状态点
- B. 温度高于 200 °C 后, NO 和 SO₂ 的转化率随温度升高显著下降、最后几乎为零
- C. 其它条件不变, 若扩大反应器的容积可提高 NO 和 SO₂ 的转化率
- D. 臭氧氧化过程不能有效地脱除 SO₂, 但后续步骤碱吸收可以有效脱硫

③假设 100 °C 时 P、Q 均为平衡点, 此时反应时间为 5 min, 发生分解反应的臭氧占充入臭氧总量的 10%, 则体系中剩余 O₃ 的物质的量是_____ mol; SO₂ 的平均反应速率为_____; 反应 I 在此时的平衡常数为_____

(3)以连二硫酸根(S₂O₄²⁻)为媒介, 使用间接电化学法也可处理燃煤烟气中的 NO, 装置如图所示:



①ab 是_____离子交换膜(填“阳”或“阴”)。阴极区的电极反应式为_____

②若 NO 吸收转化后的产物为 NH₄⁺, 通电过程中吸收 4.48 L NO(标况下), 则阳极可以产生_____ mol 气体

3、石油化工生产中, 利用裂解反应可以获得重要化工原料乙烯、丙烯。一定条件下, 正丁烷裂解的主反应如下:



(1)正丁烷、乙烷和乙烯的燃烧热分别为 $Q_1 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $Q_2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $Q_3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 反应 II 的 $\Delta H_2 =$ _____

(2)一定温度下, 向容积为 5 L 的密闭容器中通入正丁烷, 反应时间(t)与容器内气体总压强(p)数据如下:

t/min	0	a	$2a$	$3a$	$4a$
p/MPa	5	7.2	8.4	8.8	8.8

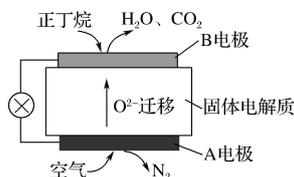
①该温度下, 正丁烷的平衡转化率 $\alpha =$ _____; 反应速率可以用单位时间内分压的变化表示, 即 $v = \Delta p / \Delta t$, 前 $2a \text{ min}$ 内正丁烷的平均反应速率 $v_{(\text{正丁烷})} =$ _____ $\text{MPa}\cdot\text{min}^{-1}$

②若平衡时甲烷、乙烯的体积分数分别为 $\frac{2}{11}$ 、 $\frac{1}{4}$, 则该温度下反应 I 的压强平衡常数 $K_p =$ _____ MPa (用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压 = 总压 \times 物质的量分数, 保留三位有效数字)

③若反应在恒温、恒压条件进行, 平衡后反应容器的体积_____ 8.8 L(填“>”“<”或“=”)

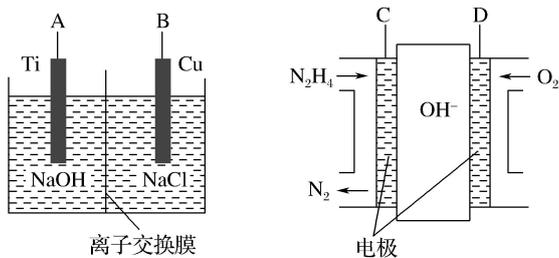
④实际生产中发现高于 640 K 后, 乙烯和丙烯的产率随温度升高增加幅度减小, 可能的原因是_____ (任写 1 条)

(3)一种丁烷燃料电池工作原理如图所示。



①A 电极上发生的是_____反应(填“氧化”或“还原”)。②写出 B 电极的电极反应式: _____

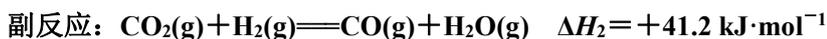
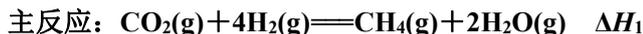
(3)用肼燃料电池为电源,通过离子交换膜电解法控制电解液中 OH^- 的浓度来制备纳米 Cu_2O ,装置如图所示:



上述装置中 B 电极应连电极_____ (填“C”或“D”)。该电解池中的离子交换膜为_____ (填“阴”或“阳”)离子交换膜

6、对温室气体二氧化碳的研究一直是科技界关注的重点。

I、在催化剂存在下用 H_2 还原 CO_2 是解决温室效应的重要手段之一,相关反应如下:



已知 H_2 和 CH_4 的燃烧热分别为 $-285.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 和 $-890.0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$



(1) $\Delta H_1 =$ _____ $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

(2)有利于提高 CH_4 平衡产率的反应条件是_____ (至少写两条),工业上提高甲烷反应选择性的关键因素是_____

(3) $T^\circ\text{C}$ 时,若在体积恒为 2 L 的密闭容器中同时发生上述反应,将物质的量之和为 5 mol 的 H_2 和 CO_2 以不同的投料比进行反应,结果如图 1 所示。若 a、b 表示反应物的转化率,则表示 H_2 转化率的是_____, c、d 分别表示 $\text{CH}_4(\text{g})$ 和 $\text{CO}(\text{g})$ 的体积分数,由图可知 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)} =$ _____ 时,甲烷产率最高。若该条件 CO 的产率趋于 0,则 $T^\circ\text{C}$ 时①的平衡常数 $K =$ _____

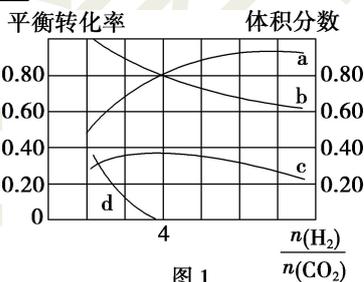


图 1

II、溶于海水的 CO_2 95% 以 HCO_3^- 形式存在。在海洋中,通过如图 2 钙化作用实现碳自净。

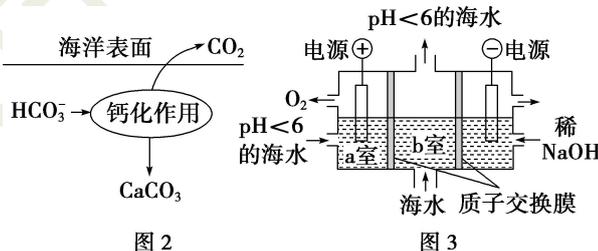


图 2

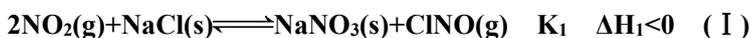
图 3

(4)写出钙化作用的离子方程式: _____。

(5)如图 3,电解完成后, a 室的 pH _____ (“变大”“变小”或“几乎不变”); 其间 b 室发生反应的离子方程式为 _____

7、氮氧化物 NO_x (主要指 NO 和 NO_2) 会形成酸雨、光化学烟雾,破坏臭氧层,是大气主要污染物之一,有效去除大气中的 NO_x 是环境保护的重要课题。

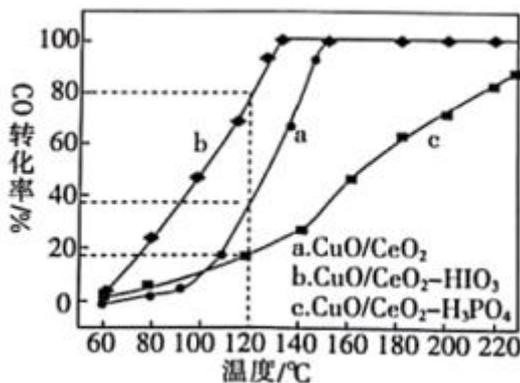
(1)研究氮氧化物与悬浮在大气中海盐粒子的相互作用时,涉及如下反应:



① $4\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{NaCl}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NaNO}_3(\text{s}) + 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 的平衡常数 $K =$ _____ (用 K_1 、 K_2 表示)

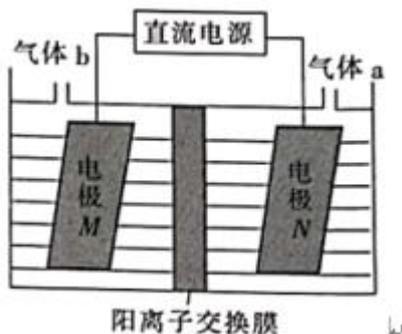
②为研究不同条件对反应(II)的影响,在恒温条件下,向 2 L 恒容密闭容器中加入 0.2 mol NO 和 0.1 mol Cl_2 ,

(2)燃料气(主要含 N_2 和 H_2 , 还含有少量其他杂质)中的 CO 会使电极催化剂中毒, 使用 CuO/CeO_2 催化剂可使 CO 优先氧化而脱除。 CeO_2 可由草酸铈 $[Ce(C_2O_4)_3]$ 灼烧制得, 反应的化学方程式为_____。在 CuO/CeO_2 催化剂中加入不同的酸(HIO_3 或 H_3PO_4), 测得燃料气中 CO 优先氧化的转化率随温度的变化如下图所示。

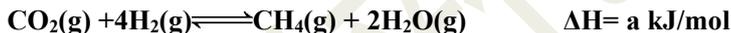


加入 H_3PO_4 _____ (填“促进”或“抑制”) CuO/CeO_2 的催化。温度为 $120^\circ C$, 催化剂为 CuO/CeO_2-HIO_3 时, 若燃料气流速为 $1800 mL \cdot min^{-1}$, CO 的体积分数为 0.68% , 则反应 $0.5h$ 后 CO 的体积为 _____ mL 。

(3) $LiOH$ 是制备锂离子电池正极材料的重要原料, 利用 $LiCl$ 溶液电解制备得 $LiOH$ 的装置如下图, $LiOH$ 在 _____ (填“M 极”或“N 极”) 制得, N 极产生的气体 a 通入淀粉 KI 溶液溶液变蓝, 持续一段时间后, 蓝色可逐渐褪去。据此写出 N 极的电极反应式 _____, 蓝色逐渐褪去是因为溶液中逐渐生成 HIO_3 , 写出此反应的化学方程式 _____



9、科学家积极探索新技术对 CO_2 进行综合利用, CO_2 用来合成低碳烃。



(1)已知: ① $4H_2(g) + 2O_2(g) = 4H_2O(g) \quad \Delta H = -967.2 \text{ kJ/mol}$

② $CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -802.0 \text{ kJ/mol}$

请回答: ①②这两个反应在热力学上趋势均很大, 其原因是 _____; $a =$ _____ kJ/mol

(2)在体积为 $1L$ 的密闭刚性容器中, 充入 $4\text{mol } H_2$ 和 $1\text{mol } CO_2$, 测得温度对 CO_2 的平衡转化率和催化剂催化效率的影响如图 1 所示。

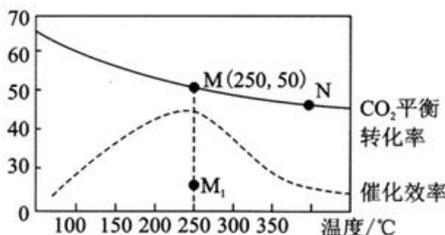


图1

①已知 M 点总压为 1MPa , 该反应在此温度下的平衡常数 $K_p =$ _____ MPa^{-2} . (K_p 是用平衡分压代替平衡浓度表示的化学平衡常数, 气体分压 = 气体总压 \times 体积分数。)

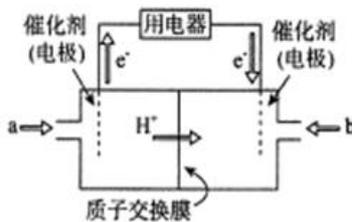
②欲增加二氧化碳的平衡转化率, 可采取的措施有 _____

- A. 通入惰性气体
- B. 提高温度
- C. 增加二氧化碳浓度
- D. 增加氢气浓度

③下列说法正确的是_____

- A. 平衡常数大小: $K_N > K_M$
- B. 其他条件不变, 若不使用催化剂, 则 250°C 时 CO_2 的平衡转化率可能位于点 M_1
- C. 图 1 中 M 点时, 甲烷的体积分数为 12.5%
- D. 当压强或 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2)$ 不变时均可证明化学反应已达到平衡状态

(3) 新型高效的甲烷燃料电池工作时总反应式: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



①该电池的负极是_____ (填 a 或 b)

②负极电极反应式为_____

10、 CO_2 和 CH_4 是两种重要的温室气体, 通过 CH_4 和 CO_2 反应制造更高价值化学品是目前的研究目标。

(1) 250°C 时, 以镍合金为催化剂, 向 4 L 容器中通入 6 mol CO_2 、6 mol CH_4 , 发生如下反应:

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 。平衡体系中各组分体积分数如下表:

物质	CH_4	CO_2	CO	H_2
体积分数	0.1	0.1	0.4	0.4

①此温度下该反应的平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$

②已知: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

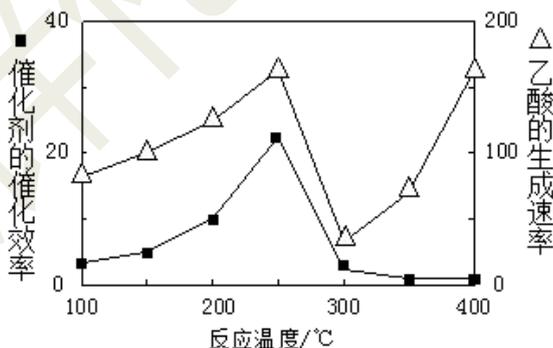
$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +2.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -566.0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(2) 以二氧化钛表面覆盖 $\text{Cu}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ 为催化剂, 可以将 CO_2 和 CH_4 直接转化成乙酸。

①在不同温度下催化剂的催化效率与乙酸的生成速率如图所示。 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 时, 温度升高而乙酸的生成速率降低的原因是_____



②为了提高该反应中 CH_4 的转化率, 可以采取的措施是_____。

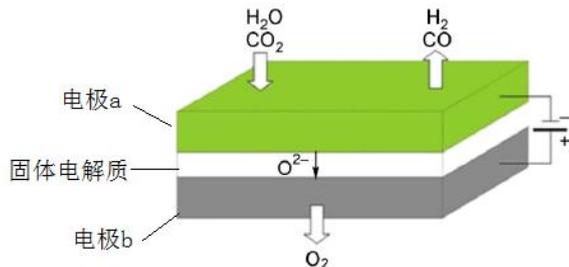
(3) Li_2O 、 Na_2O 、 MgO 均能吸收 CO_2 ;

①如果寻找吸收 CO_2 的其他物质, 下列建议不合理的是_____。

- a. 可在具有强氧化性的物质中寻找
- b. 可在碱性氧化物中寻找
- c. 可在 I A、II A 族元素形成的氧化物中寻找

② Li_2O 吸收 CO_2 后, 产物用于合成 Li_4SiO_4 , Li_4SiO_4 用于吸收、释放 CO_2 , 原理是: 在 500°C , CO_2 与 Li_4SiO_4 接触后生成 Li_2CO_3 ; 平衡后加热至 700°C , 反应逆向进行, 放出 CO_2 , Li_4SiO_4 再生, 说明该原理的化学方程式是_____

(4)高温电解技术能高效实现下列反应： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{高温}]{\text{电解}} \text{CO} + \text{H}_2 + \text{O}_2$ ，其可将释放的 CO_2 转化为具有工业利用价值的产品。工作原理示意图如下， CO_2 在电极 a 放电的电极反应式是_____。



11、 MoS_2 (辉钼矿的主要成分)可用于制取钼的化合物润滑添加剂氢化反应和异构化反应的催化剂等。回答下列问题：

(1)反应 $3\text{MoS}_2 + 18\text{HNO}_3 + 12\text{HCl} = 3\text{H}_2[\text{MoO}_2\text{Cl}_4] + 18\text{NO}\uparrow + 6\text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ 中，每溶解 1mol MoS_2 ，转移电子的物质的量为_____。

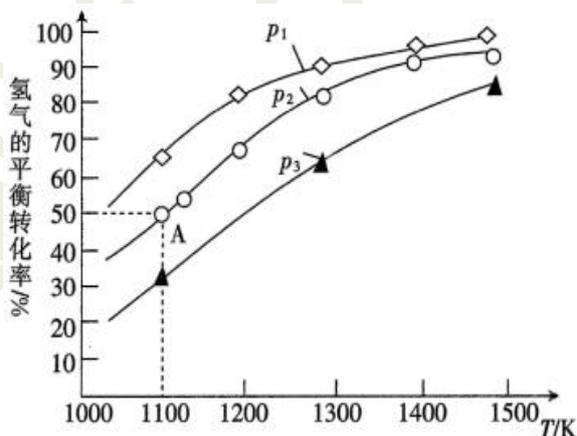
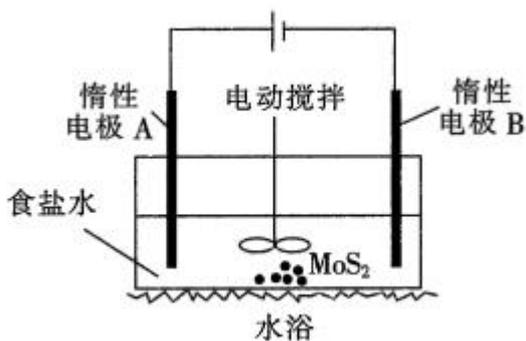
(2)已知： $\text{MoS}_2(\text{s}) = \text{Mo}(\text{s}) + \text{S}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$

$\text{S}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2$

$2\text{MoS}(\text{s}) + 7\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{MoO}_3(\text{s}) + 4\text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3$

反应 $2\text{Mo}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{MoO}_3(\text{s})$ 的 $\Delta H =$ _____ (用含 ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 的代数式表示)

(3)利用电解法可浸取辉钼矿得到 Na_2MoO_4 和 Na_2SO_4 溶液(装置如图所示)。



①阴极的电极反应式为_____。

②一段时间后，电解液的 pH _____ (填“增大”“减小”或“不变”)， MoO_4^{2-} 在电极 _____ (填“A”或“B”) 附近生成。

③实际生产中，惰性电极 A 一般不选用石墨，而采用 DSA 惰性阳极(基层为 TiO_2 ，涂层为 $\text{RuO}_2 + \text{IrO}_2$)，理由是_____。

(4)用辉钼矿冶炼 Mo 的反应为： $\text{MoS}_2(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mo}(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{Na}_2\text{S}(\text{s}) \quad \Delta H$

①该反应的 ΔH _____ (填“>”或“<”)0； p_1 、 p_2 、 p_3 按从小到大的顺序为_____。

②在某恒容密闭容器中加入 0.1mol MoS_2 、 $0.2\text{mol Na}_2\text{CO}_3$ 、 0.4mol H_2 ，一定温度下发生上述反应，下列叙述说明反应已达到平衡状态的是_____。

a. $v_{\text{正}}(\text{H}_2) = v_{\text{逆}}(\text{CO})$

b. 气体的密度不再随时间变化

c. 气体的压强不再随时间变化

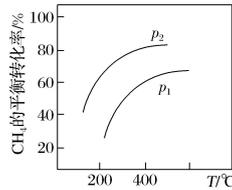
d. 单位时间内断裂 H—H 键与断裂 H—O 键的数目相等

③在 2L 的恒温恒容密闭容器中加入 0.1mol MoS_2 、 $0.2\text{mol Na}_2\text{CO}_3$ 、 0.4mol H_2 ，在 1100K 时发生反应，达到平衡时恰好处于图中 A 点，则此温度下该反应的平衡常数为_____。

【化学反应原理综合大题训练(五)——化学平衡与电化学的结合】答案



(2) 0.25 或 $0.25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 如图所示



(3) ①在 200 °C 时, 乙烷的生成速率比乙烯的快

②在 600 °C 后, 乙烯开始分解为碳和氢气

(4) 阳 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$ 或 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\uparrow$ 基本不变

2、(1) $2\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \Delta H = -270 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(2) ①反应 I 的活化能小于反应 II, 相同条件下更易发生反应 ②BD ③1.4 $0.06 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 8

(3) ①阳 $2\text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ②0.25

3、(1) $(Q_2 + Q_3 - Q_1) \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(2) ①76% 1.7/a ②2.13 ③> ④催化剂活性降低(或反应物浓度降低等)

(3) ①还原 ② $\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2^{2-} - 26\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$

4、(1) $-1100.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

(2) ①0.005 ②吸热 ③1.8 ④<

(3) $\text{N}_2\text{O}_4 - 2\text{e}^- + 2\text{HNO}_3 \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+$ (4) $2\text{NO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

5、(1) ①a ②-1804.7 ③> 75%

(2) $2\text{NO}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ $c(\text{NO}_3^-) > c(\text{NO}_2^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

(3) D 阴

6、(1)-164.0 (2)降低温度, 增大压强 催化剂

(3)b 4 100 (4) $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (5)几乎不变 $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

7、(1) K_1^2/K_2 75% > 不变 (2)-139

(3) NO_2 、NO $2\text{NH}_3 + \text{NO}_2 + \text{NO} \xrightarrow{\text{一定条件}} 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ Mn

(4)化学能转化为电能 $\text{NO} - 3\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$

8、(1) $+131.45 \text{ kJ/mol}$ $\frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{H}_2\text{O})}$ $0.0292 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

(2) $\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CeO}_2 + 4\text{CO}\uparrow + 2\text{CO}_2\uparrow$ 抑制 73.44

(3)M 极 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2\uparrow$ $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$

9、(1)两个反应都放出大量的热 -165.2

(2) 1 D C

(3) a $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} - 8\text{e}^- = \text{CO}_2 + 8\text{H}^+$

10、(1) 64 +247.3

(2) 温度超过 250°C 时, 催化剂的催化效率降低 增大反应压强或增大 CO_2 的浓度

(3) a $\text{CO}_2 + \text{Li}_4\text{SiO}_4 \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Li}_2\text{SiO}_3$

(4) $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{CO} + \text{O}^{2-}$

11、(1) 18mol

(2) $\Delta H_3 - 2\Delta H_2 - 2\Delta H_1$

(3) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ 增大 A 阳极主要生成 Cl_2 , 还会生成 O_2 , 生成的 O_2 会消耗石墨

(4) > $p_1 < p_2 < p_3$ bc $2.5 \times 10^{-3} (\text{mol/L})^2$