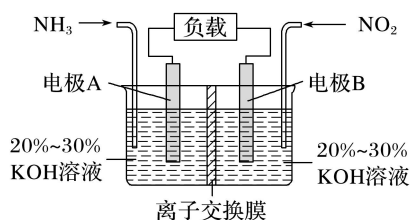


## 微专题 12 电化学原理在污染治理中的应用

利用电化学原理把空气中、溶液中的污染物去除或把有毒物质变为无毒、低毒物质，其具有易于控制、无污染或少污染、高度灵活性和经济性等优点，也可以综合运用原电池、电解池原理来解决生活生产中的实际问题。

### 【跟踪训练】

1. 利用反应  $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$  构成电池的方法，既能实现有效消除氮氧化物的排放，减轻环境污染，又能充分利用化学能，装置如图所示，下列说法不正确的是( )

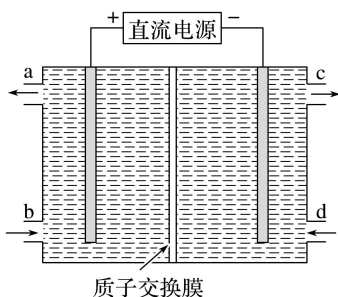


- A. 电流从右侧电极经过负载后流向左侧电极
- B. 为使电池持续放电，离子交换膜需选用阴离子交换膜
- C. 电极 A 极反应式为  $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{H}^+$
- D. 当有 4.48 L  $\text{NO}_2$ (标准状况)被处理时，转移电子为 0.8 mol

答案 C

解析 由反应  $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$  可知，反应中  $\text{NO}_2$  为氧化剂， $\text{NH}_3$  为还原剂，则 A 为负极，B 为正极。B 为正极，A 为负极，电流由正极经导线流向负极，故 A 正确；原电池工作时，阴离子向负极移动，为使电池持续放电，离子交换膜需选用阴离子交换膜，防止二氧化氮反应生成硝酸盐和亚硝酸盐，导致原电池不能正常工作，故 B 正确；电解质溶液呈碱性，则负极电极反应式为  $2\text{NH}_3 - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ，故 C 错误；当有 4.48 L  $\text{NO}_2$ (标准状况)即 0.2 mol 被处理时，转移电子为  $0.2 \text{ mol} \times (4 - 0) = 0.8 \text{ mol}$ ，故 D 正确。

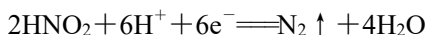
2. 铈(Ce)是镧系金属元素。空气污染物 NO 通常用含  $\text{Ce}^{4+}$  的溶液吸收，生成  $\text{HNO}_2$ 、 $\text{NO}_3^-$ ，再利用电解法将上述吸收液中的  $\text{HNO}_2$  转化为无毒物质，同时生成  $\text{Ce}^{4+}$ ，其原理如图所示。下列说法正确的是( )



- A.  $\text{H}^+$  由右室进入左室

B.  $\text{Ce}^{4+}$ 从电解槽的c口流出,且可循环使用

C. 阴极的电极反应式:



D. 若用甲烷燃料电池作为电源,当消耗标准状况下 33.6 L 甲烷时,理论上可转化  $\text{HNO}_2$  2 mol

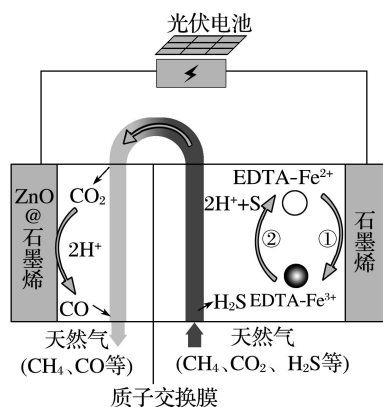
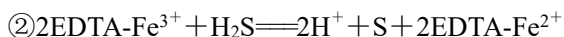
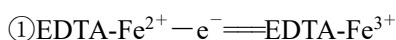
答案 C

解析 A项,根据电解原理, $\text{H}^+$ 由左室向右室移动,错误;B项,空气污染物NO通常用含 $\text{Ce}^{4+}$ 的溶液吸收,生成 $\text{HNO}_2$ 、 $\text{NO}_3^-$ ,N的化合价升高, $\text{Ce}^{4+}$ 的化合价降低,然后对此溶液进行电解,又产生 $\text{Ce}^{4+}$ ,根据电解原理,应在阳极上产生,即 $\text{Ce}^{4+}$ 从a口流出,可循环使用,错误;C项,根据电解原理,阴极上得电子,化合价降低, $\text{HNO}_2$ 转化为无毒物质,即转化为 $\text{N}_2$ ,阴极电极反应式为 $2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ,正确;D项,标准状况下,

33.6 L 甲烷参与反应转移电子物质的量为 $\frac{33.6 \times 8}{22.4} \text{ mol} = 12 \text{ mol}$ ,理论上可转化 $\text{HNO}_2$ 的物质

的量为 $\frac{12 \times 2}{6} \text{ mol} = 4 \text{ mol}$ ,错误。

3. (2018·全国卷 I, 13)最近我国科学家设计了一种 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ 协同转化装置,实现对天然气中 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{S}$ 的高效去除。示意图如下所示,其中电极分别为 $\text{ZnO}@\text{石墨烯}$ (石墨烯包裹的 $\text{ZnO}$ )和石墨烯,石墨烯电极区发生反应为:



该装置工作时,下列叙述错误的是( )

A. 阴极的电极反应:  $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

B. 协同转化总反应:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$

C. 石墨烯上的电势比 $\text{ZnO}@\text{石墨烯}$ 上的低

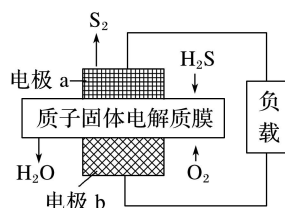
D. 若采用 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 取代 $\text{EDTA-Fe}^{3+}/\text{EDTA-Fe}^{2+}$ ,溶液需为酸性

答案 C

解析 由题中信息可知,石墨烯电极发生氧化反应,为电解池的阳极,则 $\text{ZnO}@\text{石墨烯}$ 电极为阴极。阳极接电源正极,电势高,阴极接电源负极,电势低,故石墨烯上的电势比 $\text{ZnO}@\text{石墨烯}$

石墨烯上的高，C项错误；由题图可知，电解时阴极反应式为  $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ，A项正确；将阴、阳两极反应式合并可得总反应式为  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$ ，B项正确； $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 只能存在于酸性溶液中，D项正确。

4. (2019·南京建邺区月考)  $\text{H}_2\text{S}$  废气资源化利用途径之一是回收能量并得到单质硫。反应原理为  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{S}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -632 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。如图为质子膜  $\text{H}_2\text{S}$  燃料电池的示意图。下列说法正确的是( )



- A. 电极 a 为电池的正极
- B. 电极 b 上发生的电极反应为  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$
- C. 电路中每流过 4 mol 电子，电池内部释放 632 kJ 热能
- D. 每 17 g  $\text{H}_2\text{S}$  参与反应，有 1 mol  $\text{H}^+$  经质子膜进入正极区

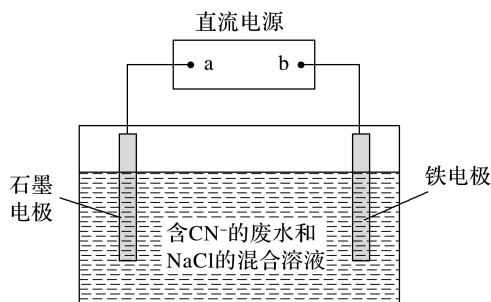
答案 D

解析 由  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = \text{S}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  得出负极  $\text{H}_2\text{S}$  失电子发生氧化反应，则 a 为电池的负极，故 A 错误；正极  $\text{O}_2$  得电子发生还原反应，所以电极 b 上发生的电极反应为  $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ ，故 B 错误；电路中每流过 4 mol 电子，则消耗 1 mol 氧气，但该装置将化学能转化为电能，所以电池内部几乎不放出热能，故 C 错误；每 17 g 即  $\frac{17 \text{ g}}{34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$   $\text{H}_2\text{S}$  参与反应，则消耗 0.25 mol 氧气，则根据  $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$  可知，有 1 mol  $\text{H}^+$  经质子膜进入正极区，故 D 正确。

5. 按照要求回答下列问题。

(1) 工业上，在强碱性条件下用电解法除去废水中的  $\text{CN}^-$ ，装置如图所示，依次发生的反应有：

- i.  $\text{CN}^- - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{CNO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- ii.  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$
- iii.  $3\text{Cl}_2 + 2\text{CNO}^- + 8\text{OH}^- = \text{N}_2 + 6\text{Cl}^- + 2\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$



① a 为电源 \_\_\_\_\_ 极。

②通电过程中溶液 pH 不断\_\_\_\_\_ (填“增大”“减小”或“不变”)。

③除去 1 mol  $\text{CN}^-$ ，外电路中至少需要转移\_\_\_\_\_ mol 电子。

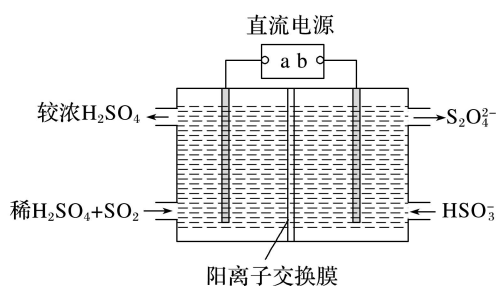
④为了使电解池连续工作，需要不断补充\_\_\_\_\_。

答案 ①正 ②减小 ③5 ④NaOH 和 NaCl

解析 ①电解时铁电极作阴极，则 b 为电源负极，a 为电源正极；②阴极反应式为： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$ ，根据反应 i、ii、iii 及阴极反应式可知，通电过程中消耗  $\text{OH}^-$  的量大于生成  $\text{OH}^-$  的量，故溶液 pH 不断减小；③反应 i 转移  $2\text{e}^-$ ，反应 iii 转移  $6\text{e}^-$ ，故除去 1 mol  $\text{CN}^-$ ，外电路中至少需要转移  $2\text{ mol} + \frac{1}{2} \times 6\text{ mol} = 5\text{ mol}$  电子；④通电过程中  $\text{OH}^-$  不断被消耗，

且有部分  $\text{Cl}_2$  逸出，为了使电解池连续工作，需要不断补充 NaOH 和 NaCl。

(2)利用如图所示装置(电极均为惰性电极)可吸收  $\text{SO}_2$ ，并用阴极排出的溶液吸收  $\text{NO}_2$  来解决环境污染问题。



①阴极的电极反应式为：\_\_\_\_\_；

②阳极的电极反应式为：\_\_\_\_\_；

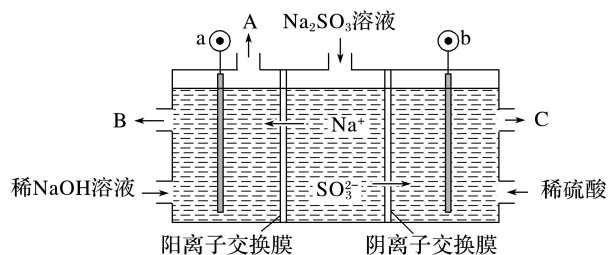
③电解时， $\text{H}^+$  通过阳离子交换膜的移动方向是\_\_\_\_\_。

答案 ① $2\text{HSO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

② $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$  ③由阳极室到阴极室

解析 由图中信息可知，两电极连接在直流电源上，所以该装置为电解池；二氧化硫被氧化为硫酸，而  $\text{HSO}_3^-$  被还原为  $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ 。根据电解原理，阳极上发生氧化反应而阴极上发生还原反应，所以通入二氧化硫的为阳极室，另一侧为阴极室，所以 a 连接电源的正极，b 连接电源的负极，电解池中一般溶液中的阳离子向阴极定向移动，而阴离子向阳极定向移动，但是由于电解池使用了交换膜，所以只有阳离子  $\text{H}^+$  才可以从阳极室通过阳离子交换膜向阴极室移动。

(3)用 NaOH 溶液吸收烟气中的  $\text{SO}_2$ ，将所得的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液进行电解，可循环再生 NaOH，同时得到  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，其原理如下图所示(电极材料为石墨)。



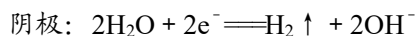
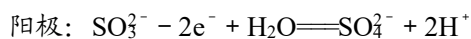
①图中 a 极要连接电源的\_\_\_\_\_ (填“正”或“负”)极, C 口流出的物质是\_\_\_\_\_。

② $\text{SO}_3^{2-}$  放电的电极反应式为\_\_\_\_\_。

③电解过程中阴极区碱性明显增强, 用平衡移动原理解释原因: \_\_\_\_\_。

答案 ①负 硫酸 ② $\text{SO}_3^{2-} - 2e^- + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$  ③水为弱电解质, 存在  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ , 在阴极  $\text{H}^+$  放电生成  $\text{H}_2$ ,  $c(\text{H}^+)$  减小, 水的电离平衡正向移动, 碱性增加

解析 根据  $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  的移向判断阴、阳极。 $\text{Na}^+$  移向阴极区, a 极应接电源负极, b 极应接电源正极, 其电极反应式分别为

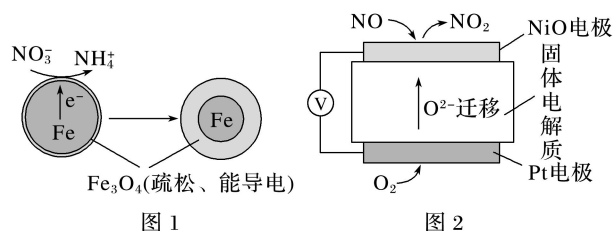


所以从 C 口流出的是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 在阴极区, 由于  $\text{H}^+$  放电, 破坏了水的电离平衡,  $c(\text{H}^+)$  减小,  $c(\text{OH}^-)$  增大, 生成  $\text{NaOH}$ , 碱性增强, 从 B 口流出的是浓度较大的  $\text{NaOH}$  溶液。

(4)用零价铁( $\text{Fe}$ )去除水体中的硝酸盐( $\text{NO}_3^-$ )已成为环境修复研究的热点之一。 $\text{Fe}$  还原水体中的  $\text{NO}_3^-$  的反应原理如图 1 所示。

①作负极的物质是\_\_\_\_\_。

②正极的电极反应式是\_\_\_\_\_。



答案 ①铁 ② $\text{NO}_3^- + 8e^- + 10\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$

(5)通过  $\text{NO}_x$  传感器可监测  $\text{NO}_x$  的含量, 其工作原理示意图如图 2 所示。

①Pt 电极上发生的是\_\_\_\_\_反应(填“氧化”或“还原”)。

②写出 NiO 电极的电极反应式: \_\_\_\_\_。

答案 ①还原 ② $\text{NO} + \text{O}^{2-} - 2e^- = \text{NO}_2$