

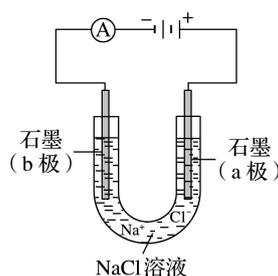
第2课时 电解原理的应用

[核心素养发展目标] 1.变化观念与平衡思想：通过对氯碱工业、电镀、电解精炼铜、电冶金等原理的分析，认识电能与化学能之间的能量转化。2.证据推理与模型认知：建立电解应用问题的分析思维模型和电解相关计算的思维模型，加深对电解原理的理解和应用。

一、电解饱和食盐水

烧碱、氯气都是重要的化工原料，习惯上把电解饱和食盐水的工业生产叫做氯碱工业。

1. 电解饱和食盐水的原理



通电前：溶液中的离子是 Na^+ 、 Cl^- 、 H^+ 、 OH^- 。

通电后：①移向阳极的离子是 Cl^- 、 OH^- ， Cl^- 比 OH^- 容易失去电子，被氧化成氯气。

阳极： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ (氧化反应)。

②移向阴极的离子是 Na^+ 、 H^+ ， H^+ 比 Na^+ 容易得到电子，被还原成氢气。其中 H^+ 是由水电离产生的。

阴极： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ (还原反应)。

③总反应：

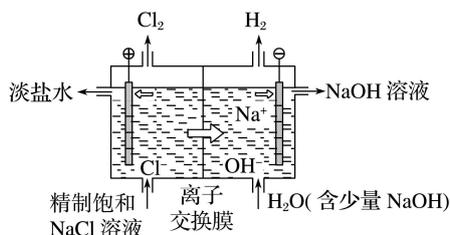
化学方程式为 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ ；

离子方程式为 $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 。

2. 氯碱工业生产流程

工业生产中，电解饱和食盐水的反应在离子交换膜电解槽中进行。

①阳离子交换膜电解槽



②阳离子交换膜的作用：只允许 Na^+ 等阳离子通过，不允许 Cl^- 、 OH^- 等阴离子及气体分子通过，可以防止阴极产生的氢气与阳极产生的氯气混合发生爆炸，也能避免氯气与阴极产生的氢氧化钠反应而影响氢氧化钠的产量。

3. 氯碱工业产品及其应用

(1)氯碱工业产品主要有 NaOH、Cl₂、H₂、盐酸、含氯漂白剂。

(2)电解饱和食盐水为原理的氯碱工业产品在有机合成、造纸、玻璃、肥皂、纺织、印染、农药、金属冶炼等领域中广泛应用。

【正误判断】

(1)电解饱和食盐水时，阴极发生氧化反应： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ()

(2)氯碱工业电解槽中滴入酚酞溶液，变红色的区域为阳极区()

(3)电解饱和食盐水时，阳极和阴极都可以选择金属材料(如铁)()

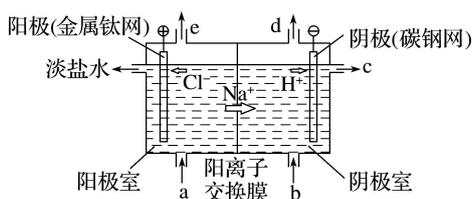
(4)电解饱和 NaCl 溶液可以制取金属钠()

(5)利用电解饱和食盐水可制得“84”消毒液()

答案 (1)× (2)× (3)× (4)× (5)√

【应用体验】

1. 氯碱工业以电解精制饱和食盐水的方法制取氯气、氢气、烧碱和氯的含氧酸盐等系列化工产品，如图是离子交换膜法电解饱和食盐水的示意图，图中阳离子交换膜只允许 Na^+ 等通过，不允许 OH^- 、 Cl^- 等阴离子及气体分子通过。



试完成下列问题：

(1)阳极(金属钛网)电极反应式：_____；

阴极(碳钢网)电极反应式：_____；

电解饱和食盐水总离子方程式：_____。

(2)阳离子交换膜的作用为：_____，

从图中 b 位置补充的为含有少量 NaOH 的水，NaOH 的作用为_____。

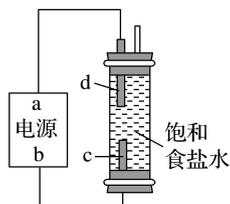
(3)精制饱和食盐水从图中_____位置(填“a”“b”“c”或“d”，下同)补充，NaOH 溶液从图中_____位置流出，图中 e 位置排出的气体为_____。

答案 (1) $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$

(2)将电解槽隔成阳极室和阴极室，允许阳离子 Na^+ 通过，阻止阴离子 OH^- 、 Cl^- 和气体通过，使生成的 NaOH 更纯，并防止 H_2 、 Cl_2 混合发生爆炸 增强导电性，提高电解效率 (3)a c 氯气

2. 在新冠肺炎疫情期间，“84”消毒液是环境消毒液之一。某学生想制作一种家用环保型消毒液发生器，用石墨作电极电解饱和氯化钠溶液，通电时，为使 Cl_2 被完全吸收制得有较强

杀菌能力的消毒液，设计了如图所示的装置。c、d都为碳电极。

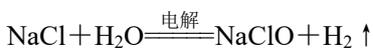


完成下列填空：

(1)a 为电源的_____极，c 为电解池的_____极(填“正”“负”或“阴”“阳”)。

(2)d 电极上发生的电极反应式：_____，电解产生消毒液的总化学方程式为_____。

答案 (1)负 阳 (2) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$



解析 电解饱和氯化钠溶液的方程式为 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$ ，该学生目的是使 Cl_2 被完全吸收制得 NaClO 溶液，即要让 Cl_2 与 NaOH 充分混合反应。所以应在下端产生 Cl_2 ，上端产生 NaOH ，则 a 为负极，b 为正极，c 为阳极，d 为阴极， Cl_2 和 NaOH 溶液反应： $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ，故电解产生消毒液的总化学方程式为： $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{NaClO} + \text{H}_2 \uparrow$ 。

二、电镀 电冶金

1. 电镀与电解精炼

电镀是一种利用电解原理在某些金属表面镀上一薄层其他金属或合金的加工工艺。电镀的主要目的是使金属增强抗腐蚀能力，增加表面硬度和美观。

| | | |
|------|--|---|
| 装置 | <p>电镀</p> | <p>精炼</p> |
| 阳极材料 | 镀层金属 Cu | 粗铜(含锌、银、金等杂质) |
| 阴极材料 | 镀件金属 Fe | 纯铜 |
| 阳极反应 | $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ | $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ 等 |
| 阴极反应 | $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ | $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ |
| 溶液变化 | 硫酸铜溶液浓度保持不变 | Cu^{2+} 浓度减小，金、银等金属沉积形成阳极泥 |

2.电冶金

(1)金属冶炼的本质：使矿石中的金属离子获得电子变成金属单质的过程。如 $M^{n+} + ne^- = M$ 。

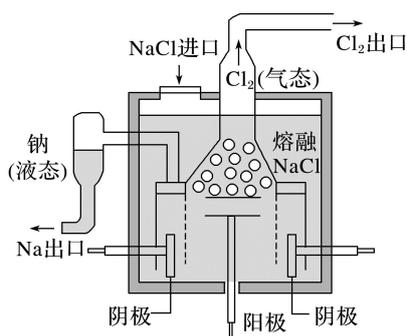
(2)电解法用于冶炼较活泼的金属(如钾、钠、镁、铝等)，但不能电解其盐溶液，应电解其熔融态。

如：电解熔融的氯化钠可制取金属钠的反应式：

阳极： $2Cl^- - 2e^- = Cl_2 \uparrow$ ；

阴极： $2Na^+ + 2e^- = 2Na$ ；

总反应： $2NaCl(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2Na + Cl_2 \uparrow$ 。



电解熔融氯化钠装置示意图

【正误判断】

- (1)氯碱工业中用的是阴离子交换膜将两电解室隔开(×)
- (2)在Fe上电镀Zn，应用Zn作阳极，用ZnSO₄溶液作电镀液(√)
- (3)电解精炼铜时，粗铜作阳极，活泼性比Cu弱的杂质金属成为阳极泥沉在阳极区(√)
- (4)工业冶炼金属铝时，电解熔融态AlCl₃(×)

【应用体验】

1. 金属镍有广泛的用途。粗镍中含有少量铁、锌、铜、铂等杂质，可用电解法制备高纯度的镍，下列叙述正确的是(已知：氧化性： $Fe^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+}$)()

- A. 阳极发生还原反应，其电极反应式： $Ni^{2+} + 2e^- = Ni$
- B. 电解过程中，阳极质量的减少与阴极质量的增加相等
- C. 电解后，溶液中存在的金属阳离子只有 Fe^{2+} 和 Zn^{2+}
- D. 电解后，电解槽底部的阳极泥中有铜和铂，没有锌、铁、镍

答案 D

解析 电解精炼镍时，粗镍作阳极，纯镍作阴极，电解质溶液中含有 Ni^{2+} ，则阳极发生氧化反应，电极反应式为 $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$ ， $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$ ， $Ni - 2e^- = Ni^{2+}$ ，阴极电极反应式为 $Ni^{2+} + 2e^- = Ni$ ，因此，电解过程中阳极减少的质量不等于阴极增加的质量，电解后，溶液中存在的金属阳离子有 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} ，电解槽底部的阳极泥中只有铜和铂，没有锌、铁、镍。

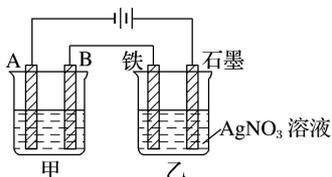
2. 海水提镁的最后一步是将氯化镁电解获取金属镁, 下列有关该电解过程的叙述中, 正确的是()

- A. 两个电极必须都用惰性电极
- B. 阳极可以用金属电极, 阴极必须是惰性电极
- C. 电解熔融状态的氯化镁
- D. 电解氯化镁的水溶液

答案 C

解析 电解 $MgCl_2$ 获取金属镁, 也就是说镁离子需要得电子, 如果在水溶液中, 水电离的氢离子会优先得电子, 因此只能在熔融状态下进行。在阴极发生的是镁离子得到电子的反应, 对电极材料没有要求, 在阳极上发生失电子的反应, 如果使用活性电极时会失电子, 所以阳极必须用惰性电极。

3. 如图所示, 甲、乙为相互串联的两个电解池。



- (1) 甲池若为用电解原理精炼铜的装置, 则 A 极为_____极, 电极材料是_____, 电极反应式为_____, 电解质溶液可以是_____。
- (2) 乙池中铁极的电极反应为_____。
- (3) 若将乙池中的石墨电极改为银电极, 则乙池为_____装置, 电解一段时间后, 溶液的浓度_____。

答案 (1) 阴 纯铜 $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ $CuSO_4$ 溶液(合理即可) (2) $Ag^+ + e^- = Ag$ (3) 电镀 不变

解析 (1) 由题图可知, 甲池中 A 极为阴极, B 极为阳极, 在电解精炼铜时, 粗铜作阳极, 纯铜作阴极, 故 A 为纯铜, 电极反应式为 $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ 。电解质溶液应为含有 Cu^{2+} 的盐溶液, 如 $CuSO_4$ 溶液等。(2) 由题图可知, 乙池中铁极作阴极, 石墨作阳极, 故铁极的电极反应式为 $Ag^+ + e^- = Ag$ 。(3) 若将乙池中的石墨电极改为银电极, 则乙池为电镀池, 电镀过程中电解质溶液的浓度不变。

归纳总结

- (1) 电解精炼过程中的“两不等”：电解质溶液浓度在电解前后不相等；阴极增加的质量和阳极减少的质量不相等。
- (2) 电镀过程中的“一多，一少，一不变”：“一多”指阴极上有镀层金属沉积；“一少”指阳极上有镀层金属溶解；“一不变”指电镀液(电解质溶液)的浓度不变。

随堂演练 知识落实

1. 关于镀铜和电解精炼铜, 下列说法中正确的是()

- A. 都用粗铜作阳极、纯铜作阴极
- B. 电解液的成分都保持不变
- C. 阳极反应都只有 $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$
- D. 阴极反应都只有 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

答案 D

解析 A 项, 电镀时镀件作阴极; B 项, 电解精炼铜时电解液成分改变; C 项, 电解精炼铜时, 杂质若有比铜活泼的金属(如锌), 则还会发生 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ 的反应。

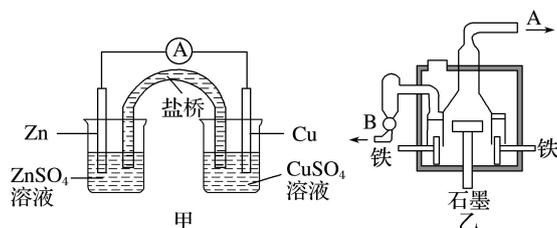
2. 下列描述中, 不符合生产实际的是()

- A. 电解熔融的氧化铝制取金属铝, 用铁作阳极
- B. 电解法精炼粗铜, 用纯铜作阴极
- C. 电解饱和食盐水制烧碱, 用涂镍碳钢网作阴极
- D. 在镀件上电镀锌, 用锌作阳极

答案 A

解析 电解池的阳极发生失电子的氧化反应、阴极发生得电子的还原反应。电解熔融的 Al_2O_3 制 Al 时, 若用 Fe 作阳极, 会发生反应 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$, Fe^{2+} 移动到阴极上发生反应 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Fe}$, 使得到的 Al 不纯。

3. (2019·重庆高二质检)如图甲为锌铜原电池装置, 乙为电解熔融氯化钠装置。则下列说法正确的是()

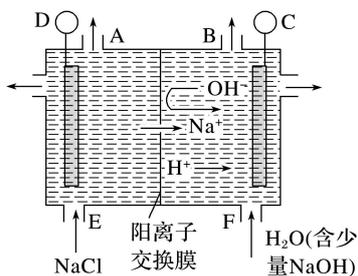


- A. 甲装置中锌为负极, 发生还原反应, 铜为正极, 发生氧化反应
- B. 甲装置盐桥的作用是使反应过程中 ZnSO_4 溶液和 CuSO_4 溶液保持电中性
- C. 乙装置中铁极的电极反应式为 $2\text{Na} - 2\text{e}^- = 2\text{Na}^+$
- D. 乙装置中 B 是氯气出口, A 是钠出口

答案 B

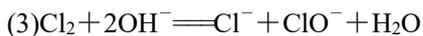
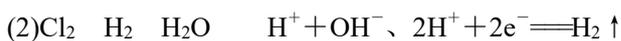
解析 甲装置为原电池, Zn 为负极, 发生氧化反应, Cu 为正极, 发生还原反应, A 错误; 乙装置中铁为阴极, 反应式为 $2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{Na}$, 石墨为阳极, 反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$, A 是 Cl_2 出口, B 是 Na 出口, C、D 错误。

4. 工业电解饱和食盐水制烧碱时须阻止 OH^- 移向阳极，目前采用阳离子交换膜将两极溶液分开(如图)(F 处加少量 NaOH 以增加溶液导电性)。



- (1) C、D 分别是直流电源的两电极，C 是电源_____极，D 是电源_____极。
- (2) 电解一段时间后，_____由 A 口导出，_____由 B 口导出。阴极附近碱性增强的原因是(用电离方程式及电极反应式表示)_____。
- (3) 若不采用阳离子交换膜， OH^- 向阳极移动，发生的反应可用离子方程式表示为_____。

答案 (1) 负 正



解析 (1) 阳离子向阴极方向移动，由 Na^+ 移动方向知右侧电极为阴极，C、D 分别是直流电源的两电极，故 C 是电源负极，D 是电源正极。

(2) 电解一段时间后，左侧电极产生 Cl_2 ，右侧电极电解水电离出的 H^+ 产生 H_2 和 NaOH ，因此由电解池图可知 Cl_2 从 A 口导出， H_2 从 B 口导出，由于阴极附近发生的是电解水的反应，产生的 H^+ 不断形成氢气析出，导致溶液中 OH^- 浓度增大，碱性增强，用电离方程式及电极反应式表示为 $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 、 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ 。

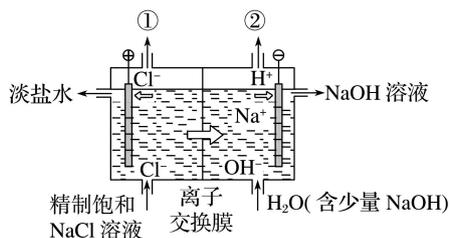
(3) 若不采用阳离子交换膜， OH^- 向阳极移动，与 Cl_2 发生反应，离子方程式表示为 $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

课时对点练

对点训练

题组一 电解原理应用

1. 如图是工业电解饱和食盐水的装置示意图，下列有关说法中不正确的是()

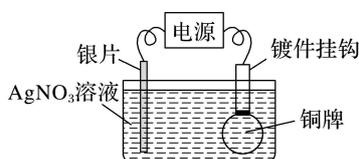


- A. 装置中出口①处的物质是氯气，出口②处的物质是氢气
- B. 该离子交换膜只能让阳离子通过，不能让阴离子通过
- C. 装置中发生反应的离子方程式为 $\text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$
- D. 该装置是将电能转化为化学能

答案 C

解析 由图看出①处为电解池阳极产生氯气，②处为电解池阴极产生氢气，A对；该离子交换膜只能让阳离子通过，不能让阴离子通过，能防止氯气与碱反应，且在阴极区得到浓度较高的烧碱溶液，B对；电解饱和食盐水有烧碱生成且 H_2O 应写化学式，C错；电解装置是将电能转化为化学能的装置，D对。

2. 利用如图所示装置可以在铜牌表面电镀一层银。下列有关说法正确的是()



- A. 通电后， Ag^+ 向阳极移动
- B. 银片与电源负极相连
- C. 该电解池的阴极反应可表示为 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$
- D. 当电镀一段时间后，将电源反接，铜牌可恢复如初

答案 C

解析 铜牌上镀银，银片为阳极， Ag^+ 向阴极移动，阴极反应为 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$ 。由于实验中镀层不可能非常均匀致密，所以将电源反接，阳极上 Cu、Ag 均会溶解，铜牌不可能恢复如初。

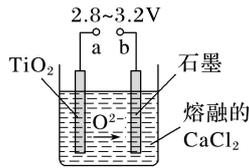
3. 利用电解法可将含有 Fe、Zn、Ag、Pt 等杂质的粗铜提纯，下列叙述正确的是()

- A. 电解时以纯铜作阳极
- B. 电解时阴极发生氧化反应
- C. 粗铜连接电源负极，其电极反应式是 $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$
- D. 电解后，电解槽底部会形成含少量 Ag、Pt 等金属的阳极泥

答案 D

解析 电解精炼铜时，粗铜应作阳极，纯铜作阴极，故 A 错误；阳极与电池的正极相连，发生氧化反应，阴极与电池的负极相连，发生还原反应，故 B 错误；粗铜连接电源的正极，发生氧化反应，故 C 错误；金属的活动性顺序为 $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag} > \text{Pt}$ ，因此 Ag、Pt 不会放电，以单质形式在阳极附近沉积下来，故 D 正确。

4. 21 世纪是钛的世纪，在 $800 \sim 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 时电解 TiO_2 可制得钛，装置如图所示，下列叙述正确的是()



- A. a 为电源的正极
- B. 石墨电极上发生还原反应
- C. 阴极发生的反应为 $\text{TiO}_2 + 4\text{e}^- \text{---} \text{Ti} + 2\text{O}^{2-}$
- D. 每生成 0.1 mol Ti, 转移 0.2 mol 电子

答案 C

解析 由 O^{2-} 的移动方向可知, b 为电源正极, A 错误; 石墨电极作阳极, 发生氧化反应, B 错误; 每生成 0.1 mol Ti, 转移电子 0.4 mol, D 错误。

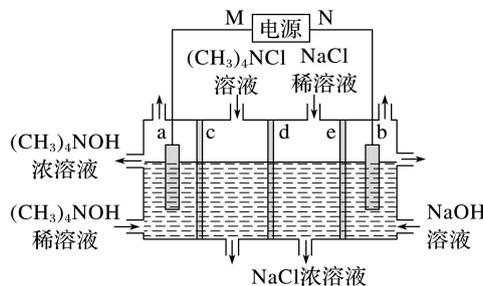
5. 中学阶段介绍的应用电解法制备物质主要有三种: 一是铝的工业制备, 二是氯碱工业, 三是金属钠的制备。下列关于这三种工业生产的描述中正确的是()

- A. 电解法制备金属钠时, 阳极反应式: $\text{Na}^+ + \text{e}^- \text{---} \text{Na}$
- B. 电解法生产铝时, 需对铝土矿进行提纯, 在提纯过程中应用了氧化铝或氢氧化铝的两性
- C. 在氯碱工业中, 电解池中的阴极产生的是 H_2 , NaOH 在阳极附近产生
- D. 氯碱工业和金属钠的冶炼都用到了 NaCl , 在电解时它们的阴极都是 Cl^- 失电子

答案 B

解析 A 项, 阴极反应式为 $\text{Na}^+ + \text{e}^- \text{---} \text{Na}$, 错误; B 项, 氧化铝和氢氧化铝具有两性, 在分离提纯时可用 NaOH 溶液将其溶解, 过滤除去难溶物, 再将 AlO_2^- 转化成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 热分解即得 Al_2O_3 , 正确; C 项, 阴极产物为 H_2 和 NaOH , 阳极产物为 Cl_2 , 错误; D 项, 阳极都是 Cl^- 失电子, 错误。

6. 四甲基氢氧化铵 $[(\text{CH}_3)_4\text{NOH}]$ 常用作电子工业清洗剂, 以四甲基氯化铵 $[(\text{CH}_3)_4\text{NCl}]$ 为原料, 采用电渗析法合成 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$, 其工作原理如图所示(a、b 为石墨电极, c、d、e 为离子交换膜), 下列说法不正确的是()

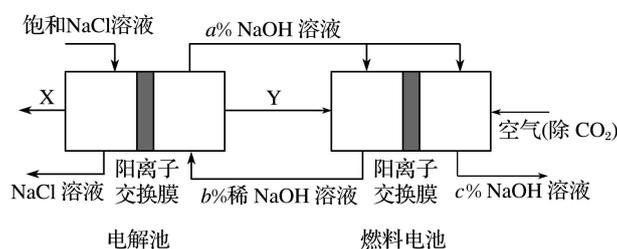


- A. N 为正极
- B. 标准状况下制备 $0.75N_A$ $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$, a、b 两极共产生 16.8 L 气体
- C. c、e 均为阳离子交换膜
- D. b 极电极反应式: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \text{---} \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

答案 B

解析 电解后左侧 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ 溶液由稀变浓,说明a极发生还原反应, $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,据此判断a为阴极,b为阳极,所以N为正极,故A正确;b极为 OH^- 放电生成 O_2 : $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,标准状况下制备 $0.75N_A$ $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$,需要阴极提供 0.75 mol OH^- ,转移电子 0.75 mol ,a、b两极共产生 $(\frac{0.75}{4} \text{ mol} + \frac{0.75}{2} \text{ mol}) \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 12.6 \text{ L}$ 气体,故B错误,D正确; $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ 溶液由稀变浓,说明 $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ 穿过c膜,c膜是阳离子交换膜, NaCl 溶液由稀变浓,说明 Na^+ 穿过e膜,e膜是阳离子交换膜,故C正确。

7. 氯碱工业的一种节能新工艺是将电解池与燃料电池相结合,相关物料的传输与转化关系如图所示(电极未标出)。下列说法正确的是()



- A. 电解池的阴极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- B. 通入空气的电极为负极
- C. 电解池中产生 2 mol Cl_2 时,理论上燃料电池中消耗 0.5 mol O_2
- D. a 、 b 、 c 的大小关系为 $a > b = c$

答案 A

解析 题给电解池的阴极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$,阳极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$,A项正确;题给燃料电池为氢氧燃料电池,通入空气的电极为正极,B项错误;由整个电路中得失电子守恒可知,电解池中产生 2 mol Cl_2 ,理论上转移 4 mol e^- ,则燃料电池中消耗 1 mol O_2 ,C项错误;题给燃料电池的负极反应式为 $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = 4\text{H}_2\text{O}$,正极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$,所以 a 、 b 、 c 的大小关系为 $c > a > b$,D项错误。

题组二 电解的有关计算

8. 在标准状况下,用铂电极电解硫酸铜溶液,当阴极产生 12.8 g 铜时,阳极放出的气体是()

- A. 1.12 L H_2
- B. 1.12 L O_2
- C. 2.24 L H_2
- D. 2.24 L O_2

答案 D

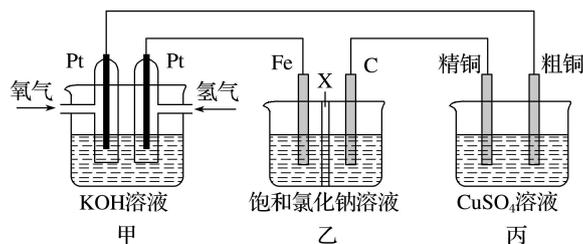
解析 溶液中有 Cu^{2+} 、 H^+ 及 SO_4^{2-} 、 OH^- 四种离子,得电子能力 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+$,失电子能力 $\text{OH}^- > \text{SO}_4^{2-}$,阴极反应为 $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{e}^- = 2\text{Cu}$,阳极反应为 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$,总反应为 $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 \uparrow$ 。 $n(\text{Cu}) = 12.8 \text{ g} \div 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.2 \text{ mol}$, $n(\text{O}_2) = 0.1 \text{ mol}$,在标准状况下体积为 2.24 L ,D正确。

- C. 阴极质量增加 3.2 g
D. 电解后剩余溶液中硫酸的浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

答案 A

综合强化

13. (2019·沈阳高二检测)某同学设计了一个燃料电池(如图所示),目的是探究氯碱工业原理和粗铜的精炼原理,其中乙装置中 X 为阳离子交换膜。



根据要求回答相关问题:

- (1)通入氢气的电极为_____ (填“正极”或“负极”), 负极的电极反应式为_____。
- (2)石墨电极为_____ (填“阳极”或“阴极”), 反应一段时间后, 在乙装置中滴入酚酞溶液, _____ (填“铁极”或“石墨极”)区的溶液变红。
- (3)如果粗铜中含有锌、银等杂质, 丙装置中反应一段时间, 硫酸铜溶液浓度将_____ (填“增大”“减小”或“不变”)。精铜电极上的电极反应式为_____。

答案 (1)负极 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$

(2)阳极 铁极 (3)减小 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

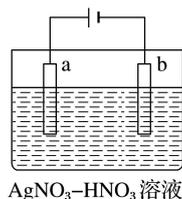
解析 (1)通入氢气的电极为负极; 由于电解质溶液是碱性的, 所以该电极反应式为 $\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)由于铁电极与电源的负极连接, 所以铁电极为阴极, 石墨电极为阳极; 反应一段时间后, 在乙装置中滴入酚酞溶液, 溶液中的 H^+ 在阴极(Fe 电极)放电, 破坏了附近的水的电离平衡, 该区域的溶液显碱性, 因此铁极区的溶液变红。

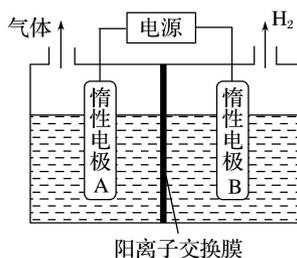
(3)因为粗铜中的锌等活动性比 Cu 强的杂质金属优先失去电子, 而得到电子的只有 Cu^{2+} , 所以丙装置中反应一段时间, 硫酸铜溶液浓度会减小; 精铜电极上的电极反应式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

14. 电解的应用比较广泛。根据下列电解的应用, 回答问题:

- (1)如图为电解精炼银的示意图, _____ (填“a”或“b”)极为含有杂质的粗银, 若 b 极有少量红棕色气体生成, 则生成该气体的电极反应式为_____。



(2)利用如图装置电解制备 LiOH，两电极区电解液分别为 LiOH 和 LiCl 溶液。B 极区电解液为_____ (填化学式)溶液，阳极电极反应式为_____，电解过程中 Li⁺向_____ (填“A”或“B”)电极迁移。



(3)离子液体是一种室温熔融盐，为非水体系。由有机阳离子、Al₂Cl₇⁻和 AlCl₄⁻组成的离子液体作电解液时，可在钢制品上电镀铝。钢制品应接电源的_____极，已知电镀过程中不产生其他离子且有机阳离子不参与电极反应，阴极电极反应式为_____。若改用氯化铝水溶液作电解液，则阴极产物为_____。

答案 (1)a NO₃⁻ + 2H⁺ + e⁻ = NO₂↑ + H₂O
(或 NO₃⁻ + 4H⁺ + 3e⁻ = NO↑ + 2H₂O、2NO + O₂ = 2NO₂)

(2)LiOH 2Cl⁻ - 2e⁻ = Cl₂↑ B
(3)负 4Al₂Cl₇⁻ + 3e⁻ = Al + 7AlCl₄⁻ H₂

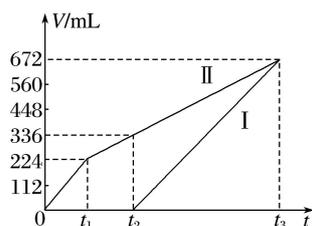
解析 (1)电解精炼银与电解精炼铜原理相似。电解精炼银装置中，含有杂质的粗银作阳极，电解池的阳极与电源的正极相连，则该装置中 a 极为含有杂质的粗银。该电解池的 b 极为阴极，阴极上有红棕色气体生成，可知 NO₃⁻ 被还原为 NO₂，电极反应式为 NO₃⁻ + 2H⁺ + e⁻ = NO₂↑ + H₂O。

(2)根据电解装置图，两电极区电解液分别为 LiOH 和 LiCl 溶液，B 极区产生 H₂，电极反应式为 2H⁺ + 2e⁻ = H₂↑，剩余 OH⁻ 与 Li⁺ 结合生成 LiOH，所以 B 极区电解液为 LiOH 溶液，B 电极为阴极，则 A 电极为阳极，阳极区电解液为 LiCl 溶液，电极反应式为 2Cl⁻ - 2e⁻ = Cl₂↑，电解过程中 Li⁺ 向 B 电极迁移。

(3)在钢制品上电镀铝，故钢制品作阴极，与电源负极相连。由于电镀过程中“不产生其他阳离子且有机阳离子不参与电极反应”，Al 元素在熔融盐中以 Al₂Cl₇⁻ 和 AlCl₄⁻ 形式存在，则电镀过程中阴极电极反应式为 4Al₂Cl₇⁻ + 3e⁻ = Al + 7AlCl₄⁻。若电解液改为氯化铝水溶液，水溶液中得电子能力 Al³⁺ < H⁺，故阴极上的电极反应式为 2H⁺ + 2e⁻ = H₂↑。

15. 常温下用惰性电极电解 200 mL 氯化钠、硫酸铜的混合溶液，所得气体的体积随时间变化如下图所示，根据图中信息回答下列问题。(气体体积已换算成标准状况下的体积，且忽略

气体在水中的溶解和溶液体积的变化)



(1)曲线_____ (填“ I ”或“ II ”)表示阳极产生气体的变化。

(2)氯化钠的物质的量浓度为_____, 硫酸铜的物质的量浓度为_____。

(3) t_2 时所得溶液的 pH 为_____。

答案 (1)II (2) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (3)1

解析 (1)阴极上 Cu^{2+} 首先放电, 故开始时, 阴极上无气体生成, 故 II 表示阳极产生气体的变化。

(2) $0 \sim t_1$ 时间内阳极发生的反应为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$, $n(\text{Cl}_2) = \frac{0.224 \text{ L}}{22.4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol}$, $n(\text{NaCl})$

$= n(\text{Cl}^-) = 2n(\text{Cl}_2) = 0.02 \text{ mol}$, $c(\text{NaCl}) = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; 阴极上依次发生反应 $\text{Cu}^{2+} +$

$2\text{e}^- = \text{Cu}$ 、 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$, 阳极上依次发生反应 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ 、 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 由图可知 $V(\text{H}_2) = 0.672 \text{ L}$, $V(\text{Cl}_2) = 0.224 \text{ L}$, $V(\text{O}_2) = 0.448 \text{ L}$, 由得失电子守恒可知

$\frac{0.672 \text{ L}}{22.4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 2 + c(\text{Cu}^{2+}) \times 0.2 \text{ L} \times 2 = \frac{0.224 \text{ L}}{22.4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 2 + \frac{0.448 \text{ L}}{22.4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 4$, 解得 $c(\text{Cu}^{2+}) =$

$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(3)由 $4\text{OH}^- \sim \text{O}_2 \sim 4\text{H}^+$ 可得: $n(\text{H}^+) = \frac{(0.336 - 0.224) \text{ L}}{22.4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 4 = 0.02 \text{ mol}$, 则溶液中的 $c(\text{H}^+) =$

$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 1$ 。