“隔膜”电解池在工业生产中的应用

考情调研

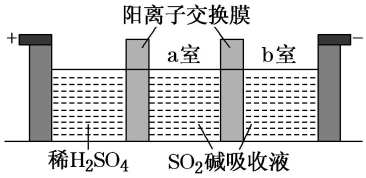
该类试题往往与生产、生活及新科技等相联系，常以装置图示为载体呈现，题材广，信息新，注重考查考生阅读提炼信息的分析能力和获取知识并迁移应用的能力，题目具有一定难度。顺利解题必须熟练掌握电解池的工作原理，正确判断阴阳极、离子移动方向、电解产物、溶液 pH 的变化等，同时能够熟练书写电极反应式，并能灵活运用电子守恒原理进行相关计算。

题型示例

1．(2018·全国卷Ⅰ)焦亚硫酸钠($Na_2S_2O_5$)在医药、橡胶、印染、食品等方面应用广泛。制备$Na_2S_2O_5$可采用三室膜电解技术，装置如图所示，其中SO_2碱吸收液中含有$NaHSO_3$和Na_2SO_3。阳极的电极反应式为_____

_____。

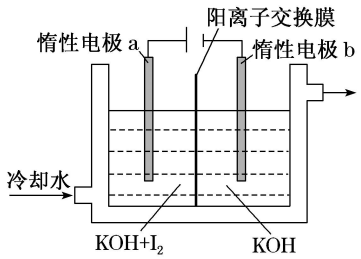
电解后，_____室的$NaHSO_3$浓度增加。将该室溶液进行结晶脱水，可得到$Na_2S_2O_5$。



解析：阳极上阴离子OH^-放电，电极反应式为$2H_2O-4e^-=\!=O_2\uparrow+4H^+$，电解过程中$H^+$透过阳离子交换膜进入 a 室，故 a 室中$NaHSO_3$浓度增加。

答案：$2H_2O-4e^-=\!=4H^++O_2\uparrow$　a

2．(2018·全国卷Ⅲ)KIO_3是一种重要的无机化合物，可作为食盐中的补碘剂。KIO_3可采用“电解法”制备，装置如图所示。



(1)写出电解时阴极的电极反应式_____

_____。

(2)电解过程中通过阳离子交换膜的离子主要为_____，其迁移方向是_____。

解析：(1)电解液是 KOH 溶液，阴极的电极反应式为$2H_2O+2e^-=\!=2OH^-+H_2\uparrow$。

(2)电解过程中阳极反应为$I^-+6OH^--6e^-=\!=IO_3^-+3H_2O$。阳极的$K^+$通过阳离子交换膜由电极 a 迁移到电极 b。

答案：(1)$2H_2O+2e^-=\!=2OH^-+H_2\uparrow$

(2)K^+　由 a 到 b

反思归纳

1.常见的隔膜

隔膜又叫离子交换膜，由高分子特殊材料制成。离子交换膜分三类：

(1)阳离子交换膜，简称阳膜，只允许阳离子通过，不允许阴离子通过。

(2)阴离子交换膜，简称阴膜，只允许阴离子通过，不允许阳离子通过。

(3)质子交换膜，只允许 H^+通过，不允许其他阳离子和阴离子通过。

2．隔膜的作用

(1)能将两极区隔离，阻止两极区产生的物质接触，防止发生化学反应。

(2)能选择性的通过离子，起到平衡电荷、形成闭合回路的作用。

3.“隔膜”电解池的解题步骤

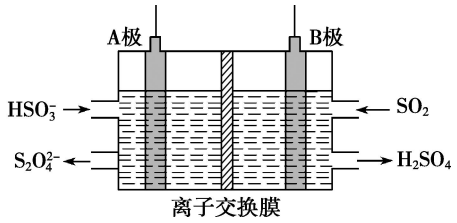
第一步，分清隔膜类型。即交换膜属于阳膜、阴膜或质子膜中的哪一种，判断允许哪种离子通过隔膜。

第二步，写出电极反应式，判断交换膜两侧离子变化，推断电荷变化，根据电荷平衡判断离子迁移方向。

第三步，分析隔膜作用。在产品制备中，隔膜作用主要是提高产品纯度，避免产物之间发生反应，或避免产物因发生反应而造成危险。

通关演练

1．工业上可利用下图所示电解装置吸收和转化 SO_2(A、B 均为惰性电极)。下列说法正确的是(　　)



A．A 极接电源的正极

B．A 极区溶液的碱性逐渐增强

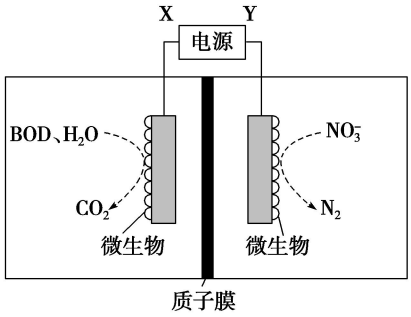
C．本装置中使用的是阴离子交换膜

D．B 极的电极反应式为 $SO_2+2e^-+2H_2O=\!=SO_4^{2-}+4H^+$

解析：A 项，由 HSO_3^-生成 $S_2O_4^{2-}$，发生还原反应，A 极为阴极，应接电源的负极，错误；B 项，阴极的电极反应式为 $2HSO_3^-+2H^++2e^-=\!=S_2O_4^{2-}+2H_2O$，碱性增强，正确；C 项，阳极的电极反应式为 $SO_2+2H_2O-2e^-=\!=SO_4^{2-}+4H^+$，离子交换膜应使 H^+从右向左移动，应为阳离子交换膜，错误；D 项，B 极为阳极，发生 $SO_2+2H_2O-2e^-=\!=SO_4^{2-}+4H^+$，错误。

答案：B

2．(2019·广州模拟)世界水产养殖协会网介绍了一种利用电化学原理净化鱼池中水质的方法，其装置原理如图所示。下列说法正确的是(　　)



A．X 为电源负极

B．若该装置在高温下进行，则净化效率将降低

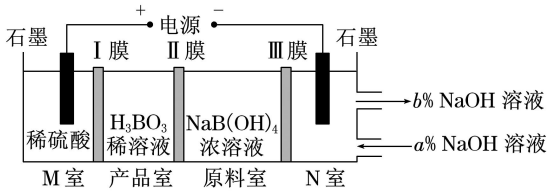
C．若有 1 mol NO_3^-被还原，则有 6 mol H^+通过质子膜迁移至阴极区

D．若 BOD 为葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)，则 1 mol 葡萄糖被完全氧化时，理论上电极流出 20 mol e$^-$

解析：从装置图中可知，X 端连接的电极上发生反应是微生物作用下 BOD、H_2O 反应生成 CO_2，Y 端连接的电极上，微生物作用下，硝酸根离子生成氮气，氮元素化合价降低，发生还原反应，为电解池的阴极，则 Y 为负极，X 为正极，故 A 错误；若该装置在高温下进行，催化剂微生物被灭活，则净化效率将降低，故 B 正确；若有 1 mol NO_3^-被还原，根据阴极电极反应式：$2NO_3^-+10e^-+12H^+=\!=\!=N_2\uparrow+6H_2O$，可知转移电子 5 mol，则有 5 mol H^+通过质子膜迁移至阴极区，故 C 错误；若 BOD 为葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)，则 1 mol 葡萄糖被完全氧化时，碳元素化合价由 0 价变化为+4 价，理论上电极上流出：$4e^-\times6=24$ mol e^-，故 D 错误；故选 B。

答案：B

3．(2019·扬州模拟)H_3BO_3可以通过电解 $NaB(OH)_4$溶液的方法制备，其工作原理如图。下列叙述错误的是(　　)



A．M 室发生的电极反应式为 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$

B．N 室中：$a\%<b\%$

C．Ⅱ膜为阴膜，产品室发生反应的化学原理为强酸制弱酸

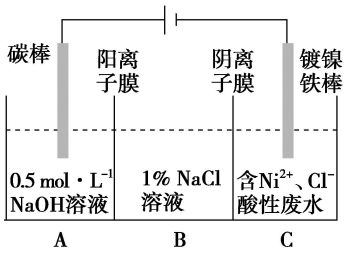
D．理论上每生成 1 mol 产品，阴极室可生成标准状况下 5.6 L 气体

解析：A 项，M 室为阳极室，发生氧化反应，电极反应式为 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$，正确；B 项，N 室为阴极室，溶液中水电离的 H^+得电子发生还原反应，生成 H_2，促进水的电离，溶液中 OH^-浓度增大，即 $a\%<b\%$，正确；C 项，阳极室的 H^+穿过阳膜扩散至产品室，原料室

的 $B(OH)_4^-$穿过阴膜扩散至产品室，二者反应生成 H_3BO_3，则Ⅱ膜为阴膜，正确；D 项，每生成 1 mol 产品，转移电子数目为 1 mol，阴极室生成 0.5 mol H_2，其标准状况下为 11.2 L 气体，错误。

答案：D

4．工业上用电解法处理含镍酸性废水并得到单质 Ni 的原理如图所示。下列说法不正确的是(　　)



已知：①Ni^{2+}在弱酸性溶液中发生水解

②氧化性：Ni^{2+}(高浓度)＞H^+＞Ni^{2+}(低浓度)

A．碳棒上发生的电极反应：$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$

B．电解过程中，B 室中 NaCl 溶液的物质的量浓度将不断减小

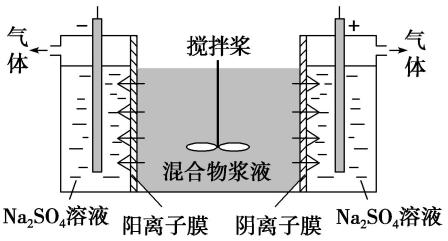
C．为了提高 Ni 的产率，电解过程中需要控制废水 pH

D．若将图中阳离子膜去掉，将 A、B 两室合并，则电解反应总方程式发生改变

解析：A 项，电极反应式为阳极：$4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2\uparrow$，阴极：$Ni^{2+} + 2e^- = Ni$，$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$，正确；B 项，由于 C 室中 Ni^{2+}、H^+不断减少，Cl^-通过阴离子膜从 C 室移向 B 室，A 室中 OH^-不断减少，Na^+通过阳离子膜从 A 室移向 B 室，所以 B 室中 NaCl 溶液的物质的量浓度不断增大，错误；C 项，由于 H^+的氧化性大于 Ni^{2+}(低浓度)的氧化性，所以为了提高 Ni 的产率，电解过程需要控制废水的 pH，正确；D 项，若去掉阳离子膜，在阳极 Cl^-首先放电生成 Cl_2，反应总方程式发生改变，正确。

答案：B

5．(2019·贵阳模拟)铬的化合物有较大毒性，如不回收利用，会对环境造成污染。某混合浆液含 $Al(OH)_3$、MnO_2和少量 Na_2CrO_4。某研究小组设计了如下电解分离装置，可以使浆液较完全地分离成固体混合物和含铬元素溶液，并回收利用。下列说法错误的是(　　)



A．通电后 CrO_4^{2-}将通过阴离子膜进入阳极室

B．阴极室最终只能得到 Na_2SO_4和 H_2

C．阳极的电极反应式为：$4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$

D．分离后所得含铬元素的粒子有 CrO_4^{2-} 和 $Cr_2O_7^{2-}$

解析：电解时阴离子应该向阳极移动，所以通电后 CrO_4^{2-} 将通过阴离子膜进入阳极室，选项 A 正确。阴极室的反应为水电离的氢离子得电子转化为氢气，所以阴极室剩余水电离的氢氧根离子，同时 Na^+ 透过阳离子交换膜进入阴极室，所以阴极室还要得到氢氧化钠，选项 B 错误。阳极的反应应该是水电离的氢氧根离子失电子转化为氧气，方程式为 $4OH^- - 4e^- = O_2\uparrow + 2H_2O$，选项 C 正确。阳极室随着水电离的氢氧根离子被反应，剩余氢离子，使溶液显酸性，可以与透过阴离子交换膜过来的 CrO_4^{2-} 发生如下反应：$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} + H_2O$，所以分离后得到含铬元素的粒子有 CrO_4^{2-} 和 $Cr_2O_7^{2-}$，故选 D 正确。

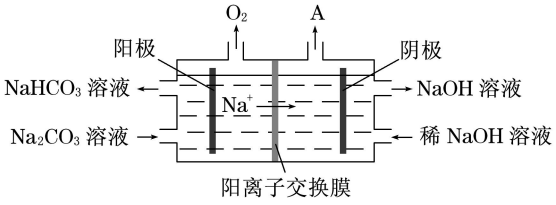
答案：B

6．(2017·江苏卷)电解 Na_2CO_3 溶液，原理如下图所示。阳极的电极反应式为

_____

_____，

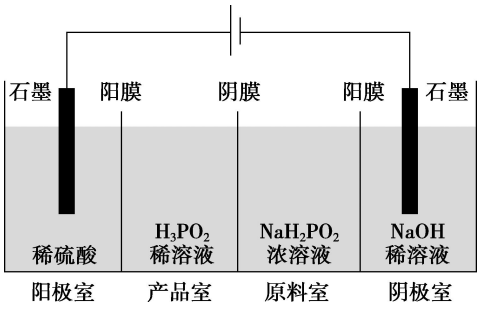
阴极产生的物质 A 的化学式为_____。



解析：阳极上 OH^- 失去电子生成 O_2，由 H_2O 电离出的 H^+ 可以与 CO_3^{2-} 反应生成 HCO_3^-。阴极上 H_2O 放电生成 H_2。

答案：$4CO_3^{2-} + 2H_2O - 4e^- = 4HCO_3^- + O_2\uparrow$　H_2

7．H_3PO_2 可用电渗析法制备。“四室电渗析法”工作原理如图所示(阳膜和阴膜分别只允许阳离子、阴离子通过)：



(1)写出阳极的电极反应式：_____

_____。

(2)分析产品室可得到 H_3PO_2 的原因：_____

_____。

(3)早期采用“三室电渗析法”制备 H_3PO_2：将“四室电渗析法”中阳极室的稀硫酸用 H_3PO_2 稀溶液代替。并撤去阳极室与产品室之间的阳膜，从而合并了阳极室与产品室。其缺点是产

品中混有_____杂质。该杂质产生的原因是_____

_____。

解析：(1)阳极为水电离出的 OH^- 放电，电极反应式为 $2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$。

(2)阳极室中 H^+ 穿过阳膜进入产品室，原料室中 $H_2PO_2^-$ 穿过阴膜扩散至产品室，二者反应生成 H_3PO_2。

(3)在阳极区 $H_2PO_2^-$ 或 H_3PO_2 可能失电子发生氧化反应，即生成物中会混有 PO_4^{3-}。

答案：(1)$2H_2O-4e^-=\!=\!=O_2\uparrow+4H^+$

(2)阳极室中 H^+ 穿过阳膜扩散至产品室，原料室中 $H_2PO_2^-$ 穿过阴膜扩散至产品室，二者反应生成 H_3PO_2

(3)PO_4^{3-}　$H_2PO_2^-$ 或 H_3PO_2 被氧化