



# 电化学专题复习

天津市耀华中学-赵文珊

# 学习任务

**任务1 原电池的原理及应用**

**任务2 电解池的原理及应用**

**任务3 金属的腐蚀与防护**

# 课标要求

## 1、内容要求

- 认识化学能与电能相互转化的实际意义及其重要应用。了解原电池及常见化学电源的工作原理。了解电解池的工作原理，认识电解在实现物质转化和储存能量中的具体应用。了解金属发生电化学腐蚀的本质，知道金属腐蚀的危害，了解防止金属腐蚀的措施。

## 2、学业要求

- 2-1能分析、解释原电池和电解池的工作原理，能设计简单的原电池和电解池。
- 2-2能列举常见的化学电源，并能利用相关信息分析化学电源的工作原理。能利用电化学原理解释金属腐蚀现象，选择并设计防腐措施。

## 知识框架

一个根本——氧化还原反应(有电子转移)

两种方式——自发的氧化还原反应

直流电源驱动的氧化还原反应

三个规律——强弱规律(氧化性、还原性的强弱)

运动规律 (电子、离子定向移动)

守恒规律 (电子守恒、电荷守恒和  
元素守恒)

# 任务 1、原电池的工作原理及其应用

## 知识梳理 1

### 1. 概念和反应本质

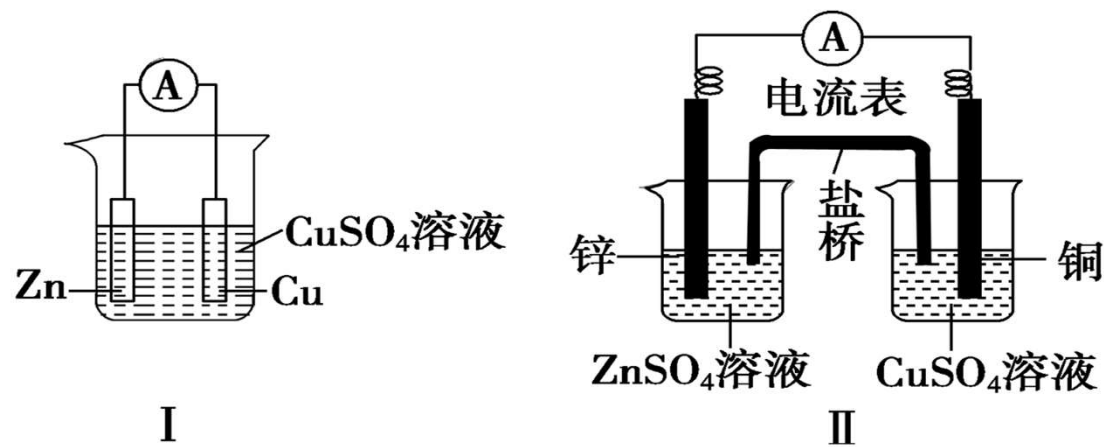
原电池是把化学能转化为电能的装置，其反应本质是

自发的氧化还原反应（依据强弱规律）

---

## 2. 工作原理

以锌铜原电池为例——基本模型



电极名称	负极	正极
电极材料	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>
电极反应	$\underline{\underline{\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}}}$	$\underline{\underline{\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}}}$
反应类型	<u>氧化反应</u>	<u>还原反应</u>
电子流向(外电路)	由 <u>负极</u> 沿导线流向 <u>正极</u>	
离子移向 (内电路)	阴离子向 <u>负</u> 极移动, 阳离子向 <u>正</u> 极移动; 盐桥含饱和 KCl 溶液, $\text{K}^+$ 移向 <u>正</u> 极, $\text{Cl}^-$ 移向 <u>负</u> 极	

<b>电极名称</b>	<b>负极</b>	<b>正极</b>
<b>装置区别</b>	<b>装置 I：还原剂 Zn 与氧化剂 <math>\text{Cu}^{2+}</math> 直接接触，易造成能量损耗，装置效率很低；</b> <b>装置 II：还原剂在负极区，而氧化剂在正极区，能避免能量损耗</b>	



### 3.构成条件

电极	两极为导体，且存在活动性差异，一般活动性 <u>较强</u> 的金属做负极，活动性 <u>较弱</u> 的金属或非金属导体做正极
溶液	两极插入 <u>电解质</u> 溶液中
回路	形成闭合回路或两极直接接触
本质	自发地发生 <u>氧化还原</u> 反应

#### 4. 盐桥原电池的组成和作用

(1)盐桥原电池中半电池的构成条件：**电极金属和其对应的盐溶液。一般不要任意替换成其他阳离子盐溶液，否则可能影响效果。盐桥中装有饱和的 KCl、KNO<sub>3</sub> 等溶液和琼胶制成的胶冻。**

#### (2)盐桥的作用

①**连接内电路，形成闭合回路；**

②**平衡电荷，使原电池不断产生电流（电荷守恒）。**

(3)盐桥的延伸——**离子交换膜（离子选择性的定向通过）。**

## 5. 三个方向

电子移动方向 (电子守恒)	从 <u>负</u> 极流出沿导线流入 <u>正</u> 极
电流方向	从 <u>正</u> 极沿导线流向 <u>负</u> 极
离子迁移方向 (电荷守恒)	电解质溶液中, 阴离子向 <u>负</u> 极迁移, 阳离子向 <u>正</u> 极迁移

## 典型案例

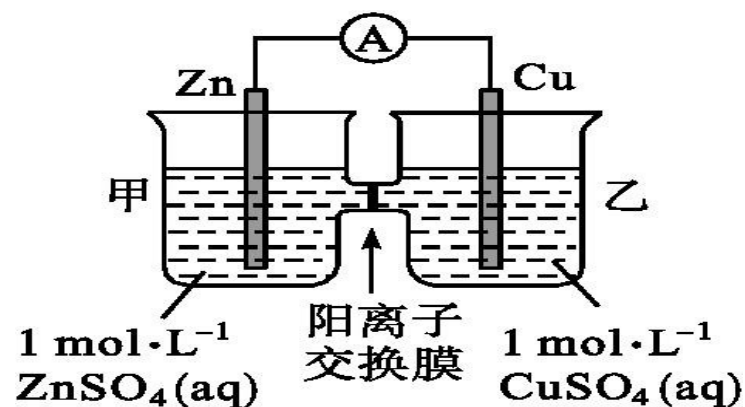
例1.(2015天津理综)锌铜原电池装置如图所示,其中阳离子交换膜只允许阳离子和水分子通过。下列有关叙述正确的是( )

A.铜电极上发生氧化反应

B.电池工作一段时间后,甲池的  
 $c(\text{SO}_4^{2-})$  减小

C.电池工作一段时间后,乙池  
溶液的总质量增加

D.阴阳离子分别通过交换膜  
向负极和正极移动,保持溶液中电荷平衡



## 分析讲解：

电池的总离子方程式为： $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ，

其中甲中电极反应式为： $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ ；

乙中电极反应式为： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ；由此判定，

A、铜电极上发生得电子的还原反应；

B、阳离子交换膜只允许阳离子通过，且乙中 $\text{Cu}^{2+}$ 消耗造成电荷不守恒则甲中生成的 $\text{Zn}^{2+}$ 向乙池移动，而甲池的 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 不变；

C、根据B项分析，乙池的变化相当于 $\text{Cu}^{2+}$ 变成 $\text{Zn}^{2+}$ ，质量随即由64变为65，故乙池溶液的总质量增加；

D、本题中的阳离子交换膜只允许阳离子，阴离子不会移动，甲池中产生的阳离子 $\text{Zn}^{2+}$ 移向乙池后，中和了失去后 $\text{Cu}^{2+}$ 的 $\text{SO}_4^{2-}$ ，保持了溶液中的电荷平衡。

【答案】 C

## 适应性练习

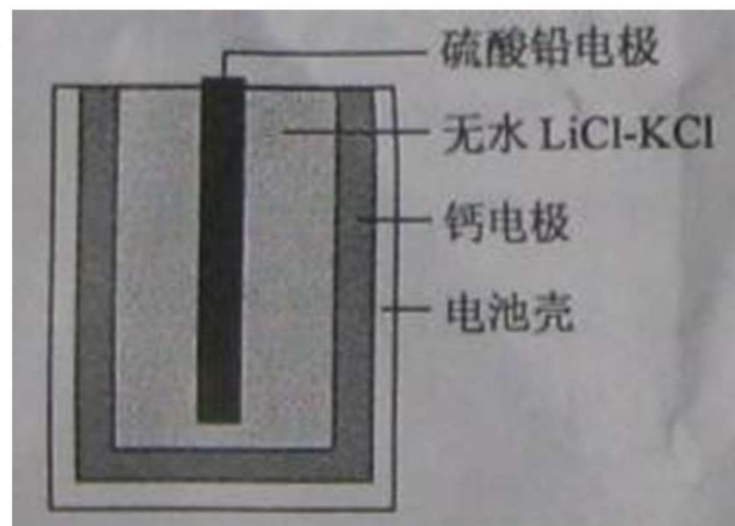
1. (13 年安徽)热激活电池可用作火箭、导弹的工作电源。一种热激活电池的基本结构如图所示,其中作为电解质的无水 LiCl-KCl 混合物受热熔融后,电池即可瞬间输出电能。该电池总反应为:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{LiCl} + \text{Ca} \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 + \text{Li}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}$ 。下列有关说法正确的是 ( )

A. 正极反应式:  $\text{Ca} + 2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CaCl}_2$

B. 放电过程中,  $\text{Li}^+$  向负极移动

C. 每转移 0.1mol 电子, 理论上生成 20.7gPb

D. 常温时, 在正负极间接上电流表或检流计, 指针不偏转



## 分析讲解:

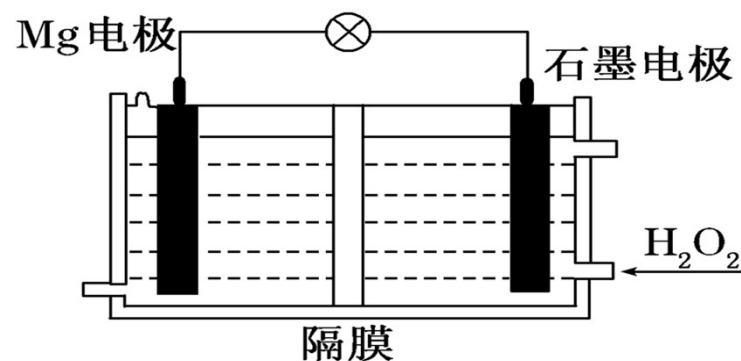
- A、正极发生还原反应，故A错误；
- B、放电过程为原电池，阳离子向正极移动，B错误；
- C、每转移0.1mol电子，生成0.05molPb，为10.35g，  
C错误
- D、常温下，电解质不能融化，不能形成原电池，故指针不偏转， D正确。

**【答案】 D**

## 适应性练习

2. (2013·江苏高考)Mg - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 电池可用于驱动无人驾驶的潜航器。该电池以海水为电解质溶液，示意图如下。该电池工作时，下列说法正确的是 ( )

- A. Mg 电极是该电池的正极
- B. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在石墨电极上发生氧化反应
- C. 石墨电极附近溶液的 pH 增大
- D. 溶液中 Cl<sup>-</sup> 向正极移动





## 分析讲解：

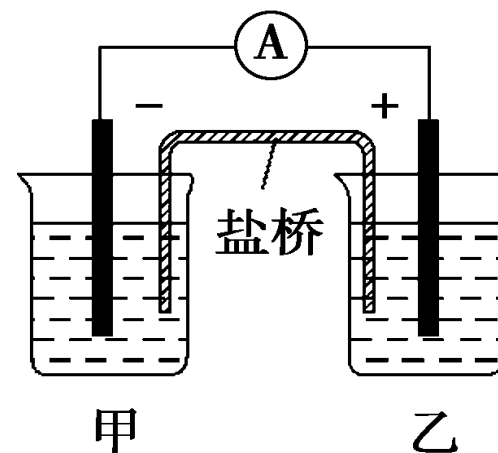
- A、原电池的负极被氧化，镁为负极，而非正极；
- B、C 双氧水作为氧化剂，在石墨上被还原氧元素变为-2价，电极反应根据电荷守恒生成氢氧根离子，溶液pH 值增大；
- D、溶液中  $\text{Cl}^-$  移动方向同外电路电子移动方向一致，应向负极方向移动。

【答案】 C

## 适应性练习

3. 将镉(Cd)浸在氯化钴( $\text{CoCl}_2$ )溶液中, 发生反应的离子方程式为  $\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cd}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Co}(\text{s}) + \text{Cd}^{2+}(\text{aq})$ , 如将该反应设计为如图的原电池, 则下列说法一定错误的是( )

- A. Cd 做负极, Co 做正极
- B. 原电池工作时, 电子从负极沿导线流向正极
- C. 根据阴阳相吸原理, 盐桥中的阳离子向负极(甲池)移动
- D. 甲池中盛放的是  $\text{CdCl}_2$  溶液, 乙池中盛放的是  $\text{CoCl}_2$  溶液



## 分析讲解:

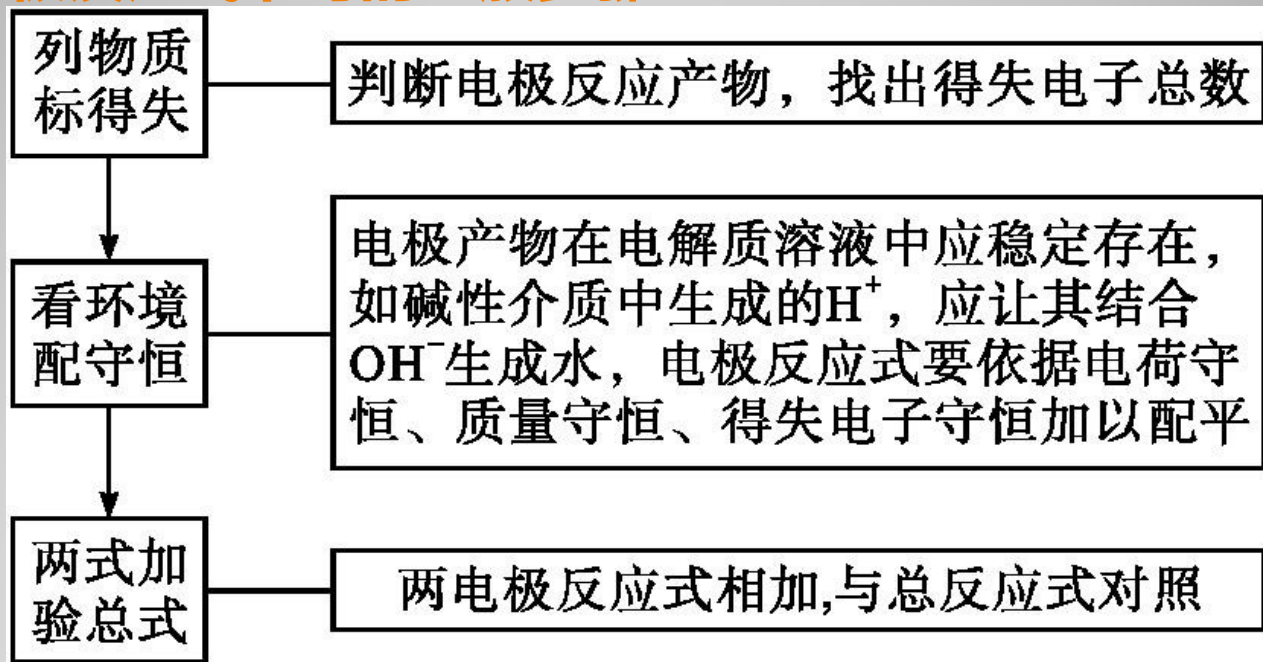
将该反应设计为原电池时, Cd做负极, 电极反应为:

$\text{Cd} - 2\text{e}^- = \text{Cd}^{2+}$ ; Co做正极, 电极反应为 $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Co}$ , 盐桥中的阳离子向正极(乙池)移动。

【答案】 C

## 知识梳理2

### 原电池电极反应式书写的一般步骤



## 典型案例

例 2(2012·四川高考)一种基于酸性燃料电池原理设计的酒精检测仪，负极上的反应为：

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{CH}_3\text{COOH} + 4\text{H}^+$ 。下列有关说法正确的是 ( )

- A. 检测时，电解质溶液中的  $\text{H}^+$  向负极移动
- B. 若有 0.4 mol 电子转移，则在标准状况下消耗 4.48 L 氧气
- C. 电池反应的化学方程式为： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
- D. 正极上发生的反应为： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$

## 分析讲解：

原电池中 $\text{H}^+$ 移向电池的正极，A项错误；

该原电池的总反应为乙醇氧化为乙酸的方程式，C项正确，

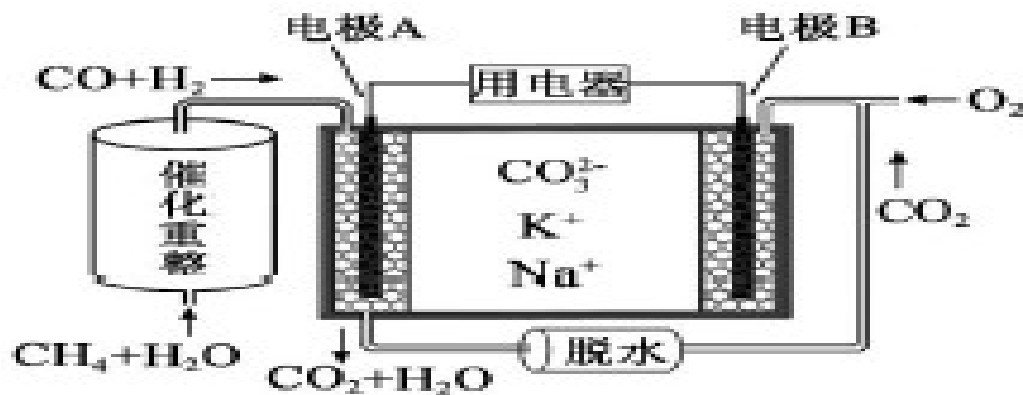
用C项的方程式进行判断，有0.4 mol的电子转移，消耗氧气为  
0.10 mol，B项错误；

酸性电池不可能得到 $\text{OH}^-$ ，D项错误。

**【答案】 C**

## 典型案例

例3.(2015江苏)一种熔融碳酸盐燃料电池原理示意如图。下列有关该电池的说法正确的是 ( )



- A. 反应 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2 + \text{CO}$ ,每消耗1mol  $\text{CH}_4$ 转移12mol 电子
- B. 电极A上 $\text{H}_2$ 参与的电极反应为:  $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 电池工作时,  $\text{CO}_3^{2-}$  向电极B移动
- D. 电极B上发生的电极反应为:  $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-}$

## 分析讲解：

A项根据甲烷中碳为-4价，转化为一氧化碳中碳+2价，转移的是6mol电子；

B项中因为电解质是熔融碳酸盐,阴离子是 $\text{CO}_3^{2-}$ ，所以不是 $\text{OH}^-$ 参与氢气的电极反应；

C项电池工作时碳酸根离子应该向A极移动结合A极产生的氢离子生成二氧化碳气体；

D项正确。

**【答案】 D**



## 适应性练习

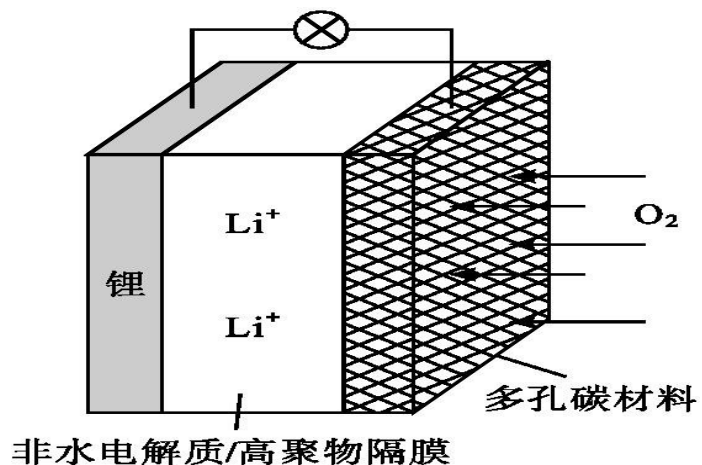
4、二甲醚直接燃料电池具有启动快、效率高等优点,其能量密度高于甲醇直接燃料电池( $5.93 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。若电解质溶液呈酸性,二甲醚直接燃料电池的负极反应为\_\_\_\_\_ ,  
1 mol二甲醚分子参与反应,可以转移\_\_\_\_\_ mol电子。

答案: $\text{CH}_3\text{OCH}_3+3\text{H}_2\text{O}-12\text{e}^- == 2\text{CO}_2+12\text{H}^+$  12

## 典型案例

例4.(2018全国Ⅲ)一种可充电锂-空气电池如图所示。当电池放电时, $O_2$ 与 $Li^+$ 在多孔碳材料电极处生成 $Li_2O_{2-x}$ ( $x=0$ 或 $1$ )。下列说法正确的是( )

- A.放电时,多孔碳材料电极为负极
- B.放电时,外电路电子由多孔碳材料电极流向锂电极
- C.充电时,电解质溶液中 $Li^+$ 向多孔碳材料区迁移
- D.充电时,电池总反应为



## 分析讲解：

精准分析：本题应该先根据题目叙述和对应的示意图，判断出电池的正负极，再根据正负极的反应要求进行电极反应方程式的书写。

A. 题目叙述为：放电时， $O_2$ 与 $Li^+$ 在多孔碳电极处反应，说明电池内， $Li^+$ 向多孔碳电极移动，因为阳离子移向正极，所以多孔碳电极为正极，选项A错误。

B. 因为多孔碳电极为正极，外电路电子应该由锂电极流向多孔碳电极（由负极流向正极），选项B错误。

C. 充电和放电时电池中离子的移动方向应该相反，放电时， $Li^+$ 向多孔碳电极移动，充电时向锂电极移动，选项C错误。

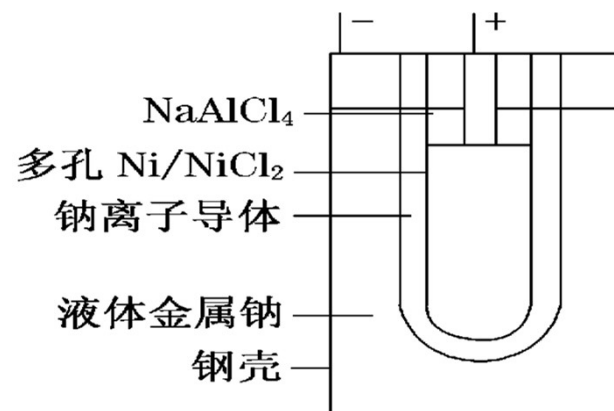
D. 根据图示和上述分析，电池的正极反应应该是 $O_2$ 与 $Li^+$ 得电子转化为 $Li_2O_{2-x}$ ，电池的负极反应应该是单质Li失电子转化为 $Li^+$ ，所以总反应为： $2Li + (1 - \frac{x}{2})O_2 = Li_2O_{2-x}$ ，充电的反应与放电的反应相反，所以为 $Li_2O_{2-x} = 2Li + (1 - \frac{x}{2})O_2$ ，选项D正确。

答案：D

## 适应性练习

5. (2013 全国卷II) “ZEBRA” 蓄电池的结构如图所示, 电极材料多孔 Ni/NiCl<sub>2</sub> 和金属钠之间由钠离子导体制作的陶瓷管相隔。下列关于该电池的叙述错误的( )

- A. 电池反应中有NaCl生成
- B. 电池的总反应是金属钠还原三价铝离子
- C. 正极反应为  
$$\text{NiCl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni} + 2\text{Cl}^-$$
- D. 钠离子通过钠离子导体在两电极间移动



## 分析讲解：

负极是液体金属Na，电极反应式为： $\text{Na} - \text{e}^- = \text{Na}^+$ ；

正极是Ni，电极反应式为 $\text{NiCl}_2 + 2\text{e}^- = \text{Ni} + 2\text{Cl}^-$ ；

总反应是 $2\text{Na} + \text{NiCl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Ni}$ 。

所以A、C、D正确，B错误。

**【答案】 B**

## 任务 2、电解池的工作原理及其应用

### 知识梳理 3

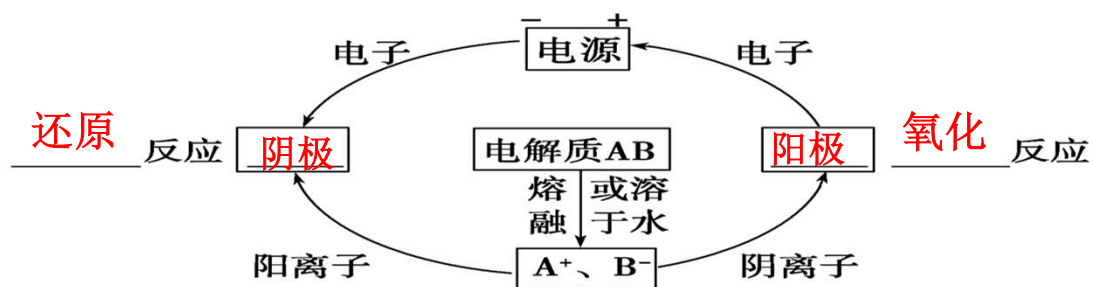
#### 1. 电解池的构成

(1) 有与 **电源** 相连的两个电极。

(2) **电解质溶液** (或 **熔融电解质**)。

(3) 形成 **闭合回路**。

#### 2. 电解池的工作原理



### 3、阴、阳极的判断及电极反应式的书写

#### 判断电解池的阴、阳极

##### (1)根据外接电源的正、负极判断

电源正极连接 阳极，电源负极连接 阴极。

##### (2)根据电极产物判断

电极溶解、逸出  $O_2$  (或电极区变酸性) 或逸出  $Cl_2$  的为 阳极；析出金属、逸出  $H_2$  (或电极区变碱性) 的为 阴极。

#### 电极反应式的书写步骤

(1)分析电解质水溶液的组成：找全离子并分阴、阳两组(不要忘记水溶液中的  $H^+$  和  $OH^-$ )。

## (2)排出阴、阳两极的放电顺序

### ①阳极

活性电极：金属做阳极(Pt、Au 除外)，金属本身被电解(注：Fe 生成  $\text{Fe}^{2+}$  而不是  $\text{Fe}^{3+}$ )；

惰性电极(Pt、Au、石墨等)：还原性强的离子先放电，放电顺序为  $\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^- >$   
含氧酸根。

### ②阴极(放电顺序与电极材料无关)

氧化性强的离子先放电，放电顺序为  $\text{Ag}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+$  (酸中)  $> \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{H}^+$  (水中)。



## 特别提醒

(1) 阴极不管是什么材料，电极本身都不反应，一定是溶液(或熔融电解质)中的阳离子放电。

(2) 最常用、最重要的放电顺序为阳极： $\text{Cl}^- > \text{OH}^-$ ；阴极： $\text{Ag}^+ > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+$ 。

(3) 电解水溶液时， $\text{K}^+ \sim \text{Al}^{3+}$ 不可能在阴极放电，即不可能用电解水溶液的方法得到 K、Ca、Na、Mg、Al 等金属。

(3) 写出两极电极反应式

① 阳极：活性电极 失去 电子生成相应的金属阳离子；溶液中的阴离子 失去 电子生成相应的单质或高价态化合物。

②阴极：溶液中的阳离子得到电子生成相应的单质或低价态化合物。

(4)写出电解总反应式

在两极转移电子数目相同的前提下，两极反应式相加即可得总反应的化学方程式或离子方程式。

#### 4、用惰性电极电解电解质溶液的规律

类型		实例	电极反应式	电解对象	溶液 pH 变化	溶液复原方法
电解水型	含氧酸	$\text{H}_2\text{SO}_4$	阳极 $\underline{4\text{OH}^- - 4\text{e}^-}$	水	减小	加水
	强碱	$\text{NaOH}$	$\underline{= 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow}$		增大	
	活泼金属的含氧酸盐	$\text{KNO}_3$	阴极: $\underline{4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2 \uparrow}$ 总反应: $\underline{2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow}$		不变	

类型		实例	电极反应式	电解对象	溶液pH变化	溶液复原方法
电解 电解质 类型	无氧酸 (氢氟酸除外)	HCl	阳极： $\underline{2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow}$ 阴极： $\underline{2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow}$ 总反应： $\underline{\underline{\text{电解}} \quad \underline{2\text{HCl}} \rightleftharpoons \underline{\text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow}}$	HCl	增大	通入 HCl 气体

类型		实例	电极反应式	电解对象	溶液pH变化	溶液复原方法
电解 电解 质型	不活 泼金 属的 无氧 酸盐	$\text{CuCl}_2$	阳极： $\underline{2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow}$ 阴极： $\underline{\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}}$ 总反应： $\underline{\underline{\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow}}$	$\text{CuCl}_2$	—	加 $\text{CuCl}_2$ 固体

类型		实例	电极反应式	电解对象	溶液pH变化	溶液复原方法
放氢生碱型	活泼金属的无氧酸盐	NaCl	阳极： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$ <hr/> 阴极： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ <hr/> 总反应： $2\text{NaCl} +$ $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow +$ $\text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$	NaCl 和 H <sub>2</sub> O	增大	通入 HCl 气体

类型		实例	电极反应式	电解对象	溶液pH变化	溶液复原方法
放氧生酸型	不活泼金属的含氧酸盐	$\text{AgNO}_3$	阳极: $\underline{4\text{OH}^- - 4\text{e}^-}$ $\underline{\underline{= 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow}}$ 阴极: $\underline{4\text{Ag}^+ + 4\text{e}^- = 4\text{Ag}}$ 总反应: $\underline{4\text{AgNO}_3 +}$ $\underline{2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Ag} +}$ $\underline{\text{O}_2 \uparrow + 4\text{HNO}_3}$	$\text{AgNO}_3$ 和 $\text{H}_2\text{O}$	减小	加入 $\text{Ag}_2\text{O}$ 固体

## 归纳总结

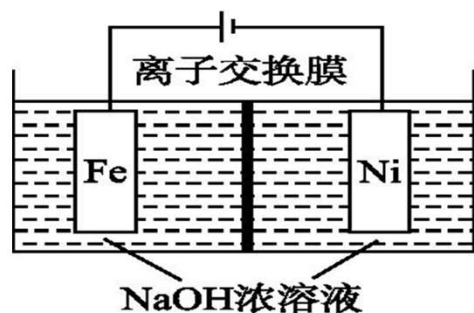
### 电解质溶液的复原

若要使电解后的溶液恢复到原状态，应遵循“出什么加什么”（即一般加入阴极产物与阳极产物形成的化合物）的原则。如用惰性电极电解盐酸(足量)一段时间后，若要使溶液复原，应通入 HCl 气体而不能加入盐酸。



## 典型案例

例 1.(2016 天津)电解法制取有广泛用途的  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ ,同时获得氢气: $\text{Fe}+2\text{H}_2\text{O}+2\text{OH}^- \xrightarrow{\text{电解}} \text{FeO}_4^{2-}+3\text{H}_2\uparrow$ 。工作原理如图所示。装置通电后,铁电极附近生成紫红色  $\text{FeO}_4^{2-}$ ,镍电极上有气泡产生。若氢氧化钠溶液浓度过高,铁电极区会产生红褐色物质。已知: $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  只在强碱性条件下稳定,易被  $\text{H}_2$  还原。

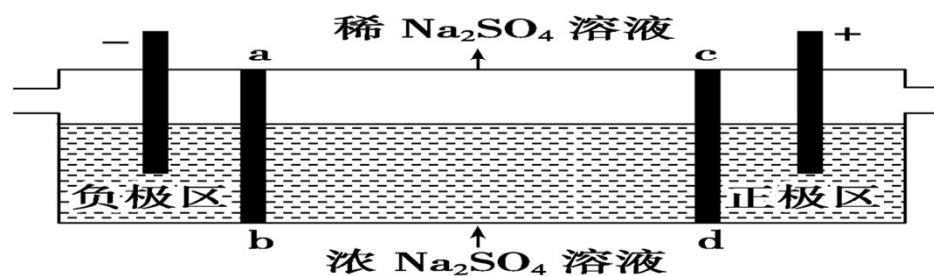


- (1) 电解一段时间后,  $c(\text{OH}^-)$  降低的区域在 \_\_\_\_\_ (填“阴极室”或“阳极室”)。
- (2) 电解过程中, 须将阴极产生的气体及时排出, 其原因为 \_\_\_\_\_。

## 分析讲解:

- (1) 根据题意镍电极有气泡产生是氢离子放电生成氢气，铁电极发生氧化反应，溶液中的氢氧根离子减少，因此电解一段时间后， $c(\text{OH}^-)$ 降低的区域在阳极室，故答案为：阳极室；
- (2) 氢气具有还原性，根据题意 $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ 只在强碱性条件下稳定，易被 $\text{H}_2$ 还原。电解过程中，须将阴极产生的气体及时排出，防止 $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ 与 $\text{H}_2$ 反应使产率降低，故答案为：防止 $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ 与 $\text{H}_2$ 反应使产率降低。

例 2. (2016 全国卷 I)三室式电渗析法处理含  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  废水的原理如图所示, 采用惰性电极, **ab**、**cd** 均为离子交换膜, 在直流电场的作用下, 两膜中间的  $\text{Na}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  可通过离子交换膜, 而两端隔室中离子被阻挡不能进入中间隔室。下列叙述正确的是( )



- A. 通电后中间隔室的  $\text{SO}_4^{2-}$  离子向正极迁移, 正极区溶液 pH 增大
- B. 该法在处理含  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  废水时可以得到  $\text{NaOH}$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  产品
- C. 负极反应为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ , 负极区溶液 pH 降低
- D. 当电路中通过 1 mol 电子的电量时, 会有 0.5 mol 的  $\text{O}_2$  生成

## 分析讲解:

该装置为电解池。 $\text{H}_2\text{O}$ 在正(阳)极区放电,生成 $\text{O}_2$ 和 $\text{H}^+$ ,正(阳)极区溶液pH减小,中间隔室中的阴离子 $\text{SO}_4^{2-}$ 通过cd离子交换膜移向正(阳)极,故正(阳)极区得到 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;当电路中通过1 mol电子时生成0.25 mol  $\text{O}_2$ ; $\text{H}_2\text{O}$ 在负(阴)极区放电,生成 $\text{OH}^-$ 和 $\text{H}_2$ ,负(阴)极区溶液pH增大,中间隔室中的阳离子 $\text{Na}^+$ 通过ab离子交换膜移向负(阴)极,故负(阴)极区可得到 $\text{NaOH}$ ;A、C、D项错误,B项正确。

**【答案】 B**

## 知识梳理4

### 隔膜的作用

#### 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，即允许  $H^+$  和其他阳离子通过，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)能选择性地允许离子通过，起到平衡电荷、形成闭合回路的作用。

## 典型案例

例 3. (2017·高考全国卷 II)用电解氧化法可以在铝制品表面形成致密、耐腐蚀的氧化膜,电解质溶液一般为  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  混合溶液。下列叙述错误的是( )

- A. 待加工铝质工件为阳极
- B. 可选用不锈钢网作为阴极
- C. 阴极的电极反应式为  $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$
- D. 硫酸根离子在电解过程中向阳极移动

## 分析讲解：

A、根据原理可知，Al要形成氧化膜，化合价升高失电子，因此铝为阳极，故A说法正确；

B、不锈钢网接触面积大，能增加电解效率，故B说法正确；

C、阴极应为阳离子得电子，根据离子放电顺序应是 $H^+$ 放电，即 $2H^+ + 2e^- = H_2 \uparrow$ ，故C说法错误；

D、根据电解原理，电解时，阴离子移向阳极，故D说法正确。

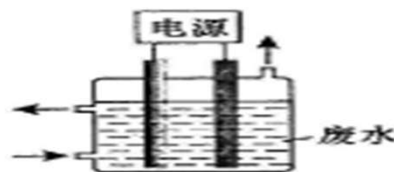
**【答案】 C**



## 典型案例

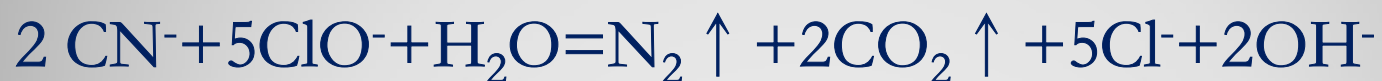
例 4. (2015 年四川) 用下图所示装置除去含  $\text{CN}^-$ 、 $\text{Cl}^-$  废水中的  $\text{CN}^-$  时, 控制溶液 pH 为 9~10, 阳极产生的  $\text{ClO}^-$  将  $\text{CN}^-$  氧化为两种无污染的气体, 下列说法不正确的是 ( )

- A. 用石墨作阳极, 铁作阴极
- B. 阳极的电极反应式为:  $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- C. 阴极的电极反应式为:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$
- D. 除去  $\text{CN}^-$  的反应:  $2\text{CN}^- + 5\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = \text{N}_2\uparrow + 2\text{CO}_2\uparrow + 5\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$



## 分析讲解:

A选项石墨作阳极，为惰性电极，由溶液中的Cl<sup>-</sup>放电，电极反应式： $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ，铁作阴极，在碱性环境下发生 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，故ABC正确；D选项pH=9-10的碱性溶液不可能是H<sup>+</sup>来反应，离子反应为



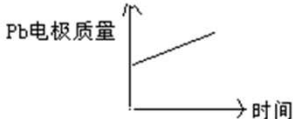
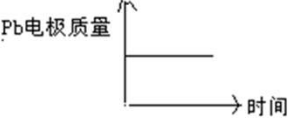
**【答案】 D**

## 典型案例

例 5. (2013 天津) 为增强铝的耐腐蚀性, 现以铅蓄电池为外电源, 以 Al 作阳极、Pb 作阴极, 电解稀硫酸, 使铝表面的氧化膜增厚。其反应原理如下:



电解过程中, 以下判断正确的是 ( )

	电池	电解池
A	$\text{H}^+$ 移向 Pb 电极	$\text{H}^+$ 移向 Pb 电极
B	每消耗 3mol Pb	生成 2mol $\text{Al}_2\text{O}_3$
C	正极: $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	阳极: $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- = \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+$
D		

## 分析讲解:

电池中，氢离子移向为电源的正极，A错；

B选项每消耗3molPb，根据电子守恒生成1molAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，错误；

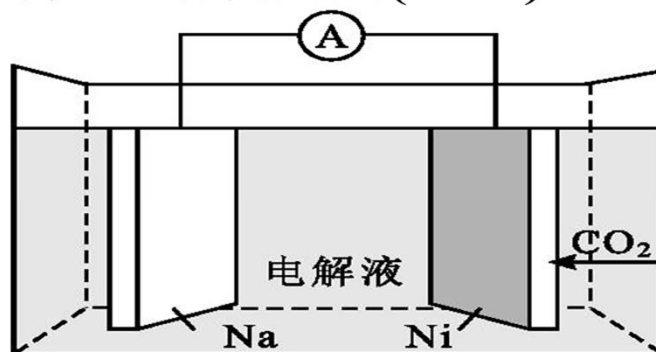
C选项在原电池的正极电极反应是生成PbSO<sub>4</sub>，错误；

D选项在原电池中Pb电极的质量由于生成PbSO<sub>4</sub>，质量增加，在电解池中，Pb阴极，质量不变，正确。

**【答案】 D**

## 典型案例

例 6.(2018 全国 II)我国科学家研发了一种室温下“可呼吸”的 Na-CO<sub>2</sub> 二次电池。将 NaClO<sub>4</sub> 溶于有机溶剂作为电解液,钠和负载碳纳米管的镍网分别作为电极材料,电池的总反应为: $3\text{CO}_2+4\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{C}$ ,下列说法错误的是( )



- A. 放电时,  $\text{ClO}_4^-$  向负极移动
- B. 充电时释放  $\text{CO}_2$ , 放电时吸收  $\text{CO}_2$
- C. 放电时, 正极反应为:  $3\text{CO}_2+4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}+\text{C}$
- D. 充电时, 正极反应为:  $\text{Na}^++\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$

## 分析讲解：

精准分析：原电池中负极发生失去电子的氧化反应，正极发生得到电子的还原反应，阳离子向正极移动，

阴离子向负极移动，充电可以看作是放电的逆反应，则 A. 放电时是原电池，阴离子  $\text{ClO}_4^-$  向负极移动，A

正确；B. 电池的总反应为  $3\text{CO}_2 + 4\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ ，因此充电时释放  $\text{CO}_2$ ，放电时吸收  $\text{CO}_2$ ，B 正确；

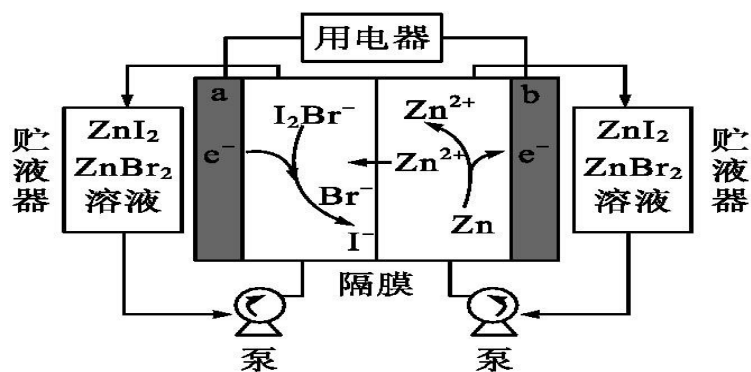
C. 放电时是原电池，正极是二氧化碳得到电子转化为碳，反应为： $3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-} + \text{C}$ ，C 正确；D. 充

电时是电解，正极与电源的正极相连，作阳极，发生失去电子的氧化反应，反应为  $2\text{CO}_3^{2-} + \text{C} - 4\text{e}^- = 3\text{CO}_2$ ，

D 错误。答案选 D。

## 适应性练习

1.(2019天津理综)我国科学家研制了一种新型的高比能量锌-碘溴液流电池,其工作原理示意图如下。图中贮液器可储存电解质溶液,提高电池的容量。下列叙述不正确的是( )



- A. 放电时,a电极反应为  $I_2Br + 2e^- \longrightarrow 2I^- + Br^-$
- B. 放电时,溶液中离子的数目增大
- C. 充电时,b电极每增重0.65 g,溶液中有0.02 mol  $I^-$ 被氧化
- D. 充电时,a电极接外电源负极

## 分析讲解:

由电池装置图可知, a极 $\text{I}_2\text{Br}^-$ 生成 $\text{I}^-$ , 则发生还原反应, 应为原电池的正极; b极 $\text{Zn}$ 失电子生成 $\text{Zn}^{2+}$ , 发生氧化反应, 应为原电池的负极, 充电时, a为阳极, b为阴极。

A. 放电时, a极 $\text{I}_2\text{Br}^-$ 生成 $\text{I}^-$ , 发生还原反应, 电极反应为 $\text{I}_2\text{Br}^- + 2\text{e}^- = 2\text{I}^- + \text{Br}^-$ , 故A正确;

B. 放电时, 正极 $\text{I}_2\text{Br}^-$ 生成 $\text{I}^-$ 、 $\text{Br}^-$ , 负极生成 $\text{Zn}^{2+}$ , 则溶液中离子的数目增多, 故B正确;

C. 充电时, b电极生成 $\text{Zn}$ , 每增重, 即生成 $0.01\text{mol Zn}$ , 则转移 $0.02\text{mol}$ 电子, 阳极发生 $2\text{I}^- + \text{Br}^- - 2\text{e}^- = \text{I}_2\text{Br}^-$ , 溶液中有 $0.02\text{mol I}^-$ 被氧化, 故C正确;

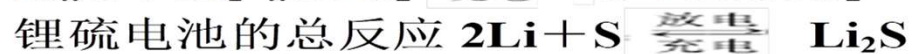
D. 充电时, a电极 $\text{I}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 生成 $\text{I}_2\text{Br}^-$ , 发生氧化反应, a为阳极, 连接电源的正极, 故D错误。

答案: D



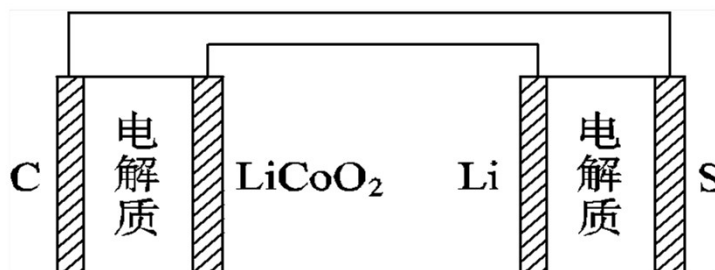
## 适应性练习

2.(2014 天津) 已知：锂离子电池的总反应为



有关上述两种电池说法正确的是 ( )

- A. 锂离子电池放电时， $\text{Li}^+$ 向负极迁移
- B. 锂硫电池充电时，锂电极发生还原反应
- C. 理论上两种电池的比能量相同
- D. 下图表示用锂离子电池给锂硫电池充电



## 分析讲解：

电池工作时，阳离子( $\text{Li}^+$ )向正极迁移，A项错误；  
锂硫电池充电时，锂电极上发生 $\text{Li}^+$ 得电子生成Li的还原反应，B项正确；  
两种电池负极材料不同，故理论上两种电池的比能量不相同，C项错误；  
根据电池总反应知，生成碳的反应是氧化反应，因此碳电极作电池的负极，而锂硫电池中单质锂作电池的负极，给电池充电时，电池负极应接电源负极，即锂硫电池的锂电极应与锂离子电池的碳电极相连，D项错误。

**【答案】 B**

## 任务 3、金属的腐蚀与防护

### 知识梳理 5

#### 1. 金属腐蚀的本质

金属原子 失去电子 变为 金属阳离子，发生 氧化反应。

## 2. 金属腐蚀的类型

### (1) 化学腐蚀与电化学腐蚀

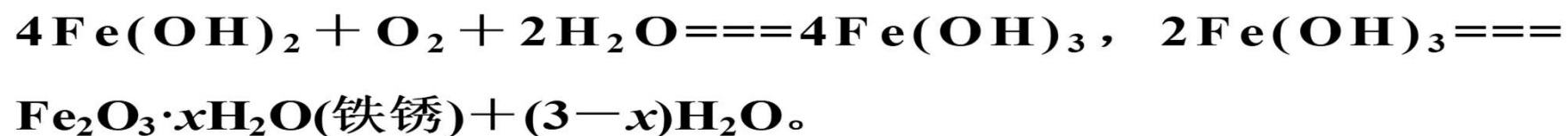
类型	化学腐蚀	电化学腐蚀
条件	金属跟 <u>非金属单质直接</u> 接触	不纯金属或合金跟 <u>电解质溶液</u> 接触
现象	<u>无</u> 电流产生	<u>有微弱</u> 电流产生
本质	金属被 <u>氧化</u>	较活泼金属被 <u>氧化</u>
联系	两者往往同时发生， <u>电化学</u> 腐蚀更普遍	

## (2)析氢腐蚀与吸氧腐蚀

以钢铁的腐蚀为例进行分析：

类型		析氢腐蚀	吸氧腐蚀
条件		水膜酸性较强	水膜酸性很弱或呈中性
电极	负极	$\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	
反应	正极	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$
总反应式		$\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$	$2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{OH})_2$

 **特别提醒** ①钢铁的吸氧腐蚀更普遍。②铁锈的形成：



### 3. 金属的防护

#### (1) 电化学防护

① 牺牲阳极的阴极保护法——原电池原理

a. 负极：比被保护金属活泼的金属；

b. 正极：被保护的金属设备。

② 外加电流的阴极保护法——电解原理

a. 阴极：被保护的金属设备；

b. 阳极：惰性金属或石墨。

(2) 改变金属的内部结构，如制成合金、不锈钢等。

(3) 加防护层，如在金属表面喷油漆、涂油脂、电镀、喷镀或表面钝化等方法。

## 典型案例

例 1. (2013·北京高考)下列金属防腐的措施中,使用外加电流的阴极保护法的是

( )

- A. 水中的钢闸门连接电源的负极
- B. 金属护栏表面涂漆
- C. 汽车底盘喷涂高分子膜
- D. 地下钢管连接镁块



**分析讲解：**

**B / C为物理方法，阻止金属和氧气的接触；  
D为构成原电池，使被保护的金属为正极材料，不失去电子的方法。**

**【答案】 A**

例 2. (2015 上海) 研究电化学腐蚀及防护的装置如右图所示。下列有关说法错误的是 ( )

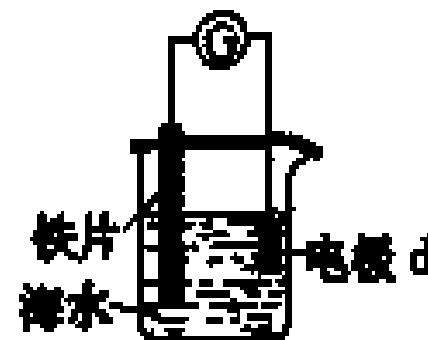
A. d 为石墨, 铁片腐蚀加快

B. d 为石墨, 石墨上电极反应为:



C. d 为锌块, 铁片不易被腐蚀

D. d 为锌块, 铁片上电极反应为:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow$



## 分析讲解:

由图可知, 若d为石墨, 则活泼金属做负极, 加快了铁片的腐蚀, A正确;

d为石墨, 电极反应为:  $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$ , B正确;

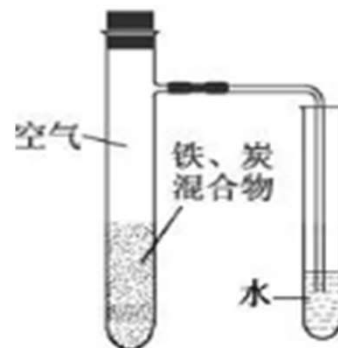
若d为锌块, 则为负极, 所以铁片不易被腐蚀, C正确, D错误。故选D。

**【答案】 D**

## 典型案例

例 3. (2019 江苏) 将铁粉和活性炭的混合物用 NaCl 溶液湿润后, 置于如图所示装置中, 进行铁的电化学腐蚀实验。下列有关该实验的说法正确的是( )

- A. 铁被氧化的电极反应式为  $\text{Fe} - 3\text{e}^- = \text{Fe}^{3+}$
- B. 铁腐蚀过程中化学能全部转化为电能
- C. 活性炭的存在会加速铁的腐蚀
- D. 以水代替 NaCl 溶液, 铁不能发生吸氧腐蚀



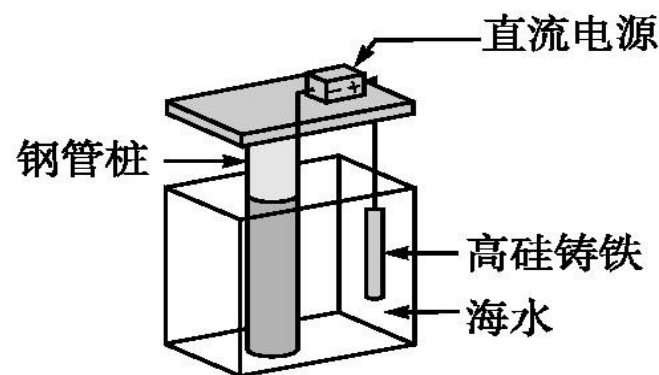
## 分析讲解：

- A.在铁的电化学腐蚀中，铁单质失去电子转化为二价铁离子，即负极反应为： $\text{Fe}-2\text{e}^{-}=\text{Fe}^{2-}$ ，故A错误；
- B.铁的腐蚀过程中化学能除了转化为电能，还有一部分转化为热能，故B错误；
- C.活性炭与铁混合，在氯化钠溶液中构成了许多微小的原电池，加速了铁的腐蚀，故C正确
- D.以水代替氯化钠溶液，水也呈中性，铁在中性或碱性条件下易发生吸氧腐蚀，故D错误；

【答案】 C

例4.(2017全国 I )支撑海港码头基础的钢管桩,常用外加电流的阴极保护法进行防腐,工作原理如图所示,其中高硅铸铁为惰性辅助阳极。下列有关表述不正确的是( )

- A.通入保护电流使钢管桩表面腐蚀电流接近于零
- B.通电后外电路电子被强制从高硅铸铁流向钢管桩
- C.高硅铸铁的作用是作为损耗阳极材料和传递电流
- D.通入的保护电流应该根据环境条件变化进行调整



## 分析讲解:

依题意，钢管桩为阴极，电子流向阴极，阴极被保护，钢管桩表面腐蚀电流是指铁失去电子形成的电流，其接近于零，铁不容易失去电子，A项正确；阳极上发生氧化反应，失去电子，电子经外电路流向阴极，B项正确；高硅铸铁做阳极，阳极上发生氧化反应，主要是海水中的水被氧化生成氧气，惰性辅助阳极不被损耗，C项错误；应根据海水对钢管桩的腐蚀情况，增大或减小电流强度，D项正确。

答案: C

2020, 武汉加油!

2020, 高考加油!



**感谢——**

**刘红梅主任、贾培东老师倾心指导！**

**郝元庆老师、程铭老师协助配合！**