

第2课时 化学电源

[核心素养发展目标] 1.证据推理与模型认知：通过对常见化学电源的分析，建立对原电池过程系统认识的思维模型，提高对原电池本质的认识。2.科学态度与社会责任：增强科技意识，不断研发新型电池，满足人类社会发展的需求。积极回收利用废旧电池，减少其对环境的污染。

一、化学电源概述 一次电池

1. 化学电源概述

(1) 化学电源的分类

原电池是化学电源的雏形，常分为如下三类：

- ①一次电池：也叫做干电池，放电后不可再充电。
- ②二次电池：又称可充电电池或蓄电池，放电后可以再充电使活性物质获得再生。
- ③燃料电池：连续地将燃料和氧化剂的化学能直接转化为电能的化学电源。

(2) 判断电池优劣的主要标准

- ①比能量：单位质量或单位体积所能输出电能的多少，单位是 $(W \cdot h) \cdot kg^{-1}$ 或 $(W \cdot h) \cdot L^{-1}$ 。
- ②比功率：单位质量或单位体积所能输出功率的大小，单位是 $W \cdot kg^{-1}$ 或 $W \cdot L^{-1}$ 。
- ③电池可储存时间的长短。

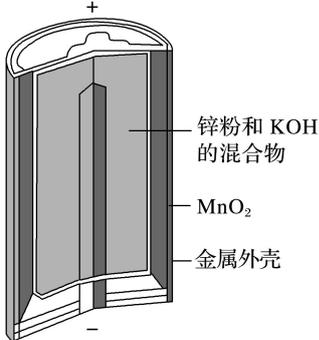
(3) 化学电池的回收利用

使用后的废弃电池中含有大量的重金属、酸和碱等有害物质，随处丢弃会给土壤、水源等造成严重的污染。废弃电池要进行回收利用。

(4) 化学电源的发展方向

小型化、供电方便、工作寿命长、不需要维护的电池受到人们的青睐。如镍氢电池、锂离子电池等。

2. 一次电池：锌锰干电池

	普通锌锰干电池	碱性锌锰干电池
示意图		
构造	负极：锌	负极反应物：锌粉

	正极：石墨棒 电解质溶液：氯化铵和氯化锌	正极反应物：二氧化锰 电解质溶液：氢氧化钾
工作原理	负极： $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2\text{H}^+$ 正极： $2\text{MnO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{MnO}(\text{OH})$ 总反应： $\text{Zn} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{MnO}_2 \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + 2\text{MnO}(\text{OH})$	负极： $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$ 正极： $2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{MnO}(\text{OH}) + 2\text{OH}^-$ 总反应： $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{MnO}(\text{OH}) + \text{Zn}(\text{OH})_2$

【正误判断】

- (1)干电池根据电解质的性质又可分为酸性电池、碱性电池、中性电池(√)
- (2)具有高“比能量”和高“比功率”的电池称为高能电池(√)
- (3)废电池须进行集中处理的目的是防止电池中汞、镉和铅等重金属离子对土壤和水源的污染(√)
- (4)铅蓄电池应用广泛，主要优点是单位重量的电极材料释放的电量大(×)
- (5)燃料电池具有能量利用率高、可连续使用和污染轻等优点(√)
- (6)锂电池是一种高能电池，体积小、重量轻，比能量大(√)

【深度思考】

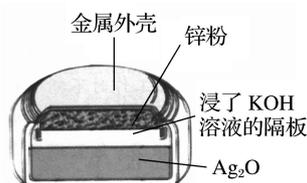
1. 已知：电池的“理论比能量”指单位质量的电极材料理论上能释放出的最大电能。比较 Mg、Al 二种金属—空气电池，“理论比能量”之比是_____。

答案 3：4

解析 假设质量都是 1 g，这两种金属转移的电子的物质的量分别为：

$$\frac{1 \text{ g}}{24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = \frac{1}{12} \text{ mol}, \quad \frac{1 \text{ g}}{27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 3 = \frac{1}{9} \text{ mol}.$$

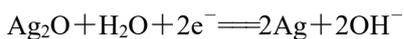
2. 银锌电池具有比能量大、电压稳定、储存时间长等特点，如图所示，总反应式： $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ 。



- (1)负极反应物：_____，正极反应物：_____，电解质溶液_____。
- (2)电极反应式，负极：_____；正极：_____。

答案 (1)锌粉 Ag_2O KOH 溶液

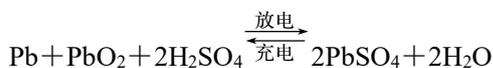
(2) $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$



二、二次电池

1. 铅蓄电池

铅蓄电池是常见的二次电池，其放电反应和充电反应表示如下：



(1) 负极是 **Pb**，正极是 **PbO₂**，电解质溶液是 **H₂SO₄ 溶液**。

(2) 放电反应原理

① 负极反应式是 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$ ；

② 正极反应式是 $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

③ 放电过程中，负极质量的变化是**增大**，H₂SO₄ 溶液的浓度**减小**。

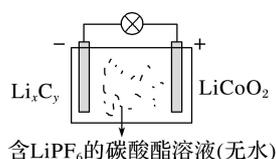
(3) 充电反应原理

① 阴极(还原反应)反应式是 $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ ；

② 阳极(氧化反应)反应式是 $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ；

③ 充电时，铅蓄电池正极与直流电源**正极**相连，负极与直流电源**负极**相连。即“**负极接负极，正极接正极**”。

2. 锂离子电池



电极	电极反应
负极	嵌锂石墨(Li_xC_y): $\text{Li}_x\text{C}_y - x\text{e}^- \rightleftharpoons x\text{Li}^+ + \text{C}_y$
正极	钴酸锂(LiCoO_2): $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$
总反应	$\text{Li}_x\text{C}_y + \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{LiCoO}_2 + \text{C}_y$

反应过程：放电时，Li⁺从石墨中脱嵌移向**正极**，嵌入钴酸锂晶体中，充电时，Li⁺从**钴酸锂**晶体中脱嵌，由**正极**回到**负极**，嵌入石墨中。这样在放电、充电时，锂离子往返于电池的正极、负极之间完成化学能与电能的相互转化。

【正误判断】

- (1) 二次电池的放电过程，负极质量一定减小(×)
- (2) 可充电电池的充放电过程是可逆反应(×)
- (3) 锂电池由于 Li 的性质活泼所以不能用水溶液作电解质(√)
- (4) 铅蓄电池充电时，正极接直流电源正极，发生还原反应(×)
- (5) 锂离子电池放电时，Li⁺移向正极区(√)

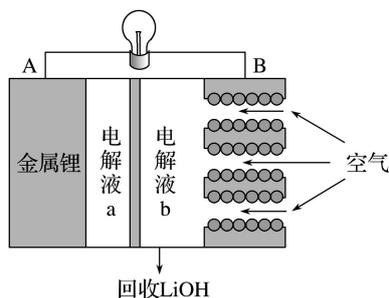
「深度思考」

1. 镍—镉电池是一种可充电的“干电池”，使用寿命长达10~15年。其总反应为 $\text{Cd} + 2\text{NiO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$ 。

- (1) 放电时，负极发生_____反应，反应式为_____。
- (2) 电池工作时，负极区 pH _____，正极区 pH _____。
- (3) 该电池工作时，电解质溶液中的 OH^- 向_____移动

答案 (1) 氧化 $\text{Cd} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Cd}(\text{OH})_2$ (2) 减小 增大 (3) 负极

2. 锂空气电池放电时的工作原理如图所示。根据图示解答下列问题：



- (1) 放电时 Li^+ 由 A 极向 B 极移动。
- (2) 电极反应式：① 负极： $4\text{Li} + 4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = 4\text{LiOH}$ ；② 正极： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ ；③ 放电电池总反应为 $4\text{Li} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{LiOH}$ 。
- (3) 电解液 a 能否是氯化锂溶液？否(填“能”或“否”)，原因是：金属锂能与水反应，电解质中不能含有水。

3. 高铁电池是一种新型可充电电池，与普通电池相比，该电池能较长时间保持稳定的放电电压。高铁电池的总反应式为 $3\text{Zn} + 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 3\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{KOH}$ 。请回答下列问题：

- (1) 高铁电池的负极材料是_____，放电时负极的电极反应式为_____。
- (2) 放电时，正极发生_____ (填“氧化”或“还原”) 反应；正极的电极反应式为_____。放电时，_____ (填“正”或“负”) 极附近溶液的碱性增强。

答案 (1) Zn $3\text{Zn} + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = 3\text{Zn}(\text{OH})_2$

(2) 还原 $2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{e}^- + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{OH}^-$ 正

解析 放电时，电池的负极上发生氧化反应，负极的电极反应式为 $3\text{Zn} + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = 3\text{Zn}(\text{OH})_2$ ，正极上发生还原反应，正极的电极反应式为 $2\text{FeO}_4^{2-} + 6\text{e}^- + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{OH}^-$ ，则正极附近生成了 OH^- ，溶液的碱性增强。

■ 归纳总结 ■

化学电源电极反应式的书写

- (1) 由装置图或电池总反应式确定电池的正极、负极及各极反应物。

(2)电解质溶液中的其他离子的影响，若阴离子与负极产生的阳离子不共存，该阴离子写入负极反应式。

(3)原电池的正极材料多数只起导电作用，而化学电源的正极材料大多数参与电极反应。

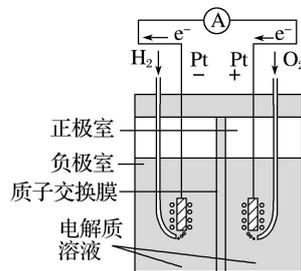
三、燃料电池

1. 燃料电池

燃料电池是一种连续地将燃料和氧化剂的化学能直接转化为电能的化学电源。电极本身不包含活性物质，只是一个催化转化元件。燃料电池工作时，燃料和氧化剂连续地由外部供给，在电极上不断地进行反应，生成物不断地被排出，于是电池就连续不断地提供电能。

2. 氢氧燃料电池是一种清洁高效的燃料电池

(1)基本构造



(2)工作原理

	酸性电解质(H ₂ SO ₄)	碱性电解质(KOH)
负极反应	$2\text{H}_2 - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+$	$2\text{H}_2 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = 4\text{H}_2\text{O}$
正极反应	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$
总反应	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$	

3.能量转换

所有的燃烧均为放热反应，若能量以电的形式向外释放，则形成燃料电池，所以燃料电池的总方程式类似燃烧的总方程式，只不过条件不同而已。

理论上来说，所有的燃烧反应均可设计成燃料电池，所以燃料电池的燃料除氢气外，还有烃、肼、甲醇、氨、煤气等气体或液体，且能量转化率超过 80%，由燃料电池组合成的发电站被誉为“绿色发电站”。

4. 燃料电池电极的书写方法

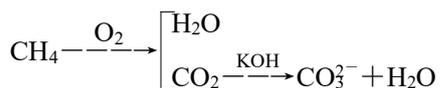
电极的负极反应物一定是燃料，正极反应物为 O₂ 或空气。

据氧化还原反应规律，负极燃料失电子发生氧化反应，正极氧气得电子发生还原反应。

特别注意电解质溶液酸碱性不同的区别。可根据电荷守恒来配平电极反应式。

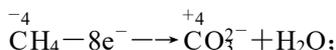
如 CH₄ 碱性(KOH 溶液)燃料电池负极反应式书写方法：

第一步 确定生成物



故 CH_4 的最终产物为 CO_3^{2-} 和 H_2O ;

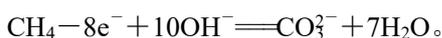
第二步 确定价态变化及电子转移



第三步 依据电解质性质, 用 OH^- 使电荷守恒



第四步 最后据氢原子守恒配平 H_2O 的化学计量数

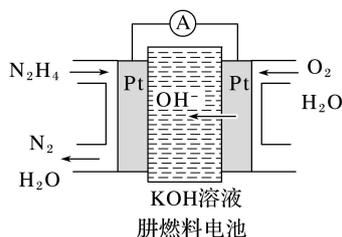


【正误判断】

- (1) 燃料电池所有能量均转化为电能(×)
- (2) 燃料电池中通入燃料的一极为正极(×)
- (3) 氢氧燃料电池(酸性电解质)中 O_2 通入正极, 电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ (√)
- (4) 燃料电池电极材料本身不参与化学反应(√)

【深度思考】

1. 如图为肼燃料电池示意图, 请写出正、负极电极反应式及总反应式。



答案 负极: $\text{N}_2\text{H}_4 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- = 4\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

正极: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$

总反应式: $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

2. 一种甲醇燃料电池是采用铂或碳化钨作为电极催化剂, 在稀硫酸电解液中直接加入纯化后的甲醇, 同时向一个电极通入空气。回答下列问题:

- (1) 这种电池放电时发生的化学反应方程式: _____。
- (2) 此电池的正极发生的电极反应式: _____,
负极发生的电极反应式: _____。
- (3) 电解液中 H^+ 向 _____ 极移动, 向外电路释放电子的电极是 _____。
- (4) 使用该燃料电池的另一个好处是 _____。

答案 (1) $2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) $3\text{O}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- = 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} - 12\text{e}^- = 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$

(3) 正 负极 (4) 对环境无污染

解析 (1)燃料电池的电池反应为燃料的氧化反应,在酸性条件下生成的 CO_2 不与 H_2SO_4 反应,故电池反应为 $2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)电池的正极为 O_2 得电子,由于是酸性环境,所以会生成 H_2O ,用电池反应减去正极反应即可得出负极的电极反应式。

(3) H^+ 移向正极,在正极生成水。

(4)产物是 CO_2 和 H_2O ,不会对环境造成污染。

■ 归纳总结 ■

燃料电池电极反应式书写的注意事项

(1)燃料电池的总反应相当于燃料的燃烧,书写总反应方程式时,要注意产物与电解质溶液是否发生反应,若能反应,电解质溶液要写在总反应方程式中。

(2)燃料电池正极反应的本质是氧气得电子发生还原反应,即 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{O}^{2-}$,产生的 O^{2-} 存在形式与电解质溶液的酸碱性和电解质的状态有着密切的关系。

(3)书写燃料电池的电极反应式,一定要注意电解质的酸碱性。碱性溶液电极反应式不能出现 H^+ ;酸性溶液电极反应式不能出现 OH^- 。

随堂演练 知识落实

1. 下列说法错误的是()

- A. 氧化还原反应所释放的化学能,是化学电源的能量来源
- B. 化学电源中的负极材料不一定参加电极反应
- C. 二次电池的充电和放电过程是可逆反应
- D. 丢弃废旧电池不但会污染环境,而且是资源的极大浪费

答案 C

解析 二次电池的充电和放电,是在不同条件下发生的过程,它们不是可逆反应。

2. 下列电池工作时,氧气在正极放电的是()



A. 锌锰电池 B. 氢氧燃料电池 C. 铅蓄电池 D. 镍镉电池

答案 B

解析 燃料电池中在正极放电的物质都是氧气。

3. 某电池以 K_2FeO_4 和锌为电极材料,氢氧化钾溶液为电解质溶液。下列说法不正确的是()

- A. 锌为电池的负极
- B. 正极反应式为 $2\text{FeO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$
- C. 该电池放电过程中电解质溶液浓度增大

D. 电池工作时 OH^- 向负极迁移

答案 B

解析 以 K_2FeO_4 和锌为电极材料, 氢氧化钾溶液为电解质溶液的电池中, 锌为负极, 发生反应: $3\text{Zn} - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- = 3\text{Zn}(\text{OH})_2$; K_2FeO_4 为正极, 发生反应: $2\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{OH}^-$; 放电过程中有 OH^- 生成, 则电解质溶液的浓度增大, OH^- 向负极迁移。

4. (2020·广州清远调研) 已知 LiAl/FeS 电池是一种新型的车载可充电电池, 该电池采用 Li^+ 交换膜。对该电池充电时, 阳极的电极反应式为: $\text{Li}_2\text{S} + \text{Fe} - 2\text{e}^- = 2\text{Li}^+ + \text{FeS}$ 。下列有关该电池的说法中, 正确的是()

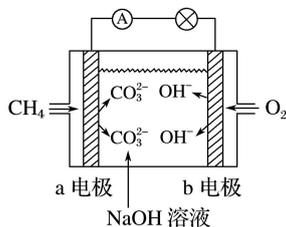
- A. 化合物 LiAl 具有强还原性, 作负极材料
- B. 放电时, 电子从 LiAl 极经过 Li^+ 交换膜流向 FeS 极
- C. 放电时发生的总反应式为: $2\text{Li} + \text{FeS} = \text{Li}_2\text{S} + \text{Fe}$
- D. 为了延长电池的使用寿命, 可以隔一段时间添加含电解质的水溶液

答案 C

解析 LiAl 是合金, 不是化合物, A 不正确; 放电时, 电子从 LiAl 极经过外电路流向 FeS 极, B 不正确; 放电时发生的总反应式为 $2\text{Li} + \text{FeS} = \text{Li}_2\text{S} + \text{Fe}$, C 正确; 负极材料易与水发生反应, 故不能用电解质的水溶液, D 不正确。

5. 原电池是化学对人类的一项重大贡献。

(1) 如图是甲烷燃料电池原理示意图, 回答下列问题:



① 电池的负极是_____ (填“a”或“b”) 电极, 该极的电极反应式为_____。

② 电池工作一段时间后电解质溶液的 pH _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。

(2) 熔融盐燃料电池具有很高的发电效率, 因而受到重视。可用碳酸锂和碳酸钠的熔融盐混合物作电解质, 一氧化碳为负极燃气, 空气与二氧化碳的混合气为正极助燃气, 制得在 650°C 下工作的燃料电池, 其负极反应式为 $2\text{CO} + 2\text{CO}_3^{2-} - 4\text{e}^- = 4\text{CO}_2$ 。

① 正极反应式是_____;

② 总电池反应式是_____。

答案 (1) ① a $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$

② 减小

(2) ① $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-}$

② $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$

解析 (1)甲烷在反应时失去电子,故 a 电极是电池的负极。由于电池工作过程中会消耗 OH^- ,故一段时间后,电解质溶液的 pH 会减小。

(2)正极发生还原反应,故正极电极反应式为 $\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$,根据正极反应式 + 负极反应式 = 总电池反应式,可推知总电池反应式应为 $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$ 。

课时对点练

对点训练

题组一 一次电池

1. 电子表和电子计算器的电源通常用微型银—锌电池,其电极分别是 Ag_2O 和 Zn ,电解质溶液为 KOH 溶液,总反应式为 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ 。下列说法正确的是()

- A. Ag_2O 是正极, Zn 是负极
- B. Zn 是正极, Ag_2O 是负极
- C. 工作时,电池负极区溶液 pH 增大
- D. 工作时,电子由 Ag_2O 极经外电路流向 Zn 极

答案 A

解析 根据总反应式可知,金属锌失去电子发生氧化反应,作该电池的负极,氧化银得到电子发生还原反应,作该电池的正极, A 项正确, B 项错误; 负极区锌离子与氢氧根离子结合,溶液中氢氧根离子浓度减小,则其 pH 减小, C 项错误; 该电池工作时,电子由锌极经外电路流向氧化银极, D 项错误。

2. 日常所用干电池的电极分别为碳棒(上面有铜帽)和锌皮,以糊状 NH_4Cl 和 ZnCl_2 作电解质(其中加入 MnO_2 吸收 H_2),电极反应可简化为 $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$, $2\text{NH}_4^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$ { NH_3 与 Zn^{2+} 络合生成 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ }。根据以上叙述判断下列结论不正确的是()

- A. Zn 为正极,碳为负极
- B. Zn 为负极,碳为正极
- C. 工作时电流由碳极经外电路流向 Zn 极
- D. 长时间连续使用时,内装糊状物可能流出,从而腐蚀用电器

答案 A

解析 由电极反应可知, Zn 发生氧化反应,为电池的负极,碳棒为电池的正极。电子由锌极流出通过外电路流向碳棒,电流方向和电子移动方向相反。长时间连续使用时, MnO_2 吸收较多 H_2 而体积膨胀,糊状物可能流出,因电解质呈酸性,故会腐蚀用电器。

3. 纽扣电池的两极材料分别为锌和氧化银,电解质溶液为 KOH 溶液。放电时两个电极反应分别为 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$,下列说法中,正确的是()

- A. 锌是负极，氧化银是正极
- B. 锌发生还原反应，氧化银发生氧化反应
- C. 溶液中 OH^- 向正极移动， K^+ 、 H^+ 向负极移动
- D. 在电池放电过程中，电解质溶液的酸碱性基本保持不变

答案 A

解析 由电极反应式可知 Zn 作负极， Ag_2O 作正极，A 正确；Zn 发生氧化反应， Ag_2O 发生还原反应，B 错误；溶液中的 OH^- 向负极移动， K^+ 、 H^+ 向正极移动，C 错误；电池的总反应为 $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ ，电解质溶液为 KOH 溶液，因电池放电过程中不断消耗水，使溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 增大，D 错误。

题组二 二次电池

4. 铅蓄电池的两极分别为 Pb、 PbO_2 ，电解质溶液为 H_2SO_4 ，工作时的电池反应为 $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。下列结论正确的是()

- A. Pb 为正极，被氧化
- B. 溶液的 pH 不断减小
- C. SO_4^{2-} 只向 PbO_2 处移动
- D. 电解质溶液的密度不断减小

答案 D

解析 由电池总反应方程式可知，铅是负极，二氧化铅是正极；原电池工作时，外电路中电子由负极流向正极；内电路中带负电荷的阴离子(SO_4^{2-} 和 OH^-) 移向负极；硫酸不断被消耗，pH 不断增大，硫酸浓度减小，溶液密度减小。

5. 铁镍蓄电池又称爱迪生电池，放电时的总反应为： $\text{Fe} + \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。

下列有关该电池的说法不正确的是()

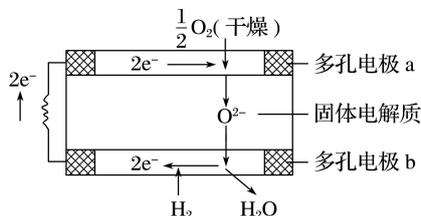
- A. 电池的电解液为碱性溶液，正极为 Ni_2O_3 ，负极为 Fe
- B. 电池放电时，负极反应为 $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2$
- C. 电池充电过程中，阴极附近溶液的 pH 降低
- D. 电池充电时，阳极反应为 $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

答案 C

解析 该充电电池中活泼金属 Fe 失去电子，为负极，得电子的 Ni_2O_3 为正极，因为放电时电极产物为氢氧化物，可以判断电解液为碱性溶液，选项 A 正确；放电时，负极铁失去电子生成 Fe^{2+} ，因为电解液为碱性溶液，所以负极反应为 $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2$ ，选项 B 正确；充电时，阴极发生还原反应： $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe} + 2\text{OH}^-$ ，所以阴极附近溶液的 pH 增大，选项 C 错误；电池充电时，阳极发生氧化反应， $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 转化为 Ni_2O_3 ，电极反应为 $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，选项 D 正确。

题组三 燃料电池

6. (2019·安庆高二检测)固体氧化物燃料电池是以固体氧化锆—氧化钇为电解质,这种固体电解质在高温下允许氧离子(O^{2-})在其间通过。该电池的工作原理如图所示,其中多孔电极 a、b 均不参与电极反应。下列判断正确的是()



- A. 有 O_2 参加反应的电极 a 为电池的负极
 B. 电极 b 的电极反应式为 $H_2 + 2e^- + O^{2-} = H_2O$
 C. 电极 a 的电极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$
 D. 该电池的总反应式为 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

答案 D

解析 因为电子从电极 b 流向电极 a, 所以电极 b 为负极, H_2 在该极发生氧化反应; 电极 a 为正极, O_2 在该极发生还原反应。由此推断该原电池负极的电极反应式为 $H_2 - 2e^- + O^{2-} = H_2O$, 正极的电极反应式为 $\frac{1}{2}O_2 + 2e^- = O^{2-}$, 则电池总反应式为 $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 。

7. 将两个铂电极放置在 KOH 溶液中, 然后分别向两极通入 CO 和 O_2 , 即可产生电流, 称为燃料电池, 下列叙述正确的是()

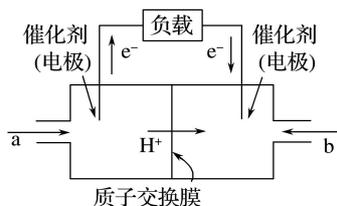
- ①通入 CO 的电极为正极;
 ②正极的电极反应式是 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$;
 ③通入 CO 的电极反应式是 $2CO + O_2 - 4e^- = 2CO_2$;
 ④负极的电极反应式是 $CO + 4OH^- - 2e^- = CO_3^{2-} + 2H_2O$;
 ⑤放电时溶液中的阳离子向负极移动;
 ⑥放电时溶液中的阴离子向负极移动。

- A. ①③⑤ B. ②④⑥ C. ④⑤⑥ D. ①②③

答案 B

解析 据题意知, 发生的反应为 $2CO + O_2 = 2CO_2$, 反应产生的 CO_2 处于 KOH 溶液中, 又会转化为 CO_3^{2-} , ④正确, ③错误; O_2 得 e^- 被还原, 在正极反应, ①错误, ②正确; 阳离子向正极移动, 阴离子向负极移动, ⑤错误, ⑥正确。

8. 下图是甲醇燃料电池的结构示意图, 甲醇在催化剂作用下提供质子(H^+)和电子, 电子经外电路、质子经内电路到达另一极与氧气反应, 电池总反应为 $2CH_3OH + 3O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$ 。下列说法不正确的是()

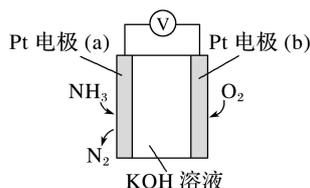


- A. 左电极为电池的负极，a 处通入的物质是甲醇
 B. 正极反应式为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$
 C. 负极反应式为 $CH_3OH + H_2O - 6e^- = CO_2 + 6H^+$
 D. 该电池提供 $1\text{ mol } e^-$ ，消耗氧气 0.25 mol

答案 B

解析 负极反应式为 $2CH_3OH - 12e^- + 2H_2O = 2CO_2 + 12H^+$ ，正极反应式为 $3O_2 + 12e^- + 12H^+ = 6H_2O$ ；根据电子流向，可以判断 a 处通甲醇，b 处通 O_2 ；当电池提供 1 mol 电子时，消耗 O_2 为 $1 \times \frac{3}{12}\text{ mol} = 0.25\text{ mol}$ 。

9. 电化学气敏传感器可用于监测环境中 NH_3 的含量，其工作原理示意图如图。下列说法不正确的是()



- A. O_2 在电极 b 上发生还原反应
 B. 溶液中 OH^- 向电极 a 移动
 C. 反应消耗的 NH_3 与 O_2 的物质的量之比为 4 : 5
 D. 负极的电极反应式为 $2NH_3 - 6e^- + 6OH^- = N_2 + 6H_2O$

答案 C

解析 氧气在电极 b 发生还原反应，则电极 b 为正极，电极 a 为负极，故 A 正确；因为电极 a 为负极，则溶液中的阴离子向负极移动，故 B 正确；反应中 N 元素化合价升高 3 价，O 元素化合价共降低 4 价，根据得失电子守恒，消耗 NH_3 与 O_2 的物质的量之比为 4 : 3，故 C 错误；负极是氨气发生氧化反应变成氮气，且 OH^- 向电极 a 移动参与反应，故电极反应式为 $2NH_3 - 6e^- + 6OH^- = N_2 + 6H_2O$ ，故 D 正确。

题组四 新型电池

10. 研究人员最近发明了一种“水”电池，这种电池能利用淡水与海水之间含盐量差别进行发电，在海水中电池总反应可表示为 $5MnO_2 + 2Ag + 2NaCl = Na_2Mn_5O_{10} + 2AgCl$ ，下列“水”电池在海水中放电时的有关说法正确的是()

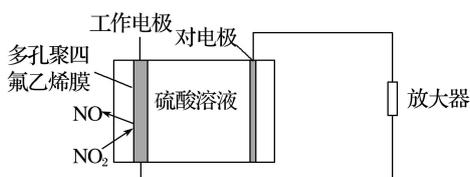
- A. 正极反应式： $Ag + Cl^- - e^- = AgCl$

- B. 每生成 1 mol $\text{Na}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ 转移 2 mol 电子
 C. Na^+ 不断向“水”电池的负极移动
 D. AgCl 是还原产物

答案 B

解析 根据总反应中元素化合价的升降和正、负极的反应原理，正极反应为 $5\text{MnO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}_5\text{O}_{10}^{2-}$ ，负极反应为 $2\text{Ag} + 2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{AgCl}$ ，A 项错误，B 项正确；C 项，阳离子向正极移动，错误；D 项， AgCl 是氧化产物，错误。

11. 环境监察局常用“定电位” NO_x 传感器来监测化工厂的氮氧化物气体是否达到排放标准，其工作原理如图所示。下列说法正确的是()

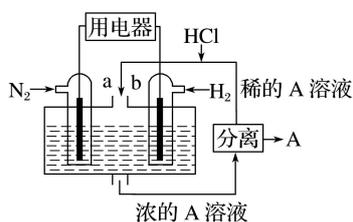


- A. “对电极”是正极
 B. “工作电极”上发生的电极反应为 $\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 C. 传感器工作时， H^+ 由“工作电极”移向“对电极”
 D. “对电极”的材料可能为活泼金属锌

答案 D

解析 工作电极是 NO_2 变为 NO ，化合价降低，是原电池的正极，对电极为负极，故 A 错误；“工作电极”上发生的电极反应为 $\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ，故 B 错误；传感器工作时，根据“同性相吸”理解得到 H^+ 由“对电极”移向“工作电极”，故 C 错误；对电极为负极，“对电极”的材料可能为活泼金属锌，故 D 正确。

12. 以 N_2 和 H_2 为反应物、溶有 A 的稀盐酸为电解质溶液，可制成能固氮的新型燃料电池，原理如图所示。下列说法不正确的是()



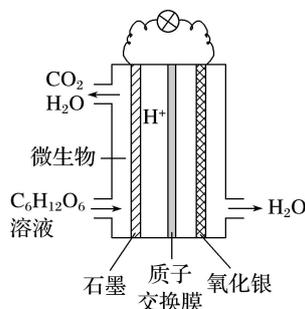
- A. b 电极为负极，发生氧化反应
 B. a 电极发生的反应为 $\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+$
 C. A 溶液中所含溶质为 NH_4Cl
 D. 当反应消耗 1 mol N_2 时，则消耗的 H_2 为 67.2 L

答案 D

解析 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ ，反应中氢元素的化合价升高， H_2 失去电子，因此 b 电极为负极，

发生氧化反应，故 A 项正确；a 电极作正极，电解质溶液含盐酸，因此电极反应式为 $\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+$ ，故 B 项正确；根据 B 选项的分析，A 溶液中所含溶质为 NH_4Cl ，故 C 项正确；没有说明外界条件，故 D 项错误。

13. 最近科学家研制的一种新型“微生物电池”可以将污水中的有机物转化为 H_2O 和 CO_2 ，同时产生电能，其原理示意如图。下列有关该电池的说法正确的是()



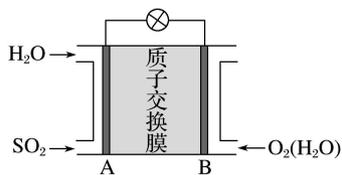
- A. 氧化银电极上的反应为 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{O}^{2-}$
- B. 石墨电极上的反应为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 24\text{e}^- \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 24\text{H}^+$
- C. 每转移 4 mol 电子，氧化银电极产生 22.4 L CO_2 气体(标准状况)
- D. 30 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 参与反应，有 4 mol H^+ 经质子交换膜进入正极区

答案 D

解析 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 在微生物作用下转化为 CO_2 和 H_2O ， $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 被氧化，即石墨电极为负极，氧化银电极为正极， Ag_2O 发生得电子的还原反应，电极反应式为 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$ ，故 A 错误；石墨电极为负极， $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 在负极发生失电子的氧化反应： $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} - 24\text{e}^- \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 \uparrow + 24\text{H}^+$ ，故 B 错误；根据负极的电极反应式可知，每转移 4 mol 电子，石墨电极产生 22.4 L CO_2 (标准状况)，故 C 错误；30 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 的物质的量为 $\frac{30 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{1}{6} \text{ mol}$ ，根据负极的电极反应式可知，有 4 mol H^+ 经质子交换膜进入正极区，故 D 正确。

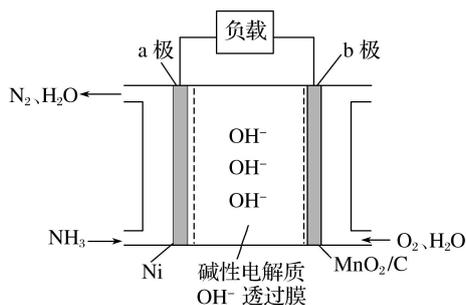
综合强化

14. (1) 二氧化硫—空气质子交换膜燃料电池可以利用大气所含 SO_2 快速启动，其装置示意图如图：



- ①质子的流动方向为_____ (填“从 A 到 B”或“从 B 到 A”)。
- ②负极的电极反应式为_____。

(2) NH_3 — O_2 燃料电池的结构如图所示：



- ①a 极为电池的_____ (填“正”或“负”)极。
 ②当生成 1 mol N₂ 时，电路中流过电子的物质的量为_____。

答案 (1)①从 A 到 B



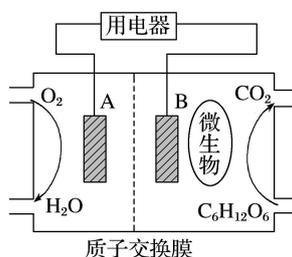
- (2)①负 ②6 mol

解析 (1)①根据图示，A 为燃料电池的负极，B 为燃料电池的正极，在原电池电解液中，正电荷由负极向正极移动，即从 A 到 B；②负极发生氧化反应，二氧化硫被氧化为硫酸根离子，电极反应式为 $\text{SO}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 。

- (2)①a 极通入氨气，是负极，b 极通入氧气，是正极；②氨气中 N 的化合价由 -3 变成 0，当生成 1 mol N₂ 时，转移电子的物质的量为 6 mol。

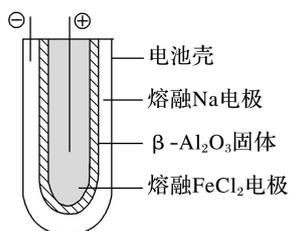
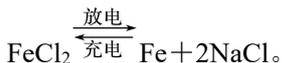
15. 燃料电池是利用燃料与氧气反应从而将化学能转化为电能的装置。

(1)以葡萄糖为燃料的微生物燃料电池结构示意图如图所示。



- ①A 为生物燃料电池的_____ (填“正”或“负”)极。
 ②正极反应式为_____。
 ③放电过程中，H⁺由_____极区向_____极区迁移(填“正”或“负”)。
 ④在电池反应中，每消耗 1 mol 氧气，理论上生成标准状况下二氧化碳的体积是_____。

(2)熔融状态下，钠的单质和 FeCl₂ 能组成可充电电池(装置示意图如图)，反应原理为 $2\text{Na} +$



放电时，电池的正极反应式为_____；

充电时，_____ (写物质名称)电极接电源的负极，该电池的电解质为_____。

答案 (1)①正 ② $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$

③负 正 ④22.4 L

(2) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$ 钠 $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ 固体

解析 (1)由图可知 A 为燃料电池的正极，电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ；B 为燃料电池的负极，电极反应式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} - 24\text{e}^- \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 + 24\text{H}^+$ 。放电过程中， H^+ 由负极区向正极区移动。葡萄糖燃料电池的总反应为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightleftharpoons 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ，即 1 mol $\text{O}_2 \sim 1$ mol CO_2 ，每消耗 1 mol O_2 ，理论上生成标准状况下 CO_2 气体 22.4 L。