

第二节 化学电源



课程标准导航

1. 了解化学电源的种类及其工作原理，知道化学电源在生产、生活和国防中的实际应用。
2. 认识化学能与电能相互转化的实际意义及其重要作用。
3. 掌握一次电池、二次电池、燃料电池的反应原理，会书写电极反应式。



新知初探自学导引

自主学习

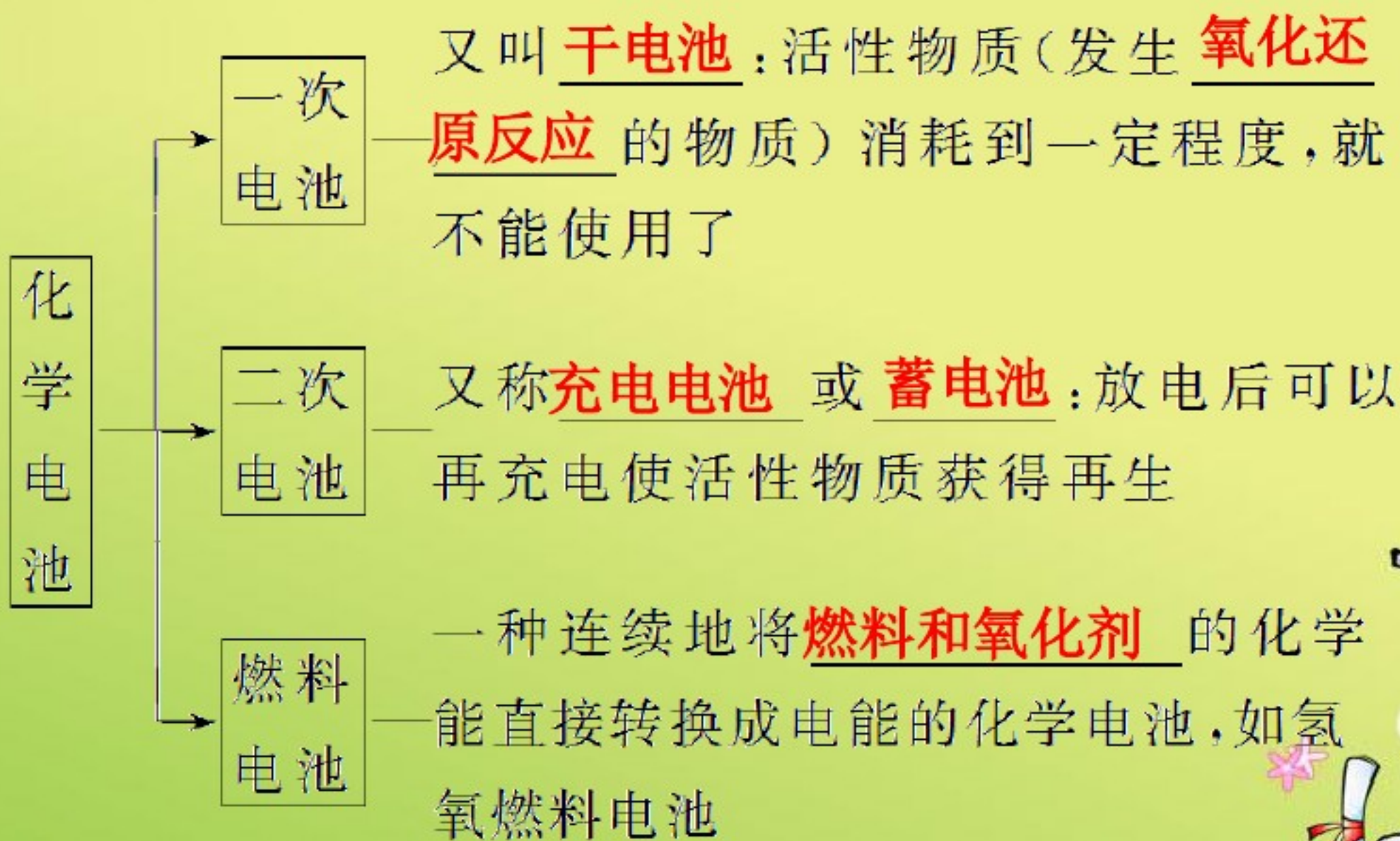
一、化学电池

1. 定义

化学电池是利用原电池原理，将化学能变成电能的装置。



2. 分类



3. 优点

(1)化学电池的能量转换效率较高，供能稳定可靠。

(2)可以制成各种形状和大小、不同容量和电压的电池及电池组。

(3)使用方便，易于维护。



4. 判断电池优劣的主要标准

(1)比能量：即单位质量或单位体积所能
输出电能的多少。

(2)比功率：即单位质量或单位体积所能
输出功率的大小。

(3)电池的可储存时间的长短。



二、常见的一次电池

种类 特点	碱性锌锰电池	银锌电池
基本构造	负极: Zn	Zn
	_____ MnO₂	负极: <u>Ag₂O</u>
	正极: KOH	正极: KOH
	_____	_____
	电解质: _____	电解质: _____



种类		碱性锌锰电池	银锌电池
特点			
工作原理	负极反应	$\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2$
	正极反应	$2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{MnOOH} + 2\text{OH}^-$	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$
	总反应	$\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{MnOOH} + \text{Zn}(\text{OH})_2$ $\text{Ag}_2\text{O} + \text{Zn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$	

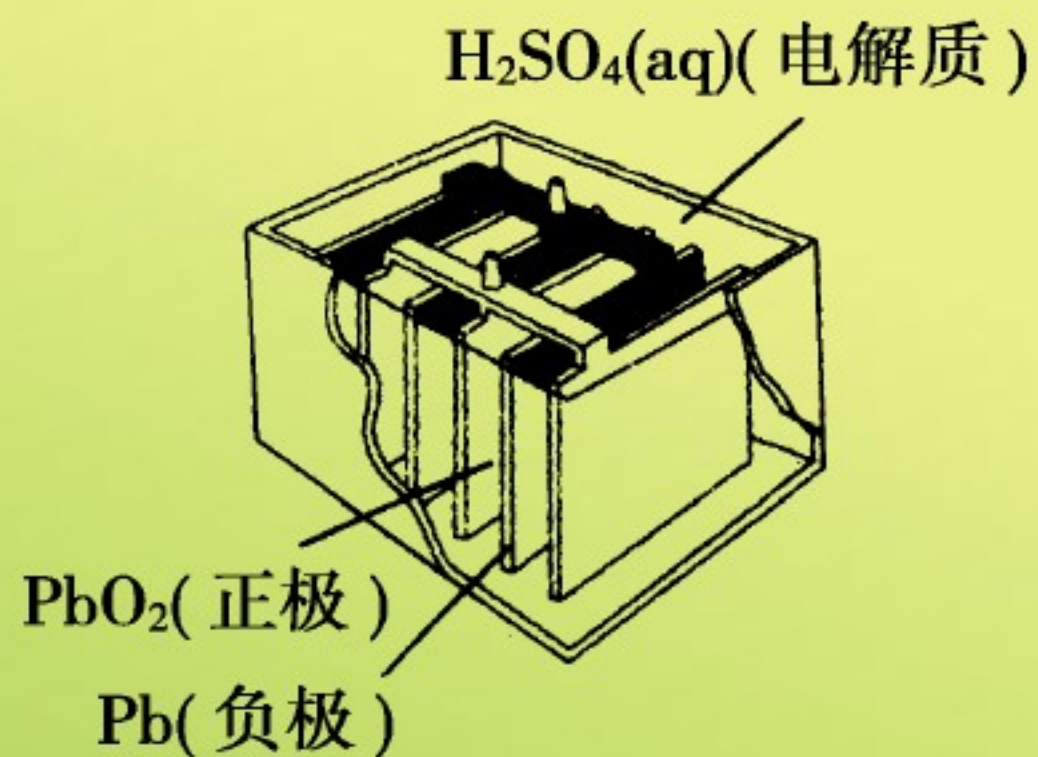


种类 特点	碱性锌锰电池	银锌电池
性能与 适用范围	比能量和可储存 时间比普通锌锰 电池均有提高， 适用于 大电流 <u>连续放电</u>	比能量大，电压 稳定，储存时间 长，适宜 <u>小电流连续放电</u>



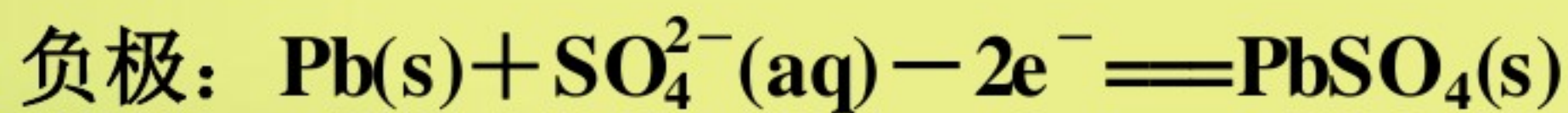
三、二次电池

1. 铅蓄电池的构造

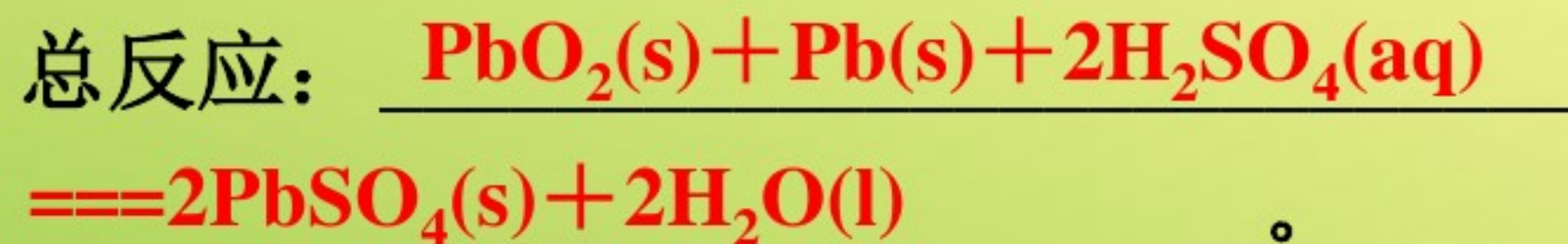
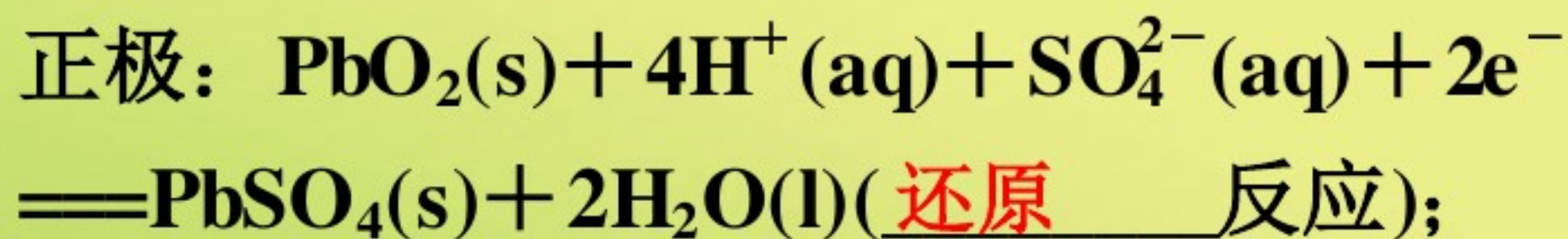


2. 铅蓄电池的工作原理

(1) 放电时

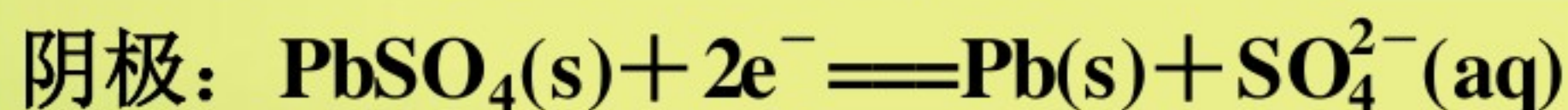


(氧化反应);

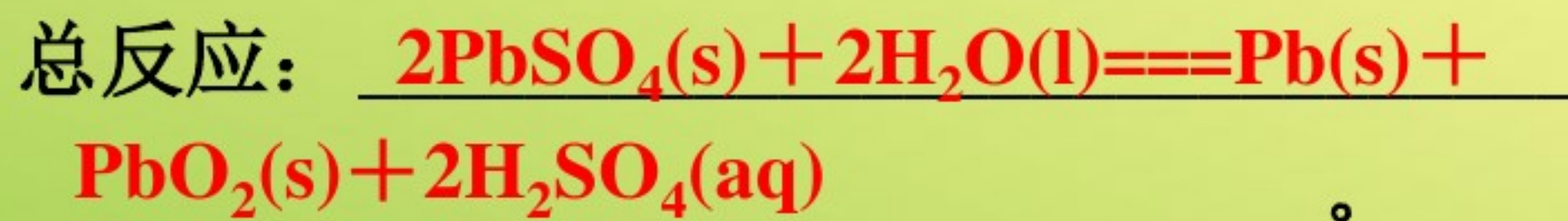
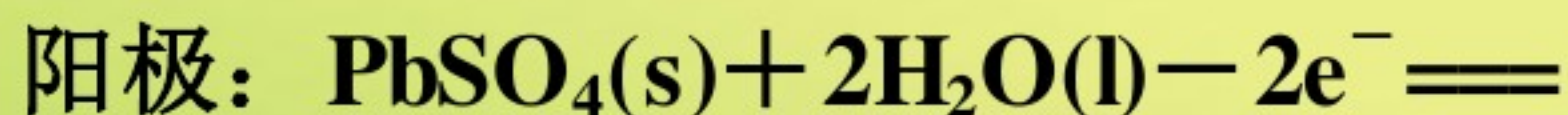


(2)充电时

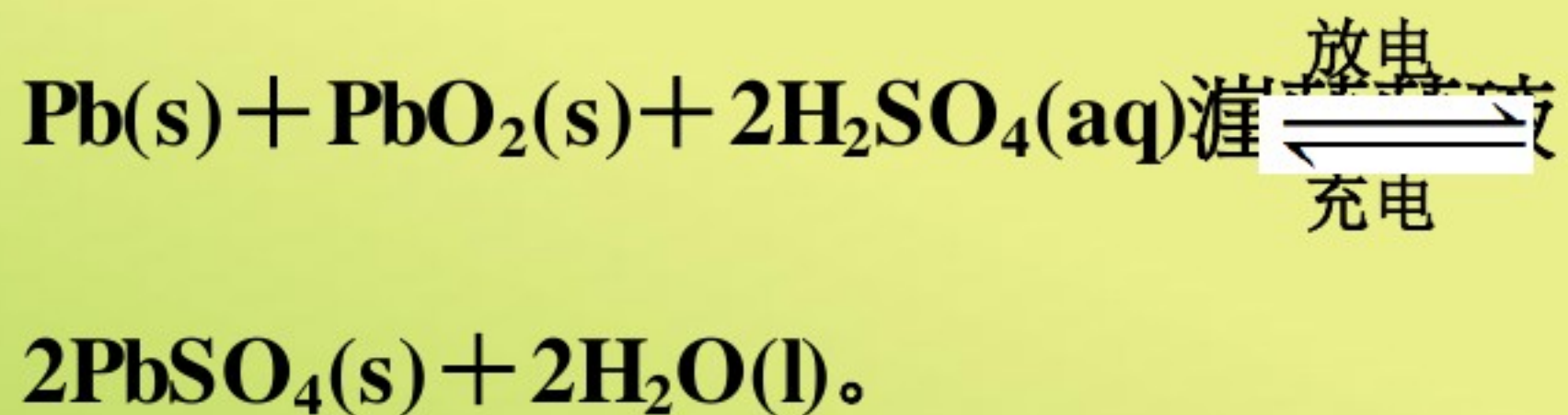
铅蓄电池的充电反应是放电反应的逆过程。



(还原反应);



上述充放电反应可写成一个可逆反应方程式：



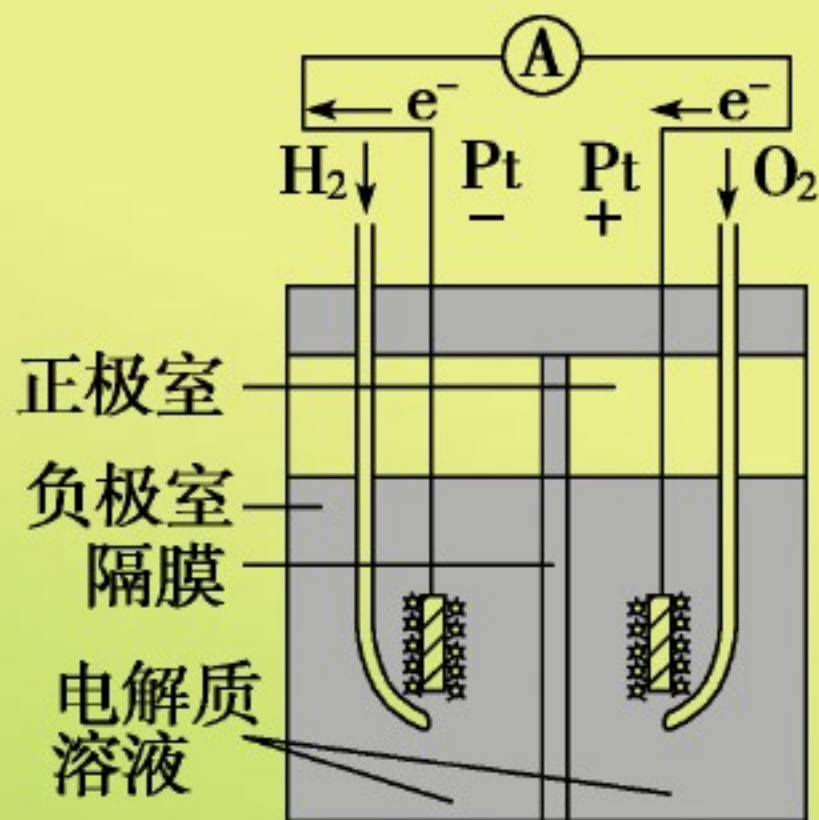
3. 铅蓄电池的特点

可重复使用，电压稳定、使用方便、安全可靠、价格低廉在生产生活中应用广泛。缺点是比能量低、笨重，废弃电池污染环境。



四、燃料电池(以氢氧燃料电池为例)

1. 构造



2. 工作原理

	酸性电解质 (H_2SO_4)	碱性电解质(KOH)
正极 反应	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$
负极 反应	$2\text{H}_2 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{H}^+$	$2\text{H}_2 - 4\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}$
总反 应	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	



3. 燃料

除 H_2 外，烃、肼、甲醇、氨、煤气
 等液体或气体。

氧化剂：除纯氧气外，空气中的 O_2 也可。

4. 燃料电池的优点

(1) 能量转换率高； (2) 污染小。



自主体验

1. 下列说法正确的是()

A. 碱性锌锰电池是二次电池

B. 铅蓄电池是一次电池

C. 二次电池又叫蓄电池，它放电后可以再充电使活性物质获得再生



D. 燃料电池的活性物质储存在电池内部

解析：选**C**。锌锰电池是一次电源，铅蓄电池是二次电池。燃料电池的电极本身不包含活性物质。



2. (2012·景德镇高二检测)氢镍电池的总反应

式是 $\text{H}_2 + 2\text{NiO}(\text{OH}) \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。根

据此反应判断,下列叙述中不正确的是()

A. 电池放电时, 镍元素被氧化

B. 电池充电时, 氢元素被还原



C. 电池放电时，镍元素被还原

D. 电池放电时， H_2 在负极放电

解析：选A。电池放电时，Ni元素化合价降低被还原，A错，C对；充电时，H元素化合价从 $+1 \rightarrow 0$ ，化合价降低，被还原，B对；放电时，H元素化合价升高，在负极被氧化，D对。



3. 铅蓄电池放电时, PbSO_4 ()

A. 只在正极上生成

B. 只在负极上生成

C. 在两个电极上生成

D. 在两个电极上除去



解析：选 C。铅蓄电池放电时，负极： $\text{Pb(s)} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) = \text{PbSO}_4(\text{s})$ ；正极： $\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O(l)}$ 。 PbSO_4 在两个电极上生成。



要点突破讲练互动

要点1 常见的燃料电池

探究导引1 燃料电池中电极和电解质溶液的选择与一般电池有何不同？



提示：设计燃料电池，其电极和电解质溶液的选择与一般电池不同：(1)燃料电池的电极反应物为外界不断通入的燃料和氧化剂，电极本身不参与反应，故其电极可使用相同的惰性电极；(2)燃料电池的电解液未必能与电极反应物直接反应，但一般为酸或碱，如氢氧燃料电池。



要点归纳

电池	负极反应	正极反应	总反应式
氢氧燃料电池 (H_2SO_4)	$\text{H}_2 - 2\text{e}^- = 2\text{H}^+$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$
氢氧燃料电池 (Na_2SO_4)	$\text{H}_2 - 2\text{e}^- = 2\text{H}^+$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$
氢氧燃料电池 (KOH)	$\text{H}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$



电池	负极反应	正极反应	总反应式
CH ₄ 燃料电池 (KOH)	$\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$
CH ₃ OH 燃料电池 (KOH)	$\text{CH}_3\text{OH} - 6\text{e}^- + 8\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	$2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$
熔融盐燃料电池 (Li ₂ CO ₃)	$2\text{CO} + 2\text{CO}_3^{2-} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{CO}_2$	$\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-}$	$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$



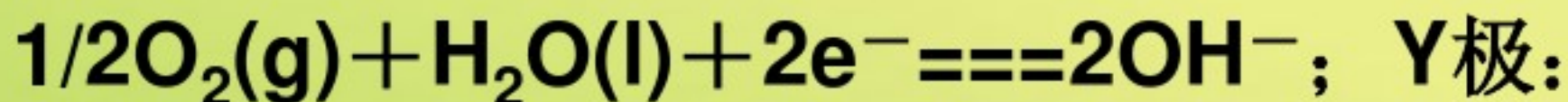
特别提醒

通常燃料电池中负极为可燃性物质失电子，正极为 O_2 得电子，电极材料一般为惰性电极。在写正极反应方程式时要注意给出的电解质溶液的酸碱性，在酸性条件下 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ == 2\text{H}_2\text{O}$ ，在碱性或中性条件下 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} == 4\text{OH}^-$ 。



即时应用

1. 燃料电池是一种新型电池，它主要是利用燃料在氧化过程中把化学能直接转化为电能。氢氧燃料电池的基本反应是：X极：



$\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。下列判断中正确的是()

A. 两电极的电极材料不能相同



- B. 该电池工作时会产生蓝色火焰
- C. 工作一段时间后电解质溶液pH增大
- D. 工作时负极区附近pH变小



解析：选**D**。燃料电池中，电极不参与反应，只作为催化转化元件，因此可以使用相同的惰性电极，所以**A**错误；电池工作时并不是 H_2 在燃烧，因此看不到火焰，所以**B**错误；氢氧燃料电池的产物为水，电解质溶液(碱性)的pH减小，所以**C**错误；电池工作时，负极区 OH^- 参与电极反应，因此负极区附近pH变小，故**D**正确。



要点2

化学电源电极反应式的书写

探究导引2 电极反应与电池反应有何区别与联系？

提示：电极反应是分别在两极上发生的“半反应”（氧化反应或还原反应），电池反应是两个电极反应加合消去电子后的总反应。可通过电极反应相加求电池反应，也可通过电池反应减一个电极反应求另一个电极反应。



要点归纳

1. 根据给出的两个电极反应式写总反应式
书写时注意使两个电极反应式得失电子数相等
后相加两式，消去反应物和生成物中相同的物质即可。



注意若反应式同侧出现不共存的离子，如 H^+ 和 OH^- 、 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} ，要写成反应后的物质，如 H_2O 和 PbSO_4 。



2. 根据装置书写电极反应式

(1)先分析题目给定的图示装置，确定原电池的正负极上的反应物质。

(2)电极反应式的书写

①负极：活泼金属或 H_2 失去电子生成阳离子；若电解质溶液中的阴离子与生成的阳离子不共存，则该阴离子应写入负极反应式。

如铅蓄电池，负极： $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} - 2\text{e}^- = \text{PbSO}_4$ 。



②正极：阳离子得到电子生成单质或 O_2 得到电子，若反应物是 O_2 ，则有以下规律：

电解质是碱性或中性： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
 $=== 4\text{OH}^-$ ；

电解质是酸性： $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- === 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3)正负电极反应式相加得到电池反应的总反应方程式。



3. 给出总反应式，写电极反应式
书写步骤为(1)列物质，标得失；(2)选离子，配电荷；(3)配个数，巧用水；(4)两式加，验总式。以氢氧燃料电池为例说明如下：

已知电池总反应式为 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ 。

电解质溶液为 KOH 溶液，试写出两极反应式。



负极书写步骤为：

(1)根据总电池方程式列出总式两边化合价升高的有关物质，标出失去电子的数目： $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)根据电解质溶液的酸碱性，用 H^+ 或 OH^- 或其他离子配平，使反应式两边电荷总数相等：



此时注意：①电子带负电，②在碱性电解质溶液中，电极反应式不宜出现 H^+ ，如上式写成 $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- === 4\text{H}^+$ 就不对了。

(3)利用 H_2O 使两边元素守恒，即 $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- - 4\text{e}^- === 4\text{H}_2\text{O}$

同理：正极电极反应式书写如下：

① $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{OH}^-$ ② $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- === 4\text{OH}^-$



将正负极电极方程式相加，若得到总反应式，说明写法正确。

4. 可充电电池电极反应式的书写

可充电电池放电时为原电池，充电时为电解池。

(1)原电池的负极发生氧化反应，充电时为阴极，发生还原反应，故放电时的负极反应式与充电时的阴极反应式相反。



(2)原电池的正极发生还原反应，充电时为阳极，发生氧化反应，故放电时的正极反应式与充电时的阳极反应式相反。



特别提醒

原电池电极反应均是氧化还原反应，因此电极反应式的书写要遵循质量守恒、电子守恒及电荷守恒的原则，两电极反应式相加得电池总反应式。



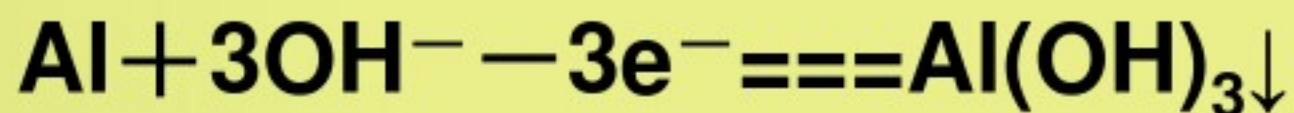
即时应用

2. 可用于电动汽车的铝空气燃料电池，通常以**NaCl**溶液或**NaOH**溶液为电解液，铝合金为负极，空气电极为正极。下列说法正确的是()

A. 以**NaCl**溶液或**NaOH**溶液为电解液时，正极反应都为： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- === 4\text{OH}^-$



B. 以NaOH溶液为电解液时，负极反应为：



C. 以NaOH溶液为电解液时，电池在工作过程中电解液的pH保持不变

D. 电池工作时，电子通过外电路从正极流向负极



解析：选**A**。本题着重考查了化学电池电极方程式的书写及分析。电解质溶液显碱性或中性，该燃料电池的正极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} === 4\text{OH}^-$ ，**A**正确；以**NaOH**作电解质时，负极**Al**失电子生成的 Al^{3+} 与电解质**NaOH**(过量)反应生成**NaAlO₂**，



电极反应为 $\text{Al} - 3\text{e}^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$, B 错误; 将正、负极反应据电子守恒加合得出总方程式为 $4\text{Al} + 3\text{O}_2 + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$, 因此消耗 OH^- 同时生成 H_2O , 溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 减小, pH 减小, C 错误; 原电池中, 电子从负极流出经外电路流向正极, D 错误。

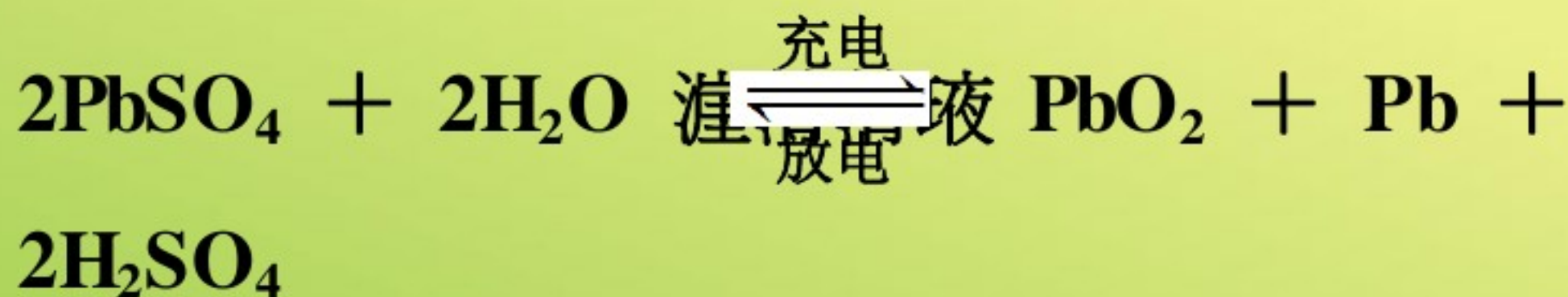


题型探究权威预测

题型1

二次电池的工作原理

例1 生产铅蓄电池时，在两极板上的铅、锑合金上均匀涂上膏状的 PbSO_4 ，干燥后再安装，充电后即可使用，发生的反应是：



下列对铅蓄电池的说法中错误的是()

A. 需要定期补充硫酸

B. 工作时铅是负极, PbO_2 是正极

C. 工作时负极上发生的反应是: $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4$

D. 工作时电解质溶液的密度减小



【解析】 铅蓄电池在工作时相当于原电池，发生氧化反应的物质作负极，发生还原反应的物质作正极，所以 Pb 是负极， PbO_2 是正极；在工作时，负极发生的反应是铅失去电子生成 Pb^{2+} ， Pb^{2+} 与溶液中的 SO_4^{2-} 生成 PbSO_4 沉淀，放电时消耗的硫酸与充电时生成的硫酸相等。



在电池制备时， PbSO_4 的量是一定的，制成膏状的 PbSO_4 干燥后安装，说明 H_2SO_4 不用补充；放电时， H_2SO_4 被消耗，溶液中的 H_2SO_4 的物质的量浓度减小，所以溶液的密度也随之减小。

【答案】 A



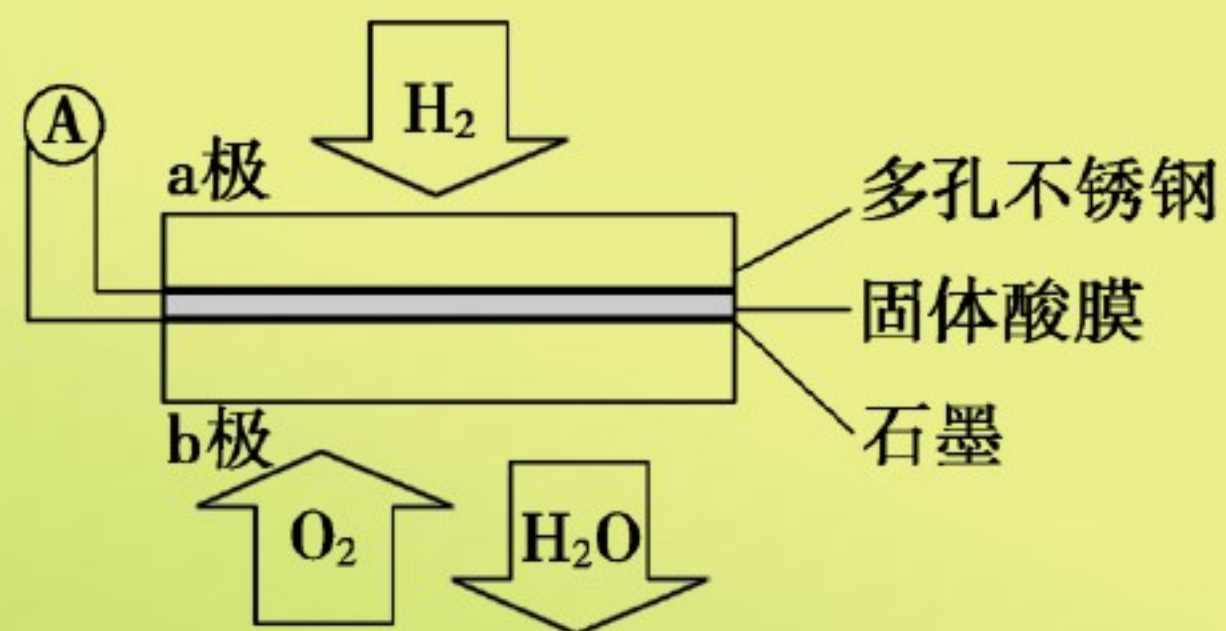
【规律方法】 二次电池在充电时，正、负电极上发生的反应正好与放电时发生的反应相反，因而充电时，二次电池的正极应与充电电源的正极相连接，负极应与充电电源的负极相连接。



题型2 ● 燃料电池

例2 (2010·高考安徽卷)某固体酸燃料电池以 CsHSO_4 固体为电解质传递 H^+ ，其基本结构如图，电池总反应可表示为： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ，下列有关说法正确的是()





- A. 电子通过外电路从b极流向a极
- B. b极上的电极反应式为： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$
- C. 每转移0.1 mol电子，消耗1.12 L的 H_2
- D. H^+ 由a极通过固体酸电解质传递到b极



【解析】 本题考查原电池知识，意在考查学生的分析能力。该原电池的化学原理是 H_2 被氧化，在负极(**a**极)发生反应： $\text{H}_2 - 2\text{e}^- == 2\text{H}^+$ ， H^+ 由**a**极转移到**b**极，**D**项正确； O_2 发生还原反应，在正极(**b**极)发生反应： $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- == 2\text{H}_2\text{O}$ ，则电子从**a**极流向**b**极，**A**、**B**两项不正确；**C**项因未指明气体所处的温度和压强，不正确。



【答案】 D

【名师点睛】 燃料电池电极反应式书写应注意的问题

(1)电池的负极一定是可燃性气体，失去电子发生氧化反应。电池的正极一定是助燃性气体，得到电子发生还原反应。



(2)写电极反应式时，一定要注意电解质是什么，其中阴、阳离子要和电极反应式中出现离子相对应，在碱性电解质中，电极反应式中不能出现 H^+ ；在酸性电解质中，电极反应式中不能出现 OH^- 。

(3)正、负两极的电极反应式在得失电子相等时相加，所得电池反应必是燃料燃烧反应和燃烧产物与电解质溶液反应的叠加反应式。



课堂达标即时巩固

点击链接



热点示例思维拓展

燃料电池在生活中的应用

燃料电池的基本组成为电极、电解质、燃料和氧化剂，此中电池的能量利用率可高达80%，产物污染也少。氢氧燃料电池常用于航天飞行器，原因是该电池的产物为水，经过处理之后可供宇航员使用。



[经典案例] 在长期载人太空飞行的宇航器中，每个宇航员平均每天需要消耗**0.9 kg**氧气，呼出**1.0 kg**二氧化碳。为了能保持飞船座舱内空气成分的稳定，宇航科学家进行了大量的科学探索。

方法一：有的科学家提出“金属过氧化物处理系统”，即不断地将座舱内的空气通过盛有金属过氧化物(以过氧化钠为例)的容器，

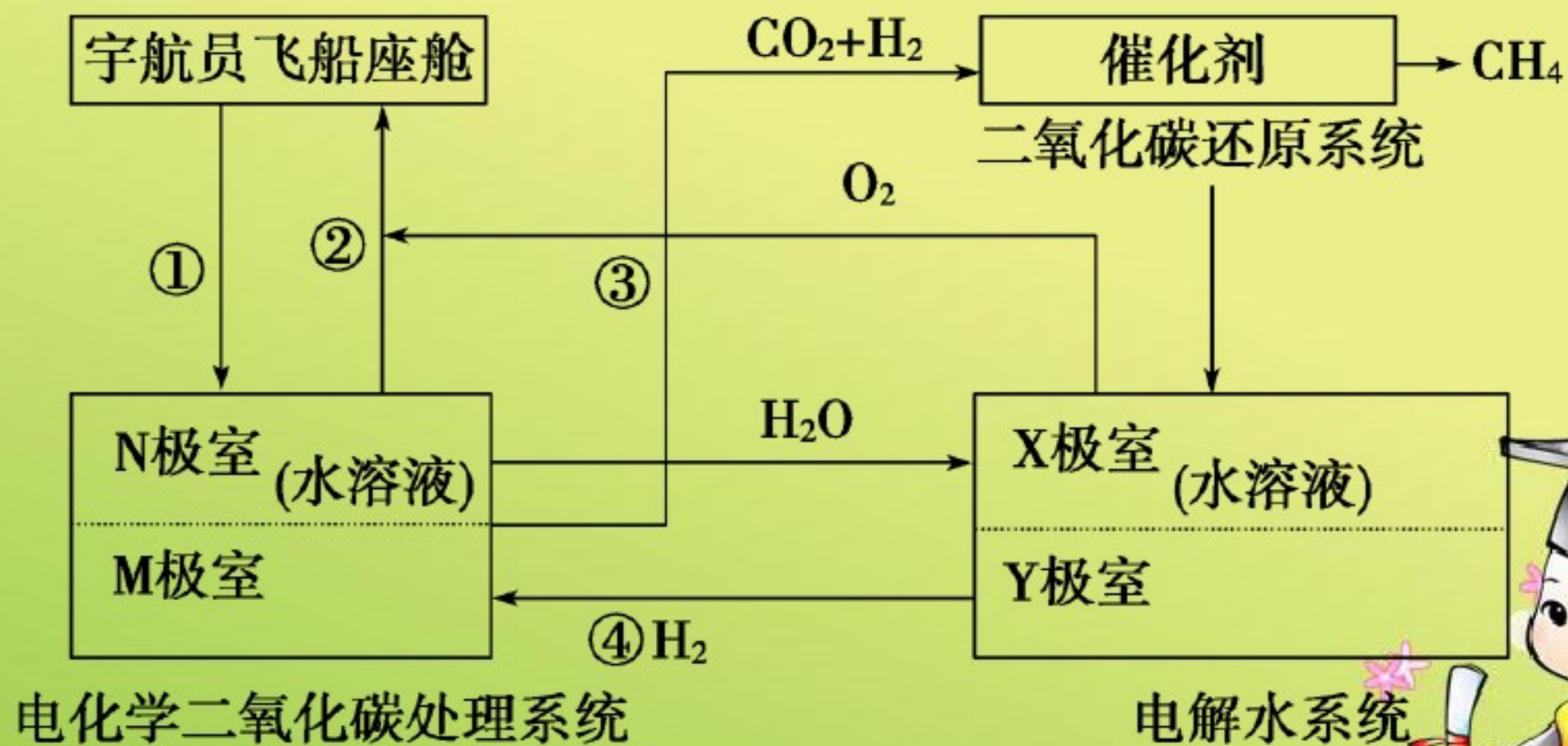


并把处理后的气体充入座舱。有关反应的化学方程式为(1)_____；
(2)_____；将处理后的气体充入座舱时，应注意采取的一项措施是

_____。



方法二：有的科学家设计了飞船内空气更新实验系统，该系统结构示意图如图：



管道①把飞船座舱内含有较多量二氧化碳的潮湿空气通入“电化学二氧化碳处理系统”的N极室(O_2 得电子), 通过该电极反应可以使二氧化碳不断被吸收, 该电极反应式为



其产物吸收二氧化碳(生成 CO_3^{2-})的离子反应
方程式为



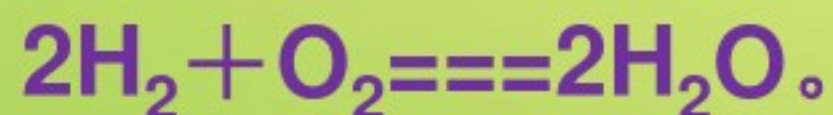
在 N 极室吸收二氧化碳后形成的离子会通过隔膜进入 M 极室，通过 M 极(H_2 失电子)的电极反应可以使二氧化碳从电解液中释放出来，并保持系统的 pH 不变，该电极反应式为

_____,
其中二氧化碳逸出的离子方程式为 $\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} - 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。



【解析】 方法一：提示以 Na_2O_2 为例处理座舱内的空气，所以反应为 Na_2O_2 分别与 CO_2 和水蒸气的反应；因为在处理过程中消耗掉了水蒸气，所以需补充水蒸气。

方法二：“电化学二氧化碳处理系统”是按原电池原理设计的燃料电池。总反应式为：



N 极室通入了“含有较多量二氧化碳的潮湿空气”，N 极是原电池的正极，空气中的氧气变为 OH^- ： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$ ；同时，通入的二氧化碳与过量的 OH^- 反应生成 CO_3^{2-} ： $2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$ ；



这样，在原电池内部，剩余的 CO_3^{2-} 和 OH^- 都要向 M 极移动。M 极是原电池的负极，通入的 H_2 失电子变成 H^+ ： $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+$ ；
负极区产生的 H^+ 与正极区产生的 CO_3^{2-} 和 OH^- 恰好完全反应：



$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$, $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$; 逸出的二氧化碳和氢气被送入“二氧化碳还原系统”; 生成的水被送入“电解水系统”, 电解水可以利用燃料电池进行电解: $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$, 电解产生的氧气供宇航员呼吸用。



【答案】 方法一：(1) $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
(2) $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2$ 充入
适量水蒸气，增加“空气”湿度
方法二： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$
 $2\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$
 $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$

