

# 第一章 化学反应与能量变化

## 第一节 化学反应的热效应



### 新知预习

#### 一、化学反应的反应热

1. 当化学反应在一定的\_\_\_\_\_下进行,反应所\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的热量称为在此温度下的\_\_\_\_\_,简称为反应热,其符号为\_\_\_\_\_。当反应吸热时,反应热为\_\_\_\_\_值;当反应放热时,反应热为\_\_\_\_\_值。

#### 2. 反应热的测定

(1) 测定时,将反应物加入\_\_\_\_\_筒并使之迅速混合,测量反应前后溶液的\_\_\_\_\_,并计算出反应前后溶液\_\_\_\_\_的变化值。

(2) 计算:用  $c$  表示体系的\_\_\_\_\_,其单位是\_\_\_\_\_;用  $T_1$  和  $T_2$  分别表示反应前后体系的\_\_\_\_\_,则反应热的计算公式为\_\_\_\_\_。

由此公式可以推出反应热的单位为\_\_\_\_\_。

3. 强酸、强碱的中和反应的离子方程式可表示为\_\_\_\_\_,当参加反应的  $n(\text{H}^+)$  或  $n(\text{OH}^-)$  相同时,中和反应的反应热是\_\_\_\_\_的。

#### 二、化学反应的焓变

1. “焓”是用来描述物质所具有的\_\_\_\_\_的物理量,其符号为\_\_\_\_\_,可用它的变化来描述与\_\_\_\_\_有关的能量变化。

2. 对于\_\_\_\_\_反应,如果反应中物质的能量变化全部转化为\_\_\_\_\_能(同时可能伴随着反应体系\_\_\_\_\_的改变),而没有转化为\_\_\_\_\_能、\_\_\_\_\_能等其他形式的能,则该反应的反应热就等于反应前后物质的\_\_\_\_\_的变化,其数学表达式为\_\_\_\_\_,其中焓变表示为  $\Delta H = \text{_____} - \text{_____}$ 。

3. 若  $\Delta H > 0$  时,反应为\_\_\_\_\_反应;反之,若  $\Delta H < 0$  时,反应为\_\_\_\_\_反应。

#### 三、热化学方程式

1. 在热化学中,将一个化学反应的\_\_\_\_\_变化和反应的\_\_\_\_\_变同时表示出来的化学方程式称为热化学方程式。因此,热化学方程式既遵循\_\_\_\_\_守恒,又遵循\_\_\_\_\_守恒。

#### 2. 热化学方程式书写的注意事项

(1) 要在物质的\_\_\_\_\_后面用括号注明物质的\_\_\_\_\_。

(2) 在  $\Delta H$  后要注明\_\_\_\_\_,因为在不同\_\_\_\_\_下进行同一反应,其反应\_\_\_\_\_是不同的。在溶液中的反应应注明\_\_\_\_\_以及\_\_\_\_\_的浓度。

(3)  $\Delta H$  的单位是\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_。

(4) 若化学方程式中各物质的\_\_\_\_\_加倍,则  $\Delta H$  的\_\_\_\_\_也加倍,因此



### 知识回顾

1. 回忆《化学必修2》的学习,想一想:当旧键断裂吸收的能量小于新键形成放出的能量时,化学反应是释放能量,如果该反应是燃烧反应,放出的热量小于等于释放的能量,因为燃烧反应释放的能量等于反应放出的热能和光能。

2. 化学键具有一定的键能,形成 1 mol 化学键释放的能量,跟破坏 1 mol 同种化学键所需要吸收的能量相等。物质是具有内能的,物质所具有的能量越大越不稳定;而形成物质的化学键越强,物质越稳定。物质的内能越大化学键的键能越小,物质所具有能量及其能量变化用焓和焓变表示(本课时学习重点)焓变越大反应吸收的能量越多,焓变越小反应放出的能量越多(本课时学习重点和难点)

3. 乙炔燃烧释放出大量的热,因此常用氧炔焰来切割和焊接金属,等物质的量的乙炔在氧气或空气里完全燃烧释放的能量相等。燃烧释放的能量跟燃烧方程式有关系。形成氧炔焰的焊枪是一个出气双层管:氧气从内管、乙炔从外管喷出,如果氧气从外管、乙炔从内管喷出,可以这样做,但效果不好,因为氧气从内管、乙炔从外管喷出,形成三层气流:内层为氧气、中间为乙炔、外层为空气,可使乙炔充分燃烧;如果乙炔从内管喷出,氧气从外管喷出,只能形成两层气流,氧气和乙炔都不能被充分利用。

4. 我们日常生活中喜欢使用天然气,而不愿使用液化气,因为天然气使用方便、价格便宜,等质量燃烧时放出的热量多。那么质量分别为 1 g 的天然气( $\text{CH}_4$ )和液化气( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )谁放出的热量多呢?

热化学方程式中各物质前的系数(化学计量数)只表示反应中各物质的\_\_\_\_\_,而不表示粒子个数;若反应逆向进行,则  $\Delta H$  改变\_\_\_\_\_,但  $\Delta H$  的\_\_\_\_\_不变。

### 1. 盖斯定律计算化学反应焓变

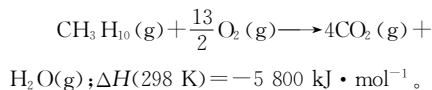
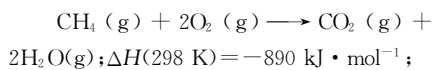
对于一个化学反应,无论是\_\_\_\_\_完成还是分\_\_\_\_\_完成,其反应\_\_\_\_\_是一样的,这一规律称为盖斯定律。

### 2. 由生成反应的焓变求化学反应焓变

在热化学中,将在指定\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_下,由\_\_\_\_\_生成 1 mol 物质的反应焓变称为该物质在此温度下的标准摩尔生成焓,通常用符号\_\_\_\_\_表示。利用物质的标准摩尔生成焓计算反应焓变的公式为:对任意反应:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$$\Delta H = \text{_____} - \text{_____}$$

1 g 天然气和 1 g 液化气所放出的热量,在学过本节以后,你就能够利用以下热化学方程式计算了。



5. 葡萄糖在人体组织中氧化能产生热量。

6. 煤、石油、天然气这些物质燃烧时,其  $\Delta H$  的数值都很大,可见其是当今世界上最重要的化石燃料。



## 重难点突破

### 一、化学反应中能量变化的实质

1. 化学反应中都伴随着能量变化,并主要表现为热量的变化,通常用反应热(Q)来表示。

2. 化学反应中产生能量变化的原因是参加反应的物质所具有的总能量与生成的物质中所具有的能量不相等。

3. 当反应物所具有的总能量大于生成物所具有的总能量时,反应后体系的总能量减少,则体系向外界放出热量( $Q < 0$ );当反应物所具有的总能量小于生成物所具有的总能量时,反应后体系的总能量增加,则体系从外界吸收热量( $Q > 0$ )。

### 二、反应热与焓变的区别和联系

	反应热	焓变
含义	化学反应中吸收或放出的热量	化学反应中生成物所具有的焓与反应物所具有的焓之差

## 活学巧用

1 下列化学反应属于吸热反应的有 \_\_\_\_\_ ( )

- A. 盐酸与烧碱溶液反应
- B.  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{BaCl}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$
- C.  $\text{C} + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{CO}$
- D. 葡萄糖在人体内氧化分解

**【思路解析】**所有的中和反应都是放热反应,A 为放热反应。D. 葡萄糖在人体内氧化分解,给人的活动提供能量,因而 D 为放热反应。B 和 C 都是吸热反应。

**【答案】**BC

2 下列说法正确的是 \_\_\_\_\_ ( )

- A. 物质发生反应时放出的热量来源于对反应的加热
- B. 化学反应除了生成新物质外,还发生能量变化
- C. 化学反应过程中放出或吸收的热量,都是物质本身所具有的能量变化的表现
- D. 化学反应总是放出热量

**【思路解析】**在化学反应中有新物质生成的同时,必然伴有能量的变化。因为各种物质中所具有的能量不一定相等。反应物具有的能量与生成物具有的能量不相等,导致了反应中能量的变化。因此 A、D 的叙述是错误的,正确的是 B、C。

**【答案】**BC

3 下列说法正确的是 \_\_\_\_\_ ( )

- A. 焓变是指 1 mol 物质参加反应时的能量变化
- B. 当反应放热时  $\Delta H > 0$ ,反应吸热时  $\Delta H < 0$
- C. 在加热条件下发生的反应均为吸热反应
- D. 一个化学反应中,当反应物能量大于生成物能量时,反

续表

	反应热	焓变
符号	Q	$\Delta H$
与能量变化的关系	Q>0, 反应吸收热量 Q<0, 反应放出热量	$\Delta H>0$ , 反应吸收热量 $\Delta H<0$ , 反应放出热量
二者的相互联系	$\Delta H$ 是化学反应在恒定压强下(即敞口容器中进行的化学反应)且不与外界进行电能、光能等其他能量的转化时的反应热( $Q_p$ ); $\Delta H=Q_p$ , 中学阶段二者通用	
与键能的关系	$\Delta H=Q_p$ = 反应物的键能 - 生成物的键能	

### 三、热化学方程式的含义书写注意事项

1. 必须注明各物质的聚集状态。物质的聚集状态的变化会引起能量的变化。如:氢气和氧气的反应中生成气态水与生成液态水所释放的能量不同,因为  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  的变化中放出热量。

2. 与普通化学方程式的含义不完全相同,热化学方程式中各物质前的化学计量数仅表示各物质的物质的量,而不再表示粒子的数目。因此物质前的化学计量数不同就表示参加反应的物质的量不同,反应中所产生的能量变化也不同,即  $\Delta H$  的值不同。也就是说物质前的化学计量数与  $\Delta H$  成正比关系。

3. 在可逆反应中,若正反应是吸热反应( $\Delta H>0$ ),则逆反应就是放热反应( $\Delta H<0$ )并且正反应与逆反应的焓变在数值上相等,只是符号相反。

4.  $\Delta H$  的单位为“ $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ”或“ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ”,其真正含义是指反应方程式中的物质的物质的量用“mol”来衡量时,所对应的能量变化是多少焦(或千焦)。并非特指“一摩尔物质参加反应时,吸收或放出的热量”。

注意:热化学方程式书写易错点:

1. 漏写热化学方程式中物质的聚集状态。出错的主要原因是没搞清热化学方程式中  $\Delta H$  的值与物质的聚集状态有直接关系。

2. 混淆  $\Delta H$  的符号“+”“-”与反应吸、放热的关系。出错的主要原因是没有理解焓变与物质所具有能量之间的关系。反应中物质所具有的焓(能量)增加,焓的变化就为正值,反应就从外界吸收热量;反之,反应就向外界放出热量。

3. 热化学方程式中各物质化学式前的化学计量数与  $\Delta H$  的值不成正比。出错的主要原因是热化学方程式中物质前的化学计量数所表示的含义理解不透。比如: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;若各物质的系数减半, $\Delta H$  的值也同时减半,则反应变为  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。而以上 2 个热化学反应方程式的含义是相同的。

应放热,  $\Delta H$  为“-”

**【思路解析】**焓变与参加反应的物质有关,反应物越多则焓变值越大,与反应条件是否加热没有直接关系。所以 A、C 均不正确。在反应中物质所具有的总能量减少,反应就放热,反之就吸热。因此, D 正确。B 错误是显然的。

**【答案】** D

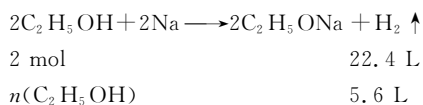
4. 下列对  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  的叙述正确的是 ..... ( )
- A. 1 分子  $\text{H}_2$  和  $\text{Cl}_2$  反应,放出热量 184.6 kJ
- B. 1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  完全反应生成 2 mol  $\text{HCl}(\text{g})$ ,放出的热量为 184.6 kJ
- C. 在 101 kPa、25 °C 的条件下,1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  和 1 mol  $\text{Cl}_2(\text{g})$  完全反应生成 2 mol  $\text{HCl}(\text{g})$  放出的热量为 184.6 kJ
- D. 在 101 kPa、25 °C 的条件下,1 mol  $\text{H}_2$  和 1 mol  $\text{Cl}_2$  完全反应生成 2 mol  $\text{HCl}(\text{g})$  吸收的热量为 184.6 kJ

**【思路解析】**反应方程式中  $\Delta H$  的值与具体化学反应相对应,在反应中各物质前的计量数不再表示粒子数目,只表示物质的“物质的量”。所以 A 错。在描述反应时应说明外界条件,而 B 中没有温度和压强。 $\Delta H<0$ ,反应放热而非吸热, D 错误。应该选 C。

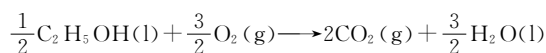
**【答案】** C

5. 燃烧 a g 乙醇(液态)生成  $\text{CO}_2$  气体和液态  $\text{H}_2\text{O}$ ,放出热量为 Q kJ,经测定 a g 乙醇与足量 Na 反应能生成  $\text{H}_2$  5.6 L(标准状况下),则乙醇燃烧的热化学方程式表示正确的是 ..... ( )
- A.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -\frac{1}{2}Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $\frac{1}{2}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H(298 \text{ K}) = -2Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

**【思路解析】**据化学方程式



则有  $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.5 \text{ mol}$ ,这些乙醇燃烧后放出的热量为 Q kJ。因此 0.5 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  完全燃烧生成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的反应热为  $\Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。所以该热化学方程式书写如下:



$$\Delta H(298\text{ K}) = -Q\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

当上述方程式同乘以 2,得答案 D。

**【答案】** CD

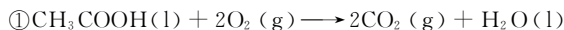
#### 四、利用盖斯定律进行 $\Delta H$ 计算的注意事项

##### 1. 合理进行方程式叠加

热化学方程式的叠加类似整式的运算,叠加时应遵循数学的运算规则,当需要将某一热化学方程式同乘以某一化学计量数时,各物质前的化学计量数和  $\Delta H$  同乘以该化学计量数。当某物质或  $\Delta H$  移到“=”另一边时就变为异号,即“+”变“-”。

2. “ $\Delta H$ ”在进行加、减、乘等运算时,一定要注意其符号的改变,即  $\Delta H$  的运算包括数值和符号的双重运算。

6 已知以下反应的热化学方程式:



$$\Delta H(298\text{ K}) = -870.3\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$-393.5\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\text{mol}^{-1}$$

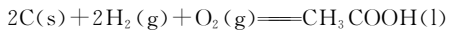
试求:  $\textcircled{4} 2\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$  的  $\Delta H$ 。

**【思路解析】** 由  $\textcircled{4}$  中 C、 $\text{H}_2$  的化学计量数为 2,而  $\text{CH}_3\text{COOH}$  转移到“=”左边成为“- $\text{CH}_3\text{COOH}$ ”,可推出:  $\textcircled{2} \times 2 + \textcircled{3} \times 2 - \textcircled{1} = \textcircled{4}$ , 即得:

$$2\text{C}(\text{s}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -393.5 \times 2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.5 \times 2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$+ 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 870.3\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = [(-393.5 \times 2) + (-285.5 \times 2) + 870.3]\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -488.3\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

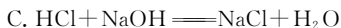
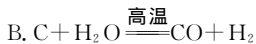
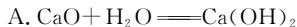
**【答案】**  $-488.3\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



### 夯基达标

#### 一、选择题

1 下列反应属于吸热反应的是 ..... ( )



2 下列说法正确的是 ..... ( )

A. 需要加热方能发生的反应一定是吸热反应

B. 放热反应在常温下一定很容易发生

C. 反应是吸热还是放热必须看反应物和生成物所具有的总能量的相对大小

D. 吸热反应在一定条件下也能发生

3 下列关于  $\Delta H$ (焓变)的说法正确的是 ... ( )

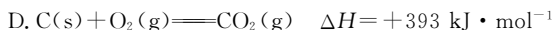
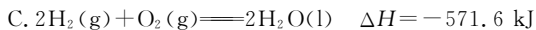
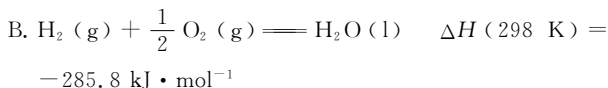
A. 在任何条件下, 化学反应的焓变都等于化学反应的反应热

B.  $\Delta H > 0$  时, 反应吸收热量;  $\Delta H < 0$  时, 反应放出热量

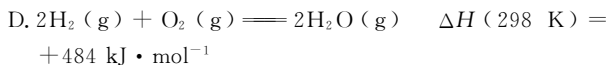
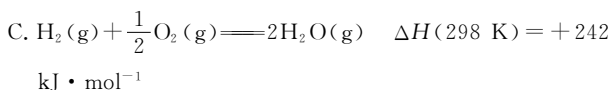
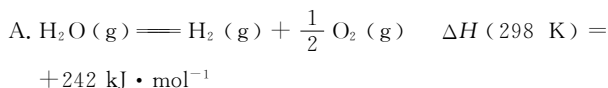
C. 热化学方程式中  $\Delta H$  的值与物质前的化学计量数无关

D.  $\Delta H$  的值可以通过实验测得

4 下列热化学方程式书写正确的是 ..... ( )

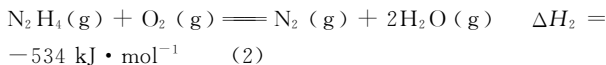


5 已知在 101 kPa、298 K 条件下, 2 mol 氢气燃烧生成水蒸气放出 484 kJ 热量, 下列热化学方程式正确的是 ... ( )



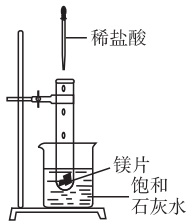
6 一定质量的无水乙醇完全燃烧时放出的热量为  $Q$ , 它所生成的  $\text{CO}_2$  用过量饱和石灰水完全吸收, 可得 100 g  $\text{CaCO}_3$





试计算 1 mol 肼和二氧化氮完全反应时放出的热量为 \_\_\_\_\_ kJ, 写出肼与二氧化氮反应的热化学方程式 \_\_\_\_\_。

17 如右图所示,把试管放入盛有 25 °C 时饱和石灰水的烧杯中,试管中开始放入几小块镁片,再用滴管滴入 5 mL 盐酸于试管中。试回答下列问题:



- (1) 实验中观察到的现象是 \_\_\_\_\_。
- (2) 产生上述现象的原因是 \_\_\_\_\_。
- (3) 写出有关反应的离子方程式 \_\_\_\_\_。
- (4) 由实验推知,  $\text{MgCl}_2$  溶液和  $\text{H}_2$  的总能量 \_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”“等于”) 镁片和盐酸的总能量。

18 某石油液化气由丙烷和丁烷组成,其质量分数分别为 80% 和 20%。 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H(298 \text{ K}) = -2200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + 13\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 8\text{CO}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H(298 \text{ K}) = -5800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。现在一质量为 0.80 kg、容积为 4.0 L 的铝壶,将一壶 20 °C 的水烧开需消耗 0.056 kg 石油液化气,试计算该燃料的利用率。已知水的比热容为  $4.2 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ , 铝的比热容为  $0.88 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 。

## 走近新高考

- 1 2006 北京模拟一, 8 已知氢气的燃烧热为  $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , CO 的燃烧热为  $282.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; 现有  $\text{H}_2$  和 CO 组成的混合气体 56.0 L (标准状况), 经充分燃烧后, 放出总热量为 710.0 kJ, 并生成液态水。下列说法正确的是… ( )
  - A. CO 燃烧的热化学方程式为:  $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}); \Delta H = +282.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - B.  $\text{H}_2$  燃烧的热化学方程式为:  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - C. 燃烧前混合气体中  $\text{H}_2$  的体积分数为 50%
  - D. 燃烧后的混合气体与足量的过氧化钠作用可产生 1.25 mol 氧气
- 2 2006 北京模拟四, 10 1.00 L  $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸溶液与 2.00 L  $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氢氧化钠溶液完全反应, 放出热量 114.6 kJ。则表示其中和热的热化学方程式为 ( )
  - A.  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -114.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - B.  $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}; \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - C.  $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - D.  $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 3 2002 上海高考, 6 下列选项中能说明乙醇作为燃烧的优点的是 ( )
  - ① 燃烧时发生氧化反应
  - ② 充分燃烧的产生不污染环境
  - ③ 乙醇是一种再生能源
  - ④ 燃烧时放出大量热量
 A. ①②③    B. ①②④    C. ①③④    D. ②③④

## 第二节 电能转化为化学能——电解

### 温故知新

#### 新知预习

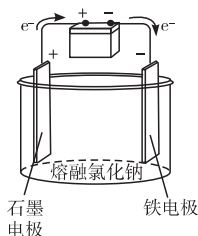
##### 一、电解的原理

1. 在 \_\_\_\_\_ 电的作用下, 在两个电极上分别发生 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 的过程叫做电解, 将 \_\_\_\_\_ 能转化为 \_\_\_\_\_ 能的装置叫做电解池 (electrolytic

#### 知识回顾

1. 初中化学课上做过电解水的实验  
 电解水实验中, 阴极上产生  $\text{O}_2$ , 阳极上产生  $\text{H}_2$ 。实验中加稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  或  $\text{NaOH}$  溶

cell)。例如右图所示的是电解熔融氯化钠的电解池。电解池由\_\_\_\_\_电源、\_\_\_\_\_电极材料以及\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_组成。



## 2. 电极反应

(1) 在电解池中, 每个电极上或是发生失\_\_\_\_\_的变化, 或是发生得\_\_\_\_\_的变化, 相当于\_\_\_\_\_的一半, 这种反应常称为半反应。在电极上进行的半反应叫做电极反应(electrode reaction)。

(2) 按照电化学的规定, 发生\_\_\_\_\_的电极叫做阳极(anode), 发生\_\_\_\_\_的电极叫做阴极(cathode)。

电极上\_\_\_\_\_的变化情况以及\_\_\_\_\_的转移情况可以用电极反应式来表示。例如电解熔融氯化钠时, 阳极的电极反应式为: \_\_\_\_\_, 阴极的电极反应式为: \_\_\_\_\_。

## 二、电解原理的应用

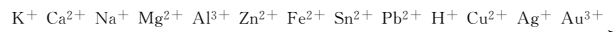
### 1. 电解饱和食盐水

(1) 电解饱和 NaCl 的溶液的实验, 填写下表

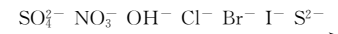
	现象	电极反应式
阴极		
阳极		
总反应的化学方程式: _____		

(2) 如果设法用隔膜阻止  $\text{OH}^-$  移向阳极, 则氢氧化钠可以在\_\_\_\_\_附近的溶液中富集, 由阴极溶液可以得到\_\_\_\_\_, 这就是电解食盐水制备烧碱的原理。

(3) 离子在电极上放电的顺序是存在某种规律的。放电顺序规律: 阴极上, 金属阳离子\_\_\_\_\_能力越强, 氧化性越强, 越先\_\_\_\_\_。常见阳离子的由难到易放电顺序为:



阳极材料为金属时(铂、金等惰性金属除外), \_\_\_\_\_优先失去电子; 阳极材料为石墨时, 电解液中的\_\_\_\_\_失去电子; 阴离子的\_\_\_\_\_越先放电。常见阴离子的由难到易放电顺序为:



2. 在电解法精炼铜的装置(教材 18 页图 1-2-7)中, 粗铜作为\_\_\_\_\_极, 精铜作为\_\_\_\_\_极, 电解质溶液为硫酸酸化的\_\_\_\_\_溶液。由于阳极电极材料是\_\_\_\_\_, 阳极主要发生的是\_\_\_\_\_氧化为  $\text{Cu}^{2+}$  的反应。阳极上发生的电极反应为:

阴极上发生的电极反应为:

### 3. 电镀

在电镀槽中, 镀件作为\_\_\_\_\_极; 阳极可以采用\_\_\_\_\_, 利用阳极溶解提供\_\_\_\_\_金属离子, 也可以采用惰性电极材料, 镀层金属离子则由\_\_\_\_\_提供; 电镀液通常采用含有\_\_\_\_\_的盐溶液。

液, 是增强水的导电性, 加大电解速率。若向水中加入食盐水是不合适的, 因为食盐水中的  $\text{Cl}^-$  参加电极反应生成  $\text{Cl}_2$ 。

2. 金属能导电, 是由于金属中自由电子的定向移动, 而食盐水( $\text{NaCl}$  溶液)能导电的原因是什么呢? 它们在导电过程中发生的均为化学变化吗? 金属导电是由于自由电子的定向移动, 而溶液导电是由于自由移动离子的定向移动。金属导电是物理变化过程, 溶液的导电过程是电解的过程, 是发生氧化还原反应的过程。

3. 在“非典时期”用的最多的应该是消毒剂了。其中较普遍的消毒剂就是“84”消毒液, “84”消毒液的主要成分是  $\text{NaClO}$ 。通过电解饱和食盐水得到  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  溶于  $\text{NaOH}$  溶液就得到“84”消毒液。家庭中也可以用低压直流电来电解饱和食盐水得到  $\text{Cl}_2$ , 由  $\text{Cl}_2$  进一步制得“84”消毒液。

4. 日常生活中见到好我手饰非常漂亮, 但多为镀金、镀银的; 在一些金属表面为了防腐蚀和美观, 经常镀上一层光亮的金属, 如自行车把手上, 这些金属是利用电解原理在电镀池中镀上的。

5. 氯碱工业主要利用电解原理制得一系列的产品。



## 重难点突破

### 一、电解池工作原理

在电解池中,电解质溶于水或熔融时发生电离,生成自由移动的阴、阳离子。在电源电压的作用下,电解质溶液或熔融液中阴离子向阳极定向移动、阳离子向阴极定向移动。阴极表面聚集富余电子,移到其表面的阳离子中氧化性强的首先得电子发生还原反应;阳极表面聚集的阴离子中还原性强的离子首先失去电子发生氧化反应。因此,在电压的作用下发生了解。

注意:(1)电解发生必须是电解质发生电离;

(2)电解池正负极的判断:据电源正负极,与正极相连的为阳极,与负极相连的为阴极;

(3)阳极发生还原反应,阳极发生氧化反应。

### 二、电解中电极反应和电极反应式书写

#### 1. 电极反应规律

(1)阴极:与电源负极相连,得电子发生还原反应。其规律有二:一是电极本身不参加反应;二是电解质溶液中氧化性强的阳离子得电子。

(2)阳极:与电源正极相连,失去电子发生氧化反应。其规律也有二:一是阳极若为活性电极(除 Pt、Au 之外的金属作电极),电极本身失去电子被氧化,电解质溶液中的阴离子不参与电极反应。二是若阳极为惰性电极(Pt、Au 或非金属作电极),电解质溶液中还原性强的阴离子失去电子被氧化。

#### 2. 离子放电顺序

(1)离子放电是指阴离子失去电子,或阳离子得电子的过程。放电顺序就是阴离子失去电子的顺序和阳离子得电子的顺序。阴离子放电越容易,失电子就越容易,还原性就越强;阳离子放电越容易,得电子就越容易,氧化性就越强。

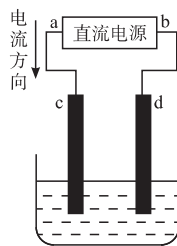
#### (2)阳离子放电顺序

$\text{Ag}^+ \text{ Hg}^{2+} \text{ Fe}^{3+} \text{ Cu}^{2+} \text{ H}^+ \text{ Pb}^{2+} \text{ Sn}^{2+} \text{ Fe}^{2+} \text{ Zn}^{2+} \text{ Al}^{3+} \text{ Mg}^{2+} \text{ Na}^+ \text{ Ca}^{2+} \text{ K}^+$

说明:①在水溶液中只有  $\text{Pb}^{2+}$  之前的离子得电子,在电极上放电。②上述放电顺序(除  $\text{Fe}^{3+}$ ),与金属活动性顺序是一致的。即金属越活泼,其阳离子得电子能力就越弱。③在上述顺

### 活学巧用

1 如下图所示是电解  $\text{CuCl}_2$  溶液的装置,其中 c、d 为石墨电极,则下列有关判断正确的是 ..... ( )



- A. a 为负极, b 为正极
- B. a 为阳极, b 为阴极
- C. 电解过程中, d 电极质量增加
- D. 电解过程中, 氯离子浓度不变

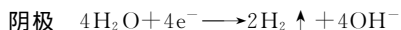
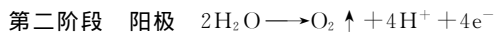
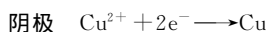
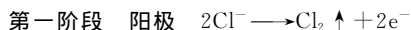
**【思路解析】** 电流从电源的正极流出,故 a 为电源的正极, b 为负极;与电源正极相连的 c 为阳极,与电源负极相连的 d 为阴极。A、B 均不正确。在电解过程中,因  $\text{Cu}^{2+}$  是阳离子,移向阴极 d,在阴极放电析出 Cu,所以 d 电极质量增加; $\text{Cl}^-$  是阴离子,移向阳极 c,在阳极放电析出  $\text{Cl}_2$ ,会导致溶液中氯离子浓度降低。故 C 对 D 错。

**【答案】** C

2 某水溶液中含有等物质的量浓度的  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{MgCl}_2$ ,对该溶液以惰性电极进行电解,分阶段写出电解反应的化学方程式。

**【思路解析】** 该溶液由  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  三种物质组成,其中含有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  三种阳离子和  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{OH}^-$  三种阴离子。

$\text{H}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  在阴极上放电的先后顺序是  $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+ > \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{OH}^-$  在阳极上放电的先后顺序是  $\text{Cl}^- > \text{OH}^- > \text{NO}_3^-$ 。溶液中的  $\text{OH}^-$  和  $\text{H}^+$  均来自难电离的  $\text{H}_2\text{O}$ 。电极反应式为:



将电极反应式合并得电解反应的化学方程式。

**【答案】** 第一阶段的反应:  $\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$



3 用惰性电极实现电解,下列说法正确的是 ..... ( )

- A. 电解稀硫酸溶液,实质上是电解水,故溶液 pH 不变
- B. 电解稀氢氧化钠溶液,要消耗  $\text{OH}^-$ ,故溶液 pH 减小

序中,排在前面的离子首先在阴极上得电子放电。

### (3)阴离子放电顺序

$S^{2-}$   $I^-$   $Br^-$   $Cl^-$   $OH^-$  含氧酸根  $F^-$

说明:①若阳极为活性电极时,溶液中的阴离子不参与放电。②阳极为惰性电极时,溶液中能在阳极放电的只有  $S^{2-}$ 、 $I^-$ 、 $Br^-$ 、 $Cl^-$  和  $OH^-$ 。

### 3. 电极反应式书写规律

#### (1)看电极

主要是看阳极是何类型的电极,若为活性电极,电极本身被氧化发生氧化反应。阴极一般不参与电极反应。

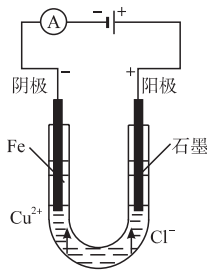
#### (2)看离子

搞清电解质溶液中存在哪些阴离子、阳离子,排出放电顺序,书写电极反应式。

(3)水溶液中始终有  $H^+$  和  $OH^-$ ,放电顺序中  $H^+$ 、 $OH^-$  之后的离子一般不参与电极反应。

例如:电解  $CuCl_2(aq)$  的电极反应分析:

如下图所示:①看电极。石墨作阳极,Fe 作阴极,所以两电极都不反应。



#### ②看离子

阳离子: $Cu^{2+} > H^+$ ,故  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

阴离子: $Cl^- > OH^-$ ,故  $2Cl^- \rightarrow Cl_2 \uparrow + 2e^-$

## 三、电解精炼铜的原理

1. 以铜为材料作电极属于活性电极。在一般的电解条件下,活性阳极 Cu 先于电解质溶液中的成分发生氧化反应。据电解原理粗铜做阳极,精铜做阴极,含有  $Cu^{2+}$  的溶液做电解液。

2. 粗铜中往往含有锌、铁、镍、银、金等多种杂质,当含杂质的铜在阳极不断溶解时,位于金属活动性顺序中铜以前的金属如 Zn、Fe、Ni 等,也会同时失去电子,如:  $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ,  $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$ 。

但是它们的阳离子比铜离子难还原,所以它们并不在阴极获得电子析出,而只是留在电解液里。而位于金属活动性顺序中铜之后的银、金等杂质,因为给出电子的能力比铜弱,难以在阳极失去电子变成阳离子溶解在溶液中,当阳极上的铜失去电子变成离子溶解之后,它们便以金属单质的形式沉积在电解槽底,形成阳极泥(阳极泥可作为提取金、银等贵金属的原料)。

用电解精炼法所得到的铜叫做电解铜,它的纯度可达到 99.95%~99.98%。

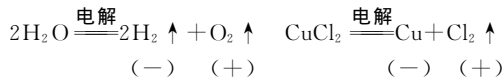
## 四、电解原理有关规律

1. 在电解过程中,无论什么材料的电极,其阴极质量一定不

C. 电解硫酸钠溶液,在阴极上和阳极上析出产物的物质的量之比为 1:2

D. 电解氯化铜溶液,在阴极上和阳极上析出产物的物质的量之比为 1:1

**【思路解析】** 电解稀  $H_2SO_4$ , 实质是电解水, 因溶剂减少,  $H_2SO_4$  浓度将增大, 故溶液的 pH 变小; 电解稀 NaOH 溶液, 虽然  $OH^-$  在阳极放电, 但  $H^+$  同时也在阴极放电, 其实质同样是电解水, 溶液的浓度也将变大, 故溶液的 pH 变大; 电解  $Na_2SO_4$  溶液, 其实质也是电解水, 在阴极和阳极分别析出  $H_2$  和  $O_2$ , 二者的物质的量之比为 2:1 而非 1:2; 电解  $CuCl_2$  溶液, 在阴、阳两极上分别析出 Cu 和  $Cl_2$ , 二者的物质的量之比为 1:1。



**【答案】** D

4. 用铜电极电解  $T^\circ C$  的  $Na_2SO_4$  饱和溶液, 若保持电解过程中溶液的温度不变, 当阴极生成  $a$  mol 气体时, 溶液中析出  $b$  g  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ , 求  $T^\circ C$  时  $Na_2SO_4$  饱和溶液的质量分数。

**【思路解析】** 用铜作电极, 阳极上铜溶解, 电极反应  $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ ; 阴极上生成氢气, 电极反应  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow$ , 阴极累积的  $OH^-$  与阳极生成的  $Cu^{2+}$  反应生成  $Cu(OH)_2$  沉淀。总反应  $Cu + 2H_2O \xrightarrow{\text{通电}} H_2 \uparrow + Cu(OH)_2$ , 即每生成  $a$  mol  $H_2$ , 就有  $2a$  mol 水被电解。分解的水与析出的晶体可组成  $T^\circ C$  时的饱和溶液。该饱和溶液的质量为  $b$  g +  $2a$  mol  $\times 18$  g  $\cdot$  mol $^{-1}$  =  $(b + 36a)$  g, 溶质的质量为  $b$  g  $\times \frac{142}{322}$ , 则  $w(Na_2SO_4) = \frac{b \text{ g} \times \frac{142}{322}}{(b + 36a) \text{ g}} = \frac{71b}{161(b + 36a)}$ 。

**【答案】**  $\frac{71b}{161(b + 36a)}$

5. 用铂电极电解  $CuSO_4$  和  $KNO_3$  的混合溶液 500 mL, 经过一段时间后, 两极均得到标准状况下 11.2 L 的气体, 则原

会减少,阳极质量一定不会增加。

2. 在电解过程中,若某电极质量减小,则该电极一定是与电源正极相连的活性阳极,若某电极质量增加,则该电极一定是与电源负极相连的阴极,此时溶液中一定存在氧化性强于  $H^+$  的金属离子。

3. 在电解过程中,若阳极质量不变,则阳极一定是惰性电极,且此电极上一定有气体产生。若阴极质量不变,则此电极上一定有气体产生,该气体一定是  $H_2$ 。

4. 溶液中若阳离子的放电能力强于  $H^+$ ,而阴离子的放电能力强于  $OH^-$  时,电解的实质一定是电解电解质本身。如  $CuCl_2$ 。

5. 溶液中若阳离子的放电能力强于  $H^+$ ,而阴离子的放电能力弱于  $OH^-$  时,电解的实质是电解质的阳离子和水电离出的  $OH^-$  放电,溶液的 pH 一定变小。如  $CuSO_4$ 。

6. 溶液中若阳离子的放电能力弱于  $H^+$ ,而阴离子的放电能力强于  $OH^-$  时,电解的实质是电解质的阴离子和水电离出的  $H^+$  放电,溶液的 pH 一定变大,如  $NaCl$ 。

7. 溶液中若阳离子的放电能力弱于  $H^+$ ,而阴离子的放电能力弱于  $OH^-$  时,电解的实质是电解水,溶液的浓度一定变大。若原溶液呈酸性则溶液的 pH 变小,如  $H_2SO_4$ 。若原溶液呈碱性,则溶液的 pH 变大,如  $NaOH$ 。若原溶液呈中性则溶液的 pH 不变,如  $Na_2SO_4$ 。

8. 在电解过程中,若电解质溶液的浓度保持不变,则阳极一定是用电解质阳离子的金属电极的材料构成,且质量一定减小。而阴极一定有与阳极相同的金属单质析出。且两者的质量一定相等。

9. 在电解过程中,若电解质溶液的质量增加,则表明阳极一定是活性电极;若电解质溶液的质量减小,则表明阳极不溶解,或阳极虽溶解,但其金属的相对原子质量一定比原电解质溶液中阳离子对应的金属的相对原子质量小。

混合溶液中  $CuSO_4$  的物质的量浓度为 ..... ( )

- A.  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$       B.  $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
C.  $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$       D.  $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

**【思路解析】** 阳极电极反应:  $4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow + 4e^-$ , 失去电子的物质的量  $n(O_2) \times 4 = \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 4 = 2 \text{ mol}$ ;

阴极电极反应: 首先发生的是  $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ , 其次发生的是  $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow$ , 阴极还原反应得到电子的总量  $n(Cu^{2+}) \times 2 + n(H_2) \times 2 = n(Cu^{2+}) \times 2 + \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2$ , 两电极物质得与失电子数相等, 即  $2 \text{ mol} = n(Cu^{2+}) \times 2 + \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2$ 。解得  $n(Cu^{2+}) = 0.5 \text{ mol}$ ,  $n(CuSO_4) = n(Cu^{2+}) = 0.5 \text{ mol}$ , 所以其物质的量浓度  $= \frac{0.5 \text{ mol}}{500 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

**【答案】** C

6. 下列关于铜电极的叙述正确的是 ..... ( )

- A. 铜锌原电池中铜是正极  
B. 用电解法精炼粗铜时,粗铜作阴极  
C. 在镀件上电镀铜时可用金属铜作阳极  
D. 电解稀硫酸制  $H_2$  和  $O_2$  时铜作阳极

**【思路解析】** 铜锌原电池中锌活泼, 锌作负极; 电解精炼铜时, 粗铜中的铜失去电子, 作阳极; 电镀铜时, 应选用铜片作阳极, 待镀件作阴极, 含有铜离子的溶液作电镀液。电解稀硫酸时, 铜作阳极, 失电子的是铜而不是溶液中的  $OH^-$ , 因而得不到氧气。

**【答案】** AC



## 夯基达标

### 一、选择题

1. 用石墨作电极电解下列溶液, 溶液 pH 不变的是 ( )

- A.  $HCl$   
B.  $NaOH$   
C.  $Na_2SO_4$   
D.  $CaCl_2$

2. 下列叙述中不正确的是 ..... ( )

- A. 电解池的阳极上发生氧化反应, 阴极上发生还原反应  
B. 原电池跟电解池连接后, 电子从电池负极流向电解池阳极  
C. 电镀时, 电镀池里的阳极材料发生氧化反应  
D. 电解饱和食盐水时, 阴极得到氢氧化钠溶液和氢气

3. 下列组合中, 电解后再加入各组的有关物质, 能恢复原状况

的是下表中的 ..... ( )

序号	阳极	阴极	电解液	加入物质
A	Pt	Pt	$H_2SO_4$	$H_2O$
B	C	Fe	$NaCl$	$NaCl$
C	C	C	$Na_2S_4$	$Na_2SO_4$
D	C	C	$CuSO_4$	$Cu(OH)_2$
E	Pt	Pt	$AgNO_3$	$AgNO_3$

4. 下列关于铜电极的叙述正确的是 ..... ( )

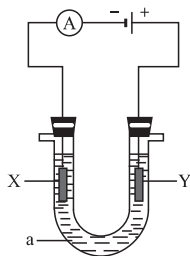
- A. 铜锌原电池中铜是正极  
B. 用电解法精炼粗铜时粗铜作阴极  
C. 在镀件上电镀铜时, 可用金属铜作阳极  
D. 电解稀硫酸制  $H_2$ 、 $O_2$  时用铜作阳极

5. 用惰性电极电解  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  和  $\text{CuSO}_4$  的混合溶液,且已知  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu} \rightleftharpoons 2\text{FeSO}_4 + \text{CuSO}_4$ , 下列说法正确的是 ( )
- A. 阴极反应式为:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ , 当有  $\text{Cu}^{2+}$  存在时,  $\text{Fe}^{3+}$  不放电
- B. 阴极上首先析出铁, 然后析出铜
- C. 首先被电解的是  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液, 后被电解的是  $\text{CuSO}_4$  溶液
- D. 阴极上不可能析出铜
6. 有两只串联的电解池, 甲池盛有  $\text{CuSO}_4$  溶液, 乙池盛有一定量某盐的稀溶液, 电解时当甲池电极质量增加 1.6 g 时, 乙池某电极析出 5.4 g 固体, 则乙池的溶质可能是 ( )
- A.  $\text{AgNO}_3$                       B.  $\text{NaNO}_3$
- C.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$                 D.  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
7. 在盛有水的电解槽中加入等物质的量的  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ , 摇匀后用惰性电极进行电解, 通电片刻后, 氧化产物与还原产生的质量比为 ( )
- A. 8 : 1                              B. 16 : 207
- C. 35.5 : 108                        D. 435 : 648
8. 某空气污染监测仪是根据  $\text{SO}_2$  与  $\text{Br}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的定量反应来测定空气中  $\text{SO}_2$  的含量的。上述反应的溴来自一个装有酸性 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $\text{KBr}$  溶液的电解槽阳极上的产物, 电解槽的阳极室和阴极室是隔开的。当测量某地区空气中  $\text{SO}_2$  含量时, 空气(经过除尘)以一定的流速进入电解槽的阳极室, 电流计显示每秒通过的电子的物质的量, 此时保持溴浓度恒定并恰好与  $\text{SO}_2$  完全反应(空气中不含其他与溴反应的杂质)。那么在此监测过程中发生的主要反应的离子方程式和电解槽中阳极上的电极反应式正确的一组是 ( )

- ①  $2\text{Br}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Br}_2$
- ②  $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- ③  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$
- ④  $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$
- ⑤  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
- A. ①⑤                              B. ②⑤
- C. ①④                              D. ①③

## 二、填空题

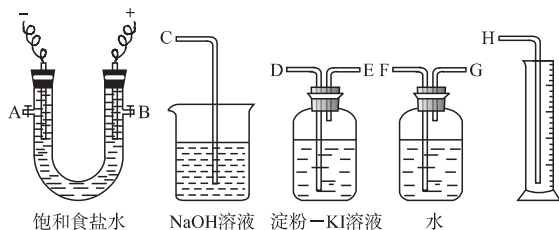
9. 在 500 mL  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中插入两个电极, 通电电解(不考虑水分蒸发)。则:
- (1) 若两极均为铜片, 试说明电解过程中溶液浓度将怎样变化\_\_\_\_\_。
- (2) 若阳极为纯锌, 阴极为铜片, 阳极电极反应式是\_\_\_\_\_。
- (3) 如果不考虑氢离子在阴极上放电, 当电路中有 0.04 mol 电子通过时, 阴极增重\_\_\_\_\_ g, 阴极上的电极反应式是\_\_\_\_\_。
10. 电解原理在化学工业中有广泛的应用。如下图表示一个电解池, 装有电解液 a; X、Y 是两块电极板, 通过导线与直流电源相连。请回答以下问题:



- (1) 若 X、Y 都是惰性电极, a 是饱和  $\text{NaCl}$  溶液, 实验开始时, 同时在两边各滴入几滴酚酞试液, 则
- ① 电解池中 X 极上的电极反应式为\_\_\_\_\_。在 X 极附近观察到的现象是\_\_\_\_\_。
- ② Y 电极上的电极反应式为\_\_\_\_\_。检验该电极反应产物的方法是\_\_\_\_\_。
- (2) 如要用电解方法精炼粗铜, 电解液 a 选用  $\text{CuSO}_4$  溶液, 则
- ① X 电极的材料是\_\_\_\_\_, 电极反应式为\_\_\_\_\_。
- ② Y 电极的材料是\_\_\_\_\_, 电极反应式为\_\_\_\_\_。
- (说明: 杂质发生的电极反应不必写出)

## 三、实验题

11. 请用下图所示装置设计一个包括电解饱和食盐水并测定电解时产生的氢气的体积和检验氯气的氧化性的实验装置。



- (1) 所选仪器连接时, 各接口的连接顺序是(填各接口的字母): A 接\_\_\_\_\_, B 接\_\_\_\_\_。
- (2) 实验时, 装置中的石墨电极接电源的\_\_\_\_\_极, 所发生的电极反应式为\_\_\_\_\_; 此电解总反应方程式为\_\_\_\_\_。
- (3) 实验测得产生的氢气体积(已折算成标准状况)为 5.60 mL, 电解后溶液的体积恰好为 50.0 mL, 则溶液中  $\text{OH}^-$  的浓度为\_\_\_\_\_。

## 四、计算题

12. 将浓度均为  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{AgNO}_3$  与  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  溶液各 0.5 L 混合, 以铜为电极进行电解, 一段时间后阴极上有 1.6 g 铜析出。
- (1) 直流电源已输出\_\_\_\_\_ mol 电子。
- (2) 溶液中  $c(\text{Cu}^{2+})$  为\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$



1. 2006 全国高考理综 I, 9 把分别盛有熔融的氯化钾、氯化镁、氯化铝的三个电解槽串联, 在一定条件下通电一段时间

后,析出钾、镁、铝的物质的量之比为……………( )

- A. 1:2:3 B. 3:2:1 C. 6:3:1 D. 6:3:2

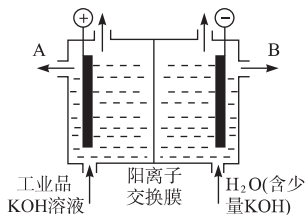
2 2006 北京高考,27 铝和氢氧化钾都是重要的工业产品。

请回答:

(1)工业冶炼铝的化学方程式是\_\_\_\_\_。

(2)铝与氢氧化钾溶液反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。

(3)工业品氢氧化钾的溶液中含有某些含氧酸根杂质,可用离子交换膜法电解提纯。电解槽内装有阳离子交换膜(只允许阳离子通过),其工作原理如右图所示。



①该电解槽的阳极反应式是\_\_\_\_\_。

②通电开始后,阴极附近溶液 pH 会增大,请简述原因\_\_\_\_\_。

③除去杂质后的氢氧化钾溶液从液体出口\_\_\_\_\_ (填写“A”或“B”)导出。

3 2005 全国高考,11 关于电解 NaCl 水溶液,下列叙述正确的是……………( )

- A. 电解时在阳极得到氯气,在阴极得到金属钠  
 B. 若在阳极附近的溶液中滴入 KI 溶液,溶液呈棕色  
 C. 若在阴极附近的溶液中滴入酚酞试液,溶液呈无色  
 D. 电解一段时间后,将全部电解液转移到烧杯中,充分搅拌后溶液呈中性

## 第三节 化学能转化为电能——电池



温故知新

### 新知预习

#### 一、原电池的工作原理

1. 由铜锌原电池可知,原电池中的氧化反应和还原反应分别在\_\_\_\_\_上进行。我们已知道,发生氧化反应的电极是\_\_\_\_\_极,发生还原反应的电极是\_\_\_\_\_极。在铜锌原电池的内电路,锌极发生\_\_\_\_\_,锌极是\_\_\_\_\_极;铜极发生\_\_\_\_\_,铜极是\_\_\_\_\_极。对于电池来说,电子流出的电极是\_\_\_\_\_极,电子流入的电极是\_\_\_\_\_极。在铜锌原电池的外电路,电子由\_\_\_\_\_极流向\_\_\_\_\_极,锌极是\_\_\_\_\_极,铜极是\_\_\_\_\_极。在原电池中,正极上得电子的数目和负极上失电子的数目\_\_\_\_\_。原电池的两个电极反应组成电池的总反应,这个总反应叫做\_\_\_\_\_ (cell reaction)。

#### 二、化学电源

##### 1. 一次电池

碱性锌锰电池以\_\_\_\_\_代替氯化铵作为电解质,其电极反应为:

负极: \_\_\_\_\_

正极: \_\_\_\_\_

电池反应为:  $Zn + 2MnO_2 + H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_2 + Mn_2O_3$

##### 2. 铅蓄电池

电解质溶液为 30%  $H_2SO_4$  溶液。其电极反应通常表示如下:

负极: \_\_\_\_\_

正极: \_\_\_\_\_

放电时,二氧化铅电极上发生还原反应,铅电极上发生氧化反应,总的电池反应为: \_\_\_\_\_

充电时则是二氧化铅电极上发生氧化反应,铅电极上发生还原反应,电池反应为: \_\_\_\_\_



知识回顾

1. 《必修 2》中有关原电池的基本知识,把化学能转变为电能的装置。

##### 2. 氧化—还原反应的有关概念

日常生活中用来做饭的铁锅,若用水洗净后,放置一天的时间就会有红棕色的锈迹产生,这因为 NaCl 残液是电解质溶液,它跟锅中的铁和少量的碳恰好构成了原电池。在此原电池里,铁是负极,铁失电子而被氧化;碳为正极,主要是溶解于 NaCl 溶液里的  $O_2$  得电子而被还原,这一过程可表示如下: 负极(Fe):  $2Fe - 4e^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+}$ ; 正极(C):  $O_2 + 4e^- + 2H_2O \rightleftharpoons 4OH^-$ ; 总反应:  $2Fe + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Fe(OH)_2$ 。生成的  $Fe(OH)_2$  被空气中的  $O_2$  氧化生成  $Fe(OH)_3$ ,  $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4Fe(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$  脱去一部分水就生成了铁锈(主要成分为  $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ )。

(1)定义:有电子转移(得失或偏移)的反应都是氧化还原反应。

(2)本质:在元素的原子(或离子)之间发生电子转移。

(3)特征:有元素化合价的升高和降低。

## 3. 燃料电池

氢氧燃料电池的电极反应为：

负极：\_\_\_\_\_

正极：\_\_\_\_\_

电池反应为：\_\_\_\_\_

由这个例子可以看出，燃料电池是通过\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_分别在两个电极上发生电极反应(形成一个与燃烧时相同的总反应)，将化学能转化为\_\_\_\_\_的。

## 三、金属的腐蚀与防护

1. 金属\_\_\_\_\_与周围的物质发生\_\_\_\_\_或因\_\_\_\_\_作用而遭到破坏，称为金属腐蚀(corrosion of metal)。金属腐蚀可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。铜在高温下被空气中的氧气氧化而变黑，这种腐蚀就是\_\_\_\_\_腐蚀，化学腐蚀过程中\_\_\_\_\_电流产生。电化学腐蚀过程涉及到\_\_\_\_\_原理，腐蚀过程中\_\_\_\_\_电流产生。

钢铁表面凝结有一层\_\_\_\_\_，空气中的二氧化碳、二氧化硫及沿海地区空气中的氯化钠等物质都可能溶到水膜中形成\_\_\_\_\_。当水膜的\_\_\_\_\_不强时，水膜中溶解的\_\_\_\_\_发生还原反应，电极反应为\_\_\_\_\_。两电极反应式组合起来的原电池反应为\_\_\_\_\_。生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  在空气中被氧化，发生反应\_\_\_\_\_， $\text{Fe}(\text{OH})_3$  进一步转化成铁锈。这个腐蚀主要消耗\_\_\_\_\_，被称为\_\_\_\_\_。当水膜酸度较大时，正极反应主要是  $\text{H}^+$  得电子被还原成  $\text{H}_2$ ，正极反应为\_\_\_\_\_，这时腐蚀称为\_\_\_\_\_。

2. 金属发生电化学腐蚀的根本原因是被腐蚀金属成为原电池的\_\_\_\_\_，其原子\_\_\_\_\_电子变成\_\_\_\_\_，发生阳极溶解。显然，越是活泼的金属，越容易发生\_\_\_\_\_腐蚀。

3. 根据电化学腐蚀的原理，要防止金属发生电化学腐蚀，关键在于\_\_\_\_\_成为原电池的\_\_\_\_\_，避免它发生\_\_\_\_\_而溶解。如果镀层金属的\_\_\_\_\_比被保护金属强，镀层金属将作为\_\_\_\_\_极发生氧化反应，被保护金属成为\_\_\_\_\_极而受到保护；反之，则是\_\_\_\_\_金属发生氧化反应，使腐蚀更加严重。

还可将被保护金属与外加直流电源的\_\_\_\_\_极相连让其成为\_\_\_\_\_极，而将外加直流电源的\_\_\_\_\_极接到一些废铁上，使废铁成为\_\_\_\_\_极。这种防止金属腐蚀的方法叫做\_\_\_\_\_，也叫做外加电流\_\_\_\_\_。

## 3. 化学键的断裂和形成与能量变化的关系

在化学变化中，反应物转化为生成物时，原子并没有改变(数目和种类都没增加，也没有减少)，只是原子间的结合方式发生了改变。在这个过程中，反应物分子中的化学键部分或全部遭到破坏，生成物分子中的新化学键形成了。在破坏旧化学键时，需要能量来克服原子间的相互作用。在形成新化学键时，由于原子间的相互作用而放出能量，所以任何化学反应都有化学能变化。化学反应中能量变化来源于反应过程中断裂旧化学键并形成新化学键时的能量变化。

## 4. 化学能的储存

化学能存在于各物质中，不同物质中所含化学能不同，物质发生化学变化时，反应物和反应产物的化学能不同，而出现能量的变化。化学能是物质中所含有的一种能量，在化学变化中可释放出来，转化为其他能量。

## 5. 金属活动性顺序

K、Ca、Na、Mg、Al、Zn、Fe、Sn、Pb(H)、Cu、Hg、Ag、Pt、Au  
金属活动性依次减弱

金属的活动性：

活泼性较强的金属：能与酸反应生成盐和氢气的金属。

不活泼性金属：不能与酸反应的金属。

反应越剧烈，金属活动性越强。

铜—锌原电池

锌片上发生氧化反应；铜片上发生还原反应。6. 日常生活中常用的干电池、纽扣电池均为一次性电池。手机用电池、铅蓄电池等均为二次电池。



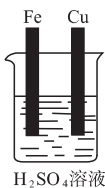
## 重难点突破

### 一、原电池的工作原理

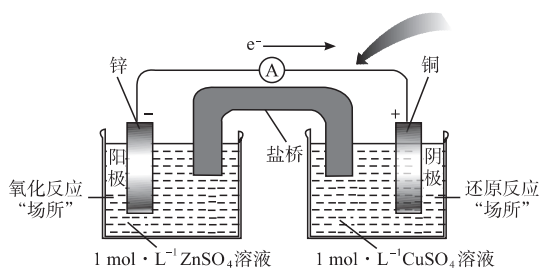
1. 原电池是依据自发的氧化还原反应设计而成的。多数情况下，自发氧化还原反应是氧化剂和还原剂直接接触发生反应，直接进行电子转移，并且得失电子是在同一“场所”完成。如果我们将氧化还原反应中的“直接”得失电子，变为“间接”，即将氧化反应和还原反应分开来，在不同的“场所”完成。那么两个“场所”用导线连接，就会有电子的定向流动形成电流。这一设想就如下图所示的原电池：

## 活学巧用

1 根据下图所示的装置，回答下列问题：



(1) 铁片与铜片不用导线连接，有何现象发生？写出反应



上面的“Cu—Zn”原电池能产生电流的本质原因是 Zn 电极和 Cu 电极间产生电势差,使电子产生定向移动。

## 二、原电池的构成条件

1. 一个原电池一般由以下三部分构成:

- (1) 电极
  - 负极: 活泼金属
  - 正极: 较负极稳定的金属或者非金属。如: C
- (2) 电解质溶液 原电池中的电解质溶液作用有二: 一是导电; 二是与负极发生氧化还原反应。所以电解质溶液中, 一般都含有能与负极反应的离子。
- (3) 电极用导线连接或直接接触, 放入电解质溶液形成闭合电路。

2. 原电池电极的判定的探究

- (1) 由组成原电池两极的电极材料判断。一般是活泼的金属为负极, 活泼性较弱的金属或能导电的非金属为正极。
- (2) 根据电流方向或电子流动方向判断。电流是由正极流向负极, 电子流动方向是由负极流向正极。
- (3) 根据原电池里电解质溶液内离子的定向移动方向判断。在原电池的电解质溶液内, 阳离子移向的极是正极, 阴离子移向的极是负极。
- (4) 根据原电池两极发生的变化来判断, 原电池的负极总是失电子发生氧化反应, 其正极总是得电子发生还原反应。
- (5) 依据现象判断。溶解的一极为负极, 增重或者有气泡放出的一极为正极。

的化学方程式。

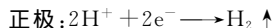
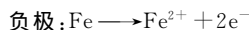
- (2) 用导线把金属片连接起来, 现象有什么不同? 用最恰当的化学方程式表示发生的反应。

**【思路解析】** 第(1)种情况, 铜片不起作用, 铁与  $H^+$  反应, 但速率较小, 铁片越纯, 表面越光滑, 反应速率越小。第(2)种情况, 用导线连接后构成了原电池, 正极产生氢气, 所以气泡从铜片表面逸出。原电池的形成使电子得以顺利转移且  $H^+$  在 Cu 表面得到电子并以  $H_2$  逸出, 这比铁表面容易得多, 所以反应速率增大, 氢气逸出速率增大, 铁的溶解速率也增大。

**【答案】** (1) 铁片与铜片不用导线连接, 则铁片表面有气泡产生, 但速率较慢。



(2) 用导线连接后现象不同: ① 气泡不从铁片表面而是从铜片表面逸出。② 产生氢气的速率明显加大, 电极反应式:



2. 某高二化学兴趣小组为了探索铝在原电池中的作用, 设计并进行了一系列实验, 实验结果记录如下:

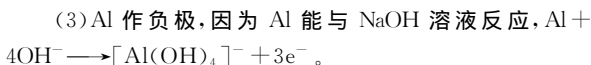
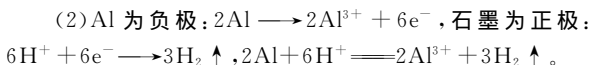
编号	电极材料	电解质溶液	电流计指针偏转方向
1	Mg, Al	稀盐酸	偏向 Al
2	Al, Cu	稀盐酸	偏向 Cu
3	Al, 石墨	稀盐酸	偏向石墨
4	Mg, Al	NaOH	偏向 Mg
5	Al, Zn	浓硝酸	偏向 Al

试根据上表中的实验现象回答下列问题:

- (1) 实验 1、2 中 Al 所作的电极是否相同?
- (2) 写出实验 3 中的电极反应式和电池总反应方程式。
- (3) 实验 4 中 Al 作正极还是作负极, 为什么? 写出 Al 电极的电极反应式。
- (4) 解释实验 5 中电流计指针偏向 Al 的原因?
- (5) 根据实验结果总结: 在原电池中金属铝作正极还是作负极受到哪些因素的影响。

**【思路解析】** 根据原电池的构成条件, 结合实验的条件(电极材料及电解质溶液的不同)以及反应的实验现象(指针偏转方向——由 1、2 两组知指针偏向正极)作出判断。注意 Al 可与 NaOH 溶液反应, 在浓  $HNO_3$  中钝化。

**【答案】** (1) 不同; 因为两实验中组成原电池的电极金属活动性不同, 实验 1 中 Al 较不活泼作正极, 实验 2 中 Al 活泼作负极。



(4) 实验 5 中由于 Al 在浓硝酸中发生钝化, 所以 Zn 为负极。

(5) 与另一电极材料的活泼性、电解质溶液的酸碱性以及电解质溶液的氧化性强弱等因素有关。

### 三、一次电池与二次电池

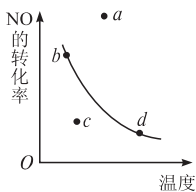
#### 1. 一次电池与二次电池的区别

一次电池不能进行充电,使用完后就废弃不能进行重复使用,很容易造成环境污染。二次电池是指充电电池。二次电池放电时是原电池反应,充电时是电解过程。二次电池可进行多次充放电,使用比较方便。

#### 2. 常见的一次电池的电极反应与特点

##### (1) 碱性锌锰电池

构造如下图。碱性锌锰电池的负极是 Zn,正极是  $\text{MnO}_2$ ,电解质是 KOH,其电极反应为:



碱性锌锰电池的构造

负极:  $\text{Zn} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^-$

正极:  $2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{MnOOH} + 2\text{OH}^-$

总反应方程式为:  $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{MnOOH} + \text{Zn}(\text{OH})_2$

特点:比普通锌锰电池性能好,比能量和储存时间均有提高,可适用于大电流和连续放电。

##### (2) 锌银电池

负极:  $\text{Zn} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

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

总反应方程式:  $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Ag} + \text{ZnO}$

在使用过程中,电池负极区溶液 pH 减小。

特点:此种电池比能量大,电压稳定,储存时间长,适宜小电流连续放电。

##### (3) 锂电池

锂电池的主要反应为:

负极:  $8\text{Li} \longrightarrow 8\text{Li}^+ + 8\text{e}^-$

正极:  $3\text{SOCl}_2 + 8\text{e}^- \longrightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2\text{S} + 6\text{Cl}^-$

总反应式为:  $8\text{Li} + 3\text{SOCl}_2 \longrightarrow 6\text{LiCl} + \text{Li}_2\text{SO}_3 + 2\text{S}$

特点:锂电池是一种高能电池,具有质量轻、电压稳定、工作效率高和贮存寿命长的优点。

#### 3. 常见二次电池的电极反应

铅蓄电池:

铅蓄电池放电时电极反应:

负极:  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$

正极:  $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

总反应:  $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

当放电进行到硫酸溶液密度达  $1.18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  时即停止放电,需将蓄电池进行充电。

铅蓄电池充电时电极反应:

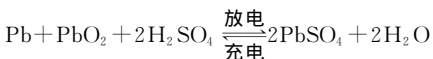
阳极:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^-$  (氧化反应)

阴极:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$  (还原反应)

当溶液密度增加至  $1.28 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  时,停止充电。

总反应:  $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

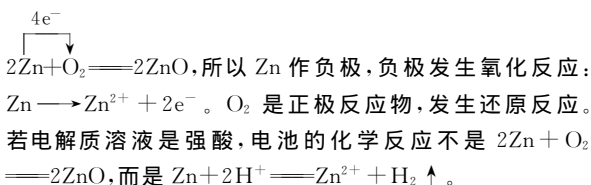
可把上述反应写成一个可逆反应方程式:



3 据报道,锌电池可能取代目前广泛使用的铅蓄电池,因为锌电池容量更大,而且没有铅污染。其电池反应为:  $2\text{Zn} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{ZnO}$ ,原料为锌粒、电解质溶液和空气。则下列叙述正确的是 ( )

- A. 锌为正极,空气进入负极反应  
B. 负极反应为  $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$   
C. 正极发生氧化反应  
D. 电解质溶液肯定不是强酸

【思路解析】Zn 与  $\text{O}_2$  反应的电子转移情况为:



【答案】BD

4 镍镉可充电电池,电极材料是 Cd 和  $\text{NiO}(\text{OH})$ ,电解质是 KOH,放电时的电极反应式是  $\text{Cd} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^-$ ,  $2\text{NiO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^-$ 。下列说法不正确的是 ( )

- A. 电池的总反应式是  $\text{Cd} + 2\text{NiO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$   
B. 电池充电时,镉元素被还原  
C. 电池放电时,电池负极周围溶液的 pH 不断增大  
D. 电池充电时,电池的负极和电源的正极连接

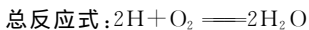
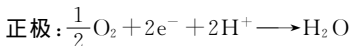
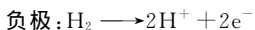
【思路解析】本题已给出了电极反应式,两式相加即得总反应式,A 正确;电池充电时,Cd 元素化合价降低,即 Cd 元素被还原,B 正确;放电时,由于负极消耗  $\text{OH}^-$ ,因而负极周围溶液的  $c(\text{H}^+)$  增大,pH 不断减小,C 错误;电池充电时,电池的负极 Cd 上应该发生反应  $\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cd} + 2\text{OH}^-$ ,因此负极应与电源的负极相连,故 D 错误。

【答案】CD

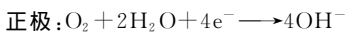
## 四、燃料电池

### 1. 氢氧燃料电池

氢氧燃料电池是一种高效低污染的新型电池,主要用于航天领域。它的电极材料一般为惰性电极,具有很强的催化活性,如铂电极、活性炭电极等,该电池以氢气为燃料,氧气为氧化剂,可用酸性电解质(如稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ),也可用碱性电解质(如  $\text{KOH}$  溶液),当用酸性电解质时,电极反应为:

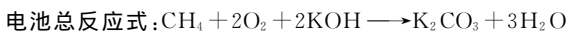
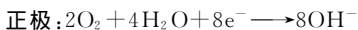


当用碱性电解质时,电极反应式为:



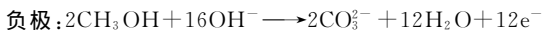
### 2. 甲烷—氧气燃料电池

该电池用金属铂片插入  $\text{KOH}$  溶液中作电极,在两极上分别通甲烷和氧气。



### 3. 甲醇—氧气燃料电池

用导线相连的两个铂电极插入  $\text{KOH}$  溶液中,然后向两极分别通入  $\text{CH}_3\text{OH}$  和  $\text{O}_2$ ,则发生了原电池反应,该原电池反应的离子方程式为:



燃料电池特点:能量转化高,可持续使用,无噪音,无污染环境。

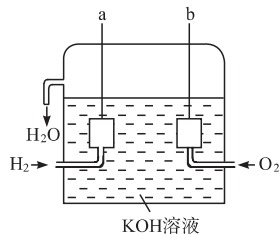
## 五、金属腐蚀的本质

1. 金属(M)腐蚀的本质是金属与其周围的物质发生了氧化还原反应,即金属在反应中失电子被氧化:  $\text{M} \longrightarrow \text{M}^{n+} + n\text{e}^-$  而被损耗的过程。

### 2. 金属的化学腐蚀与电化学腐蚀

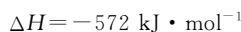
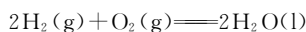
(1) 二者的比较

- 5 1969年美国“阿波罗 11 号”登月成功。飞船上使用的氢氧燃料电池是一种新型的化学电源,其构造如下图所示。两个电极均由多孔性碳制成,通入的气体由孔隙中逸出,并在电极表面放电。



(1) a 是 \_\_\_\_\_ 极, b 是 \_\_\_\_\_ 极,电极反应式分别为 \_\_\_\_\_。

(2) 飞船上宇航员的生活用水由燃料电池提供。已知这种电池发 1 度电时能生成 350 g 水,试计算能量转化率。



(3) 这种电池的输出电压为 1.2 V。要使标有“1.2 V、1.5 W”的小灯泡连续发光 0.5 h,应消耗标准状况下的  $\text{H}_2$  多少升?

(4) 氢气是燃料电池中最简单的燃料,虽然使用方便,却受到价格和来源的限制。常用的燃料往往是某些碳氢化合物,如甲烷(天然气)、汽油等。请写出将图中  $\text{H}_2$  换成  $\text{CH}_4$  时所构成的甲烷燃料电池中 a 极的电极反应式 \_\_\_\_\_。此时电池内总的反应式为 \_\_\_\_\_。

**【思路解析】** (1) 根据原电池原理,负极发生氧化反应,正极发生还原反应,可确定电池正、负极。(4) 电池总反应即为两电极反应之和。(2)(3) 见答案过程。

**【答案】** (1) 负 正  $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- \longrightarrow 4\text{e}^- + 4\text{H}_2\text{O}$   
 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{OH}^-$  (2) 由热化学方程式知,每生成 36 g 水放出 572 kJ 热量,故生成 350 g 水应放出能量:  $\frac{350 \text{ g}}{36 \text{ g}} \times 572 \text{ kJ} = 5561 \text{ kJ}$  1 度电 = 3600 kJ。

此燃料电池的能量转化率为  $\frac{3600 \text{ kJ}}{5561 \text{ kJ}} \times 100\% = 64.7\%$ 。

(3) 电流通过灯泡 0.5 h,电流做功  $W = 1.5 \text{ W} \times 30 \text{ min} \times 60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1} = 2700 \text{ J} = 2.7 \text{ kJ}$ 。

若消耗  $\text{H}_2$  的体积为 V,则  $\frac{V}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \frac{572}{2} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 64.7\% = 2.7 \text{ kJ}$ ,  $V = 0.327 \text{ L}$ 。

(4)  $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^-$   $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$

- 6 炒过菜的铁锅未及时洗净(残液中含  $\text{NaCl}$ ),第二天便出现红棕色的锈斑[该锈斑为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  失水的产物]。试用有关的电极反应式、离子方程式和化学方程式表示  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的生成。

(1) 负极 \_\_\_\_\_, 正极 \_\_\_\_\_。

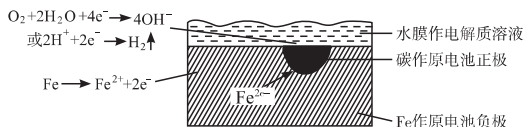
(2) 离子方程式 \_\_\_\_\_。

(3) 总的化学方程式 \_\_\_\_\_。

**【思路解析】**  $\text{NaCl}$  残液是电解质溶液,它跟铁锅中的铁和

	化学腐蚀	电化学腐蚀
条件	金属跟氧化性物质直接接触	不纯金属(合金)跟电解质溶液接触
现象	无电流产生	有微弱电流产生
本质	金属被氧化的过程	活泼金属被氧化的过程
相互关系	金属的化学腐蚀与电化学腐蚀同时发生,后者为主	

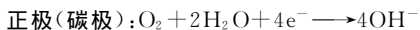
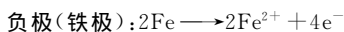
(2) 电化学腐蚀的实质(钢铁腐蚀为例)



钢铁电化学腐蚀示意图

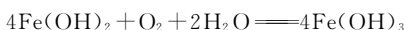
如上图所示,钢铁与其所含的碳,钢铁表面的水膜构成了无数微小的原电池。Fe 作负极,发生电极反应为:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ , Fe 失去的电子通过铁转移到 C 的表面。碳作正极,其表面发生还原反应,电极反应取决于水膜的酸碱性。当水膜呈弱酸性和中性时,发生的电极反应为:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ ; 当水膜呈较强酸性时,发生的电极反应为:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 。总之,不管哪种腐蚀,被腐蚀金属始终作原电池的负极,发生氧化反应被损耗。

少量的碳恰好构成了原电池,在此原电池里,铁是负极,铁失电子而被氧化;碳为正极,主要是溶解于 NaCl 溶液里的  $\text{O}_2$  得电子而被还原,这一过程可以表示如下:



生成的  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{OH}^-$  结合生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ :  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

生成的  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  极易被氧化成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ :



**【答案】** (1)  $2\text{Fe} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{e}^-$   $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

(2)  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$   $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

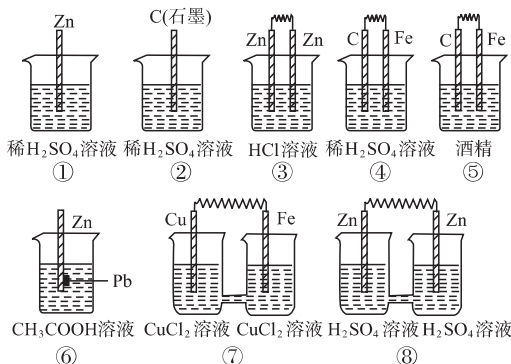
(3)  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

主动成长

夯基达标

一、选择题

1 在下图的 8 个装置中,属于原电池的是..... ( )



- A. 全部                      B. ④⑥⑦  
C. ③④⑤⑥⑦⑧        D. 除①②③外

2 用两根铂丝作电极插入 KOH 溶液中,再分别向两极通入甲烷气体和氧气,可形成原电池——燃料电池,该电池放电时发生的反应为  $\text{CH}_4 + 2\text{KOH} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ , 下列说法错误的是..... ( )

- A. 通甲烷的一极为负极,通氧气的一极为正极

- B. 放电时,通入  $\text{O}_2$  一极附近溶液的 pH 升高  
C. 放电一段时间后, KOH 的物质的量不发生变化  
D. 通甲烷极的电极反应式是  $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^-$

3 构成原电池的化学反应必须具备的特点是..... ( )

- A. 氧化还原反应            B. 复分解反应  
C. 反应的焓变小于零        D. 反应的焓变大于零

4 在原电池构成的闭合回路中,关于电子和阴、阳离子运动方向的描述正确的是..... ( )

- A. 电流从原电池的负极通过导线移向正极  
B. 电子从原电池的正极通过导线移向负极  
C. 阴离子在电解质溶液中向正极移动  
D. 阳离子在电解质溶液中向正极移动

5 据报道,锌电池可能取代目前广泛使用的铅蓄电池,因为锌电池容量更大,而且没有铅污染。其电池反应为:  $2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$ , 原料为锌粒、电解质溶液和空气。则下列叙述正确的是..... ( )

- A. 锌为正极,空气进入负极反应  
B. 负极反应为  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$   
C. 正极发生氧化反应  
D. 电解质溶液肯定不是强酸

6 生产铅蓄电池时,在两极板上的铅、锡合金上均匀涂上膏状的  $\text{PbSO}_4$ , 干燥后再安装,充电后即可使用,发生的反应如下: