

山东科技版课标本



200万套销量

名誉主编 雷洁琼

丛书主编 希 扬



三点一测丛书

树 品 牌 典 范 拓 成 才 之 路

高中化学 (选修)
化学反应原理

● 分册主编 王克芳



探 究 目 标



探 究 指 导



探 究 综 合 训 练



科学出版社 龙门书局

☆ 与 2006 年山东科技版课标本最新教材同步 ☆

三点一测丛书

高中化学(选修) 化学反应原理

◎ 分册主编：王克芬

◎ 编 者：王卫平 杨 彬
王克芬

科学出版社 龙门书局

北 京

版权所有 翻印必究

举报电话:(010)64034160,13501151303(打假办)

邮购电话:(010)64017892

图书在版编目(CIP)数据

三点一测丛书.高中化学(化学反应原理)(选修):山东科技版
课标本/希扬丛书主编;王克芳分册主编. —北京:科学出版社 龙
门书局,2006

ISBN 7-5088-0745-6

I. 三… II. ①希…②王… III. 化学课—高中—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 128471 号

组稿编辑:王 敏/责任编辑:韩 博 程 采

封面设计:东方上林工作室

科学出版社
龙 门 书 局 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

www.longmenbooks.com

铁成印刷厂 印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

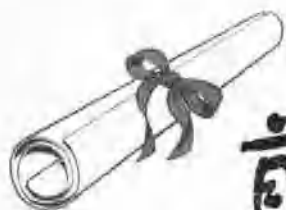
2006 年 7 月第 一 版 开本:1/16(787×1092)

2006 年 7 月第 一 次 印刷 印张:9

印数:1—5 000 字数:251 000

定 价:13.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前言

化学必修与选修课程相结合的整体优化的课程改革拉开了我国面向新世纪的新一轮高中课程改革的序幕。新课程标准、新的化学教材的出台,意味着新一轮挑战的开始!为了体现新课程的价值观,体现素质教育的新思想、新观念、新要求,遵循高中化学反应原理的知识能力提升规律,我们精心编写了《三点一测丛书》化学反应原理(选修)一书,该书的内容和编写顺序完全符合山东科技版《高中化学课程标准实验教科书——化学反应原理(选修)》,对同学们的同步学习具有较好的指导作用。

本书在立足基础的前提下培养探究创新意识和能力,增强思维的灵活性,提高解决实际问题的能力!

探究目标 从知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个方面提出了化学反应原理学习的航向,引导同学们形成明确的学习目标。

化学宫殿 立足基础知识,揭示本节的重点、难点和热点,并用重要知识点构建知识体系。每个重要知识点配有典型例题,让你快速实现能力转化,无形中就掌握了开启化学王国大门的金钥匙。

探究活动 化学是一门以实验为基础的学科,探究活动可以让理论和实践结合得更密切,提升你的综合能力和创造性思维能力。

探究综合训练 把化学反应的基本知识点和考点编成难易程度有梯度的、习题强化训练。“练一练,你会了吗?”看你是否理解和掌握了基础知识;“想一想,如何探究?”看你是否在落实了基础之后,熟可生“巧”;“试一试,经历这些活动”突出能力和素质的考查,增加应用题和能力题的设计,探讨体现新课程对知识的应用性、创新性的要求;“读一读,你有何收获”问题设置有利于你思维扩展,强调与现实生活的联系!

本书在最后给出了各类习题的答案与解析,供同学们参考。所给解析,有的是提供解题思路,有的是解释难点所在,有的是提出警示误区,通过不同方式来帮助同学们充分发挥思维能力和提高解题能力。

如对本书有什么好的意见、建议,恳请致函(E-mail: sdyccs@163.com)指教,不胜感激!

· 编 者

目录

▶▶	第一章 化学反应与能量转化	(1)
	第1节 化学反应的热效应	(1)
	第2节 电能转化为化学能——电解	(9)
	第3节 化学能转化为电能——电池	(22)
	本章测试题	(34)
▶▶	第二章 化学反应的方向、限度与速率	(38)
	第1节 化学反应的方向	(38)
	第2节 化学反应的限度	(44)
	第3节 化学反应的速率	(58)
	第4节 化学反应条件的优化——工业合成氨	(65)
	本章测试题	(71)
▶▶	第三章 物质在水溶液中的行为	(75)
	第1节 水溶液	(75)
	第2节 弱电解质的电离 盐类的水解	(82)
	第3节 沉淀溶解平衡	(95)
	第4节 离子反应	(100)
	本章测试题	(114)
▶▶	参考答案与提示	(116)



第一章 化学反应与能量转化



第1节 化学反应的热效应

探究目标

知识与技能 了解化学反应中能量转化的原因,能举例说明化学能与热能的相互转化,了解反应热和焓变的含义,掌握热化学方程式的书写方法。

过程与方法 通过对盖斯定律的讨论,能用盖斯定律进行有关反应热的简单计算;了解标准摩尔生成焓的定义,了解用生成反应的焓变计算化学反应的焓变的方法;通过中和反应反应热的测定,了解测定反应热的简单方法和仪器。

情感、态度与价值观 通过对化学反应中的能量变化的学习,使学生树立能源意识;通过小组讨论、小组成员共同完成课外作业,培养学生的团队精神及合作能力;通过课外作业,培养学生收集资料、整理资料的能力,同时锻炼了学生利用多媒体手段,展示自己研究成果的能力。

探究指导



化学宫殿

一、化学反应的反应热

1. 反应热

- (1) 意义:描述化学反应释放或吸收热量的物理量。
- (2) 定义:化学反应在一定温度下进行,反应所释放或吸收的热量。
- (3) 符号: Q 。吸热反应 Q 为正值;放热反应 Q 为负值。
- (4) 单位: J 或 kJ。
- (5) 热化学:用实验方法和理论方法研究反应热的化学分支。

2. 反应热的测定

- (1) 仪器:量热计。分为定压式量热计和定容式量热计两类。
- (2) 计算公式: $Q = -C(T_2 - T_1)$ 。 C 表示体系的热容; T_2 、 T_1 分别表示反应后和反应前体系的温度。

说明 物质温度每升高 1K 所吸收的热量,称为该物质的热容,单位: $J \cdot K^{-1}$;单位质量物质的热容称为该物质的比热容,简称比热,单位: $J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}$ 或 $kJ \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$ 。例如:常温下液态水的比热为 $4.18 kJ \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$ 。

- (3) 示例:测定中和反应的反应热。

仪器:简易量热计、温度计、搅拌棒、烧杯、量筒。

步骤:①向量热计内筒中加入 $1.0 mol \cdot L^{-1}$ 的盐酸 100 mL,盖上杯盖,插入温度计,迅速搅拌后记录初始温度 T_1 。

②向 250 mL 烧杯中加入 $1.0 mol \cdot L^{-1}$ (或稍大于 $1.0 mol \cdot L^{-1}$) NaOH 溶液 100 mL,调节温度,使其与量热计中盐酸温度相同。

③将烧杯中碱液快速倒入量热计中,盖好杯盖,迅速搅拌,记录体系达到的最高温度 T_2 。

④同样方法分别测定 KOH 溶液与盐酸反应, NaOH 溶液与硝酸反应的反应热。

数据处理:假定溶液的比热等于水的比热并忽略量热计的热容,将酸碱溶液的密度近似为

$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 溶液的总质量为 0.4 kg , 则 $Q = -4.18 \cdot 0.4(T_2 - T_1) \text{ kJ}$ 。

结论: 上述三个中和反应的反应热是相同的。 Q 为负值, 所以中和反应为放热反应。

说明 ①强酸强碱中和反应的实质为: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$, 三个实验中所用溶液体积相同, H^+ 和 OH^- 的浓度相同, 反应温度也相同, 因此反应热相同。

②实验中若用弱酸代替强酸, 或用弱碱代替强碱, 因中和过程中电离吸热, 会使测得中和反应反应热的数值偏低。

【例 1】实验测得当 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀盐酸跟 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液起中和反应时, 放出的热量为 57.3 kJ , 因此当 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸和 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 完全反应时, 放出的热量也必然是 57.3 kJ 。上述叙述是否正确? 为什么?

思路与技巧 稀溶液中, 酸跟碱发生中和反应生成 1 mol 水的反应热, 称之为中和热, 单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。对于盐酸和氢氧化钠来说, 它们分别是强酸与强碱, 反应实质为: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$, 除此中和反应外, 没有其他热效应, 因此 $57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 即为强酸与强碱反应的中和热。对于醋酸和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 来说, 它们分别为弱酸、弱碱, 它们在溶液中仅是部分电离, 由于弱酸、弱碱的电离是吸热过程, 且生成的醋酸铵是弱酸弱碱盐, 在溶液中要水解, 水解反应也是吸热过程, 因此 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸和 $1 \text{ L } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 恰好完全反应时放出的热量小于 57.3 kJ 。故题中的叙述是错误的。

答案 见思路与技巧。

评析 了解中和热的含义, 即稀溶液中, 酸跟碱发生中和反应生成 1 mol 水的反应热, 称之为中和热, 单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

二、化学反应的焓变

1. 定压反应热

如果反应是在敞口容器中进行的, 可视为等压反应, 这时的反应热称为定压反应热, 用符号 Q_p 表示, 单位为 J 或 kJ 。

2. 焓

热力学将反应物和生成物所具有的能量定义为一个新的物理量——焓, 符号为 H , 单位为 J 或 kJ 。

说明 对于一定量的纯净物质, 在一定的状态下, 焓(H)有确定的数值, 但人们只能得到其变化值(ΔH), 无法得到其绝对值。同样的条件下, 不同物质焓的数值不同; 同一物质所处的状态不同, 焓的数值也不同。在相同条件下, 焓的数值与物质的物质的量呈正比。焓具有加和性, 整个系统的焓值是各个部分焓值的总和。

3. 反应焓变

反应产物的总焓与反应物的总焓之差, 称为反应焓变。符号: ΔH , 单位: J 或 kJ 。 $\Delta H = H(\text{反应产物}) - H(\text{反应物})$ 。

说明 对于在等压条件下进行的化学反应, 如果反应中物质的能量变化全部转化为热能(或者系统在定压过程中吸收的热全部用来增加系统的焓), 而没有转化为电能、光能等其他形式的能, 则该反应的反应热就等于反应前后物质的焓的改变, 即: $\Delta H = Q_p$ 。由此可得: 定压条件下, 化学反应的焓变 ΔH 即为定压反应热。 $\Delta H > 0$, 反应吸热; $\Delta H < 0$, 反应放热。反应焓变只与系统的终态和始态有关, 与变化的途径无关; 反应焓变与反应体系中物质的聚集状态和反应条件有关。如图 1-1-1。

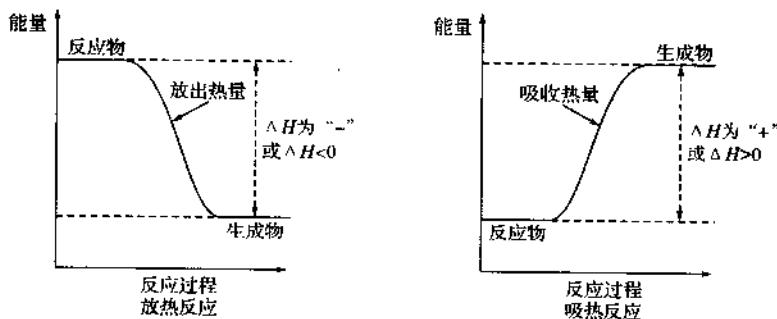


图 1-1-1 化学反应过程中的能量变化

4. 热化学方程式

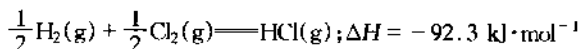
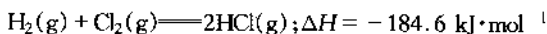
(1) 定义:把一个化学反应中物质变化和反应焓变同时表示出来的化学方程式,叫做热化学方程式。例如热化学方程式: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}); \Delta H = -92.38 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,表示的意义为 1 mol 氮气与 3 mol 氢气反应完全生成 2 mol 氨气,放出 92.38 kJ 的热量。再如 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,表示的意义为 1 mol 氢气与 $\frac{1}{2}$ mol 氧气反应生成 1 mol 液态水,放出 285.8 kJ 的热量。

(2) 热化学方程式的书写原则:

①要注明反应物和生成物的聚集状态。常用 s、l、g 分别表示固体、液体、气体,水溶液中的溶质则用 aq 表示,若物质有同素异形体或几种晶型,也应注明是哪一种。因为物质呈现哪一种聚集状态,与它们所具有的焓值有关。

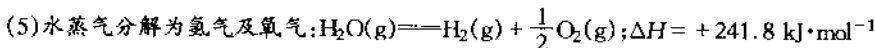
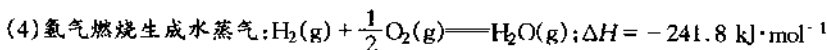
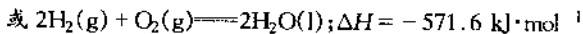
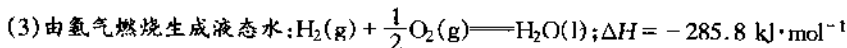
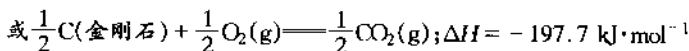
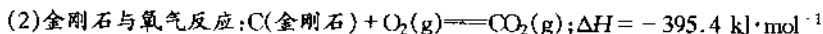
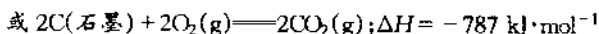
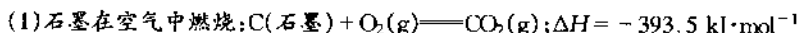
②要注明反应的温度和压强。因反应的温度和压强不同时,其 ΔH 也不同(如果 ΔH 是在 101 kPa 和 25 °C 时的数据,可不特别注明)。

③热化学方程式的化学计量数只表示物质的量,不表示分子数,它可以是整数,也可以是分数。对于同一反应来说,化学计量数不同,其 ΔH 也不同, ΔH 的数值与化学计量数成正比;若反应逆向进行,则 ΔH 改变符号,但绝对值不变。例如:相同物质的下列化学反应,前者的反应焓变是后者的两倍。



④要表明反应放出或吸收的热量的数值和单位,并用“;”号将化学方程式与 ΔH 隔开。放热反应的 ΔH 为“-”,吸热反应的 ΔH 为“+”,单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

【例 2】 观察下列几个热化学方程式的写法,并注意其中书写规律。



思路与技巧 (1) 当反应系数加倍或减半时, ΔH 也相应的加倍或减半,相当于 ΔH 亦是方程式系数中的一部分,但不论怎么变,其单位终是 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 逆反应的热效应,与正反应热效应的数值相同而符号相反。

答案 见思路与技巧。

评析 热化学方程式中反应焓变的数值指的是各物质按化学方程式中所示的物质的量进行反应且反应进行完全时的反应热数值。

【思维升华】 298 K, 101 kPa 时,合成氨反应的热化学方程式为: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}); \Delta H = -92.38 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。在该温度下,取 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 放在一密闭容器中,在催化剂存在时进行反应,测得反应放出的热量总是小于 92.38 kJ,其原因是什么?

思路与技巧 根据反应焓变的定义可知合成氨的反应焓变应该是 1 mol N_2 和 3 mol H_2 生成 2 mol NH_3 所放出的热量 $92.38 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。由于在密闭容器中进行合成氨反应是可逆反应,对于可逆反应来说,反应焓变的数据仍然应当以完全反应时测得的数据表示。而密闭容器中 1 mol N_2 和 3 mol H_2

在该条件下不可能完全反应而生成 $2 \text{ mol NH}_3(\text{g})$, 因而放出热量总小于 92.38 kJ 。

答案 该反应是可逆反应, 在密闭容器中进行该反应将达到平衡状态, $1 \text{ mol N}_2(\text{g})$ 和 $3 \text{ mol H}_2(\text{g})$ 不能完全反应生成 $2 \text{ mol NH}_3(\text{g})$, 因而放出的热量总小于 92.38 kJ 。

【例 3】 下列对热化学方程式 $\frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HI}(\text{g}); \Delta H = +26 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的叙述中, 正确的是 ()

- A. 1 mol 氢气和 1 mol 碘蒸气完全反应需要吸收 26 kJ 的热量
- B. 1 个氢分子和 1 个碘分子完全反应需要吸收 52 kJ 的热量
- C. $1 \text{ mol H}_2(\text{g})$ 与 $1 \text{ mol I}_2(\text{g})$ 完全反应生成 2 mol 的 HI 气体需吸收 52 kJ 的热量
- D. $\frac{1}{2} \text{ mol H}_2(\text{g})$ 与 $\frac{1}{2} \text{ mol I}_2(\text{g})$ 完全反应放出 26 kJ 的热量

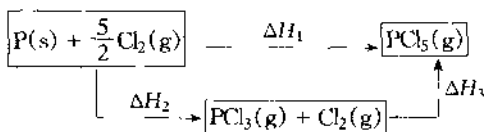
思路与技巧 热化学方程式的具体形式是表示一定物质的量的、一定聚集状态的反应物完全反应生成一定聚集状态的生成物时的放热、吸热情况。只要依据书写热化学方程式的注意事项, 对于本例题就不难作出判断。在 A、B、D 三个选项中均未指明生成物的状态; 且 D 将反应错认为是放热反应; A 则未将反应的化学计量数与 ΔH 正确对应起来; B 则无视热化学方程式中各物质前的化学计量数不表示分子个数的前提。因此合理答案只有 C。

答案 C

三、反应焓变的计算

1. 根据盖斯定律计算化学反应的焓变

盖斯定律: 对于一个化学反应, 无论是一步完成还是分几步完成, 其反应焓变是相同的。这一规律称为盖斯定律。例如:



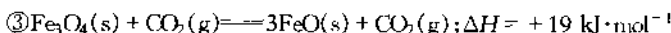
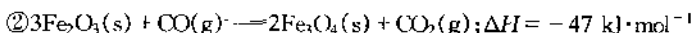
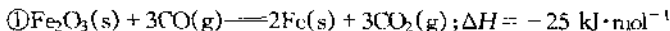
根据盖斯定律: $\Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_1$

说明 ①盖斯定律的含义为: 化学反应的反应焓变只与反应的始态(各反应物)和终态(各生成物)有关, 而与具体反应进行的途径无关。如果一个反应可以分几步进行, 则各分步的反应焓变之和与该反应一步完成时的反应焓变相同。

②根据盖斯定律, 热化学方程式可以直接相加减, 焓变的数值随之进行相加减。

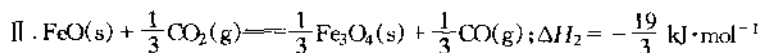
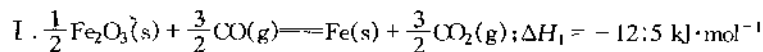
③盖斯定律在生产和科学研究中有很重要的意义。有些反应的反应焓变虽然无法直接测得但利用盖斯定律不难间接计算求得。

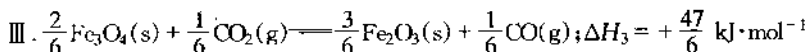
【例 4】 已知下列热化学方程式:



写出 $\text{FeO}(\text{s})$ 与 CO 反应生成 $\text{Fe}(\text{s})$ 和 CO_2 的热化学方程式: _____。

思路与技巧 先用上述反应推出总反应, 再根据盖斯定律算出总反应的反应热。①反应的生成物中有 Fe , 跟总反应一致, 不需要调换方向; ③反应的生成物中有 FeO , 与总反应不一致 (FeO 是总反应中的反应物), 为了推导总反应, 需要将③反应调换方向。同样的道理, 为了推导总反应, ②反应也要调换方向。再就是根据总反应而合理调整分步反应中各物质的化学计量数和相对应反应热。即:





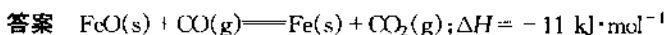
I + II + III



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

$$= \left(-12.5 - \frac{19}{3} + \frac{47}{6} \right) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$= -11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



评析 利用已知焓变求未知焓变的方法:若一个化学方程式可由另外几个化学方程式相加减而得到,则该化学反应的焓变即为这几个化学反应焓变的代数和。

* 2. 由生成反应的焓变计算化学反应的焓变

(1) 生成反应:由 298.15 K 下的最稳定单质生成化合物的反应,称为该化合物的生成反应。

(2) 标准摩尔生成焓:指定温度和标准压强下(通常选定温度为 298.15 K,压强为一个标准大气压),由最稳定单质生成单位物质的量的纯物质时反应的焓变叫做该物质的标准摩尔生成焓。以 $\Delta_f H_m^\ominus$ 表示, $\ominus$ 代表“标准”(可读作“标准”),下角标 f 代表“生成”。以在此条件下氢气和氧气作用生成液态 H_2O 的反应为例: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。即 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H^\ominus$ 为 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) 计算公式:根据盖斯定律和标准摩尔生成焓的定义,可以得出反应焓变 ΔH 的一般计算规则:

$\Delta H = \sum \{ \Delta_f H^\ominus(298.15 \text{ K}) \}_{\text{生成物}} - \sum \{ \Delta_f H^\ominus(298.15 \text{ K}) \}_{\text{反应物}}$ 。即反应的焓变等于各生成物的标准摩尔生成焓乘以化学计量数的总和减去各反应物的标准摩尔生成焓乘以化学计量数的总和。

说明:对于某一个反应: $a\text{A} + b\text{B} \longrightarrow c\text{C} + d\text{D}$,反应的焓变 ΔH 可按下式求得:

$$\Delta H = \{ c \Delta_f H^\ominus(\text{C}) + d \Delta_f H^\ominus(\text{D}) \} - \{ a \Delta_f H^\ominus(\text{A}) + b \Delta_f H^\ominus(\text{B}) \}。应用此公式时应注意:$$

① ΔH 的计算是系统终态的 $\sum \Delta_f H^\ominus$ 值减去始态的 $\sum \Delta_f H^\ominus$ 值,切勿颠倒。

② 公式中应包括反应中所涉及的各种物质,并需考虑其聚集状态。

③ 公式中应包括反应方程式中的化学计量数 c, d, a, b ,不要遗漏。因 ΔH 的数值与反应方程式的写法(方程式中的化学计量数)有关。例如:

$2\text{Al}(\text{s}) + \frac{3}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}); \Delta_f H^\ominus(298.15 \text{ K}) = -1675.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,它表明在 298.15 K 和标准条件下,每摩尔反应: $\left[2\text{Al}(\text{s}) + \frac{3}{2} \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) \right]$ 放出 1675.7 kJ 的热量。

因此,在求 ΔH 的数值时,应指明与之相应的反应方程式。

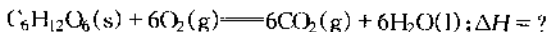
(4) 由于有的生成反应是吸热反应,而有的则是放热反应,所以各种物质的 $\Delta_f H^\ominus$ 的数值有的是正值,有的是负值。运算过程中,正负号不可疏忽。

(5) 物质的标准摩尔生成焓是相对焓值,但不影响反应焓变的计算(可通过盖斯定律来予以理解)。

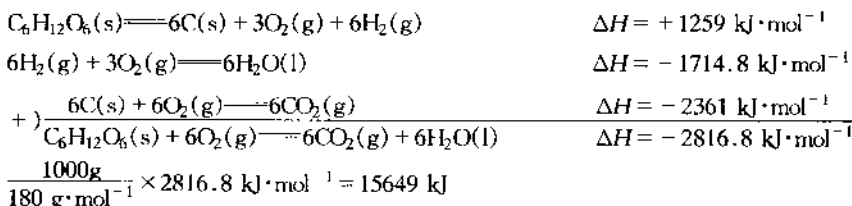
(6) 如果系统温度不是 298.15 K,而是其他温度,则反应的 $\Delta H^\ominus$ 是会有些改变的,但一般变化不大。例如,下列反应: $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_3(\text{g}) \longrightarrow \text{SO}_3(\text{g}), \Delta H(298.15 \text{ K})$ 为 $-98.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,而 $\Delta H(873 \text{ K})$ 为 $-96.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。在近似估算中,往往就近似地将 $\Delta H(298.15 \text{ K})$ 作为其他温度 T 时的 $\Delta H(T)$ 。

【例 5】 已知下列几种物质的标准摩尔生成焓。葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$): $1259 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$: $285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, CO_2 : $393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。试计算 1 kg 葡萄糖在人体内完全氧化生成二氧化碳气体和液态水最多可提供的能量。

思路与技巧 先求出 1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 氧化时放出的热量。即:



根据已知条件得知:



答案 15649 kJ

评析 由生成反应的焓变计算化学反应的焓变实际也是盖斯定律的应用。



探究活动

[提出问题] 假设电解水过程中水蒸发等损耗忽略不计。已知： $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\quad} 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ； $\Delta H = -572 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，试探究在电解水的过程中，电能转变成化学能的效率。

[探究准备] 电解水装置、伏特表、安培表、学生电源、托盘天平、计时器、导线等用品。

[探究过程] 电能转变成化学能的效率计算公式应为： $\eta = \frac{m(\text{H}_2\text{O})(\text{g}) \times \frac{572}{2} \times 10^3 \text{ J}}{U \cdot I \cdot t} \times 100\%$ 。所以计算需要取得的数据如下：伏特表示数 $U(\text{V})$ 、安培表示数 $I(\text{A})$ 、 $t(\text{s})$ 、电解消耗水的质量 $m(\text{H}_2\text{O})(\text{g})$ 。将上述仪器安装好，伏特表与电解水装置并联之后再与电源和安培表串联。通电电解，读取伏特表和安培表的示数，计时器记录电解的时间，称量电解水装置中“U”型管电解前后质量，其差值即为水被电解的质量。

[探究结论] 本次实验通电时间3小时，伏特表示数为9.6 V，安培表示数为0.5 A，“U”型管电解前后质量差为1.8 g。计算能量转化效率为： $\eta = \frac{1.8 \times \frac{572}{2} \times 10^3}{9.6 \times 0.5 \times 3 \times 3600} \times 100\% = 55.2\%$ 。

[探究评析] 通过设计实验和寻找计算所需要的数据，既提高了理论能力，又提高了动手实践的能力。

探究综合训练



练一练，你会了吗？

- 热化学方程式中化学式的系数表示 ()
 - 分子个数
 - 原子个数
 - 物质质量
 - 物质的量
- 化学反应中的能量变化，通常表现为热量的变化，如 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 与 NH_4Cl 的反应要吸收热量，在化学上叫做吸热反应。其原因是 ()
 - 反应物所具有的总能量高于生成物所具有的总能量
 - 反应物所具有的总能量低于生成物所具有的总能量
 - 在化学反应中需要加热的反应就是吸热反应
 - 在化学反应中需要降温的反应就是放热反应
- 下列说法不正确的是 ()
 - 任何化学反应都伴随有能量的变化
 - 化学反应中的能量变化都表现为热量的变化

- C. 反应物的总能量高于生成物的总能量时, 发生放热反应
 D. 反应物的总能量低于生成物的总能量时, 发生吸热反应
4. 1 g H_2 燃烧生成液态水放出 142.9 kJ 的热量, 则下列热化学方程式书写正确的是 ()
- A. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -142.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 B. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 C. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}; \Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = +571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

5. 3 mol 气态高能燃料乙硼烷(B_2H_6)在氧气中燃烧, 生成固态三氧化二硼和液态水, 放出 6495 kJ 热量, 试写出热化学方程式。



想一想, 如何探究?

6. 相同条件下, 下列三个反应放出的热量分别用 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 来表示, 则下列关系中正确的是 ()
- ① $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ② $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ③ $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- A. $Q_1 = Q_2 > Q_3$ B. $Q_2 > Q_1 > Q_3$
 C. $Q_1 > Q_2 > Q_3$ D. $Q_2 > Q_1 = Q_3$
7. 在同温同压下, 下列各组热化学方程式中 $Q_2 > Q_1$ 的是 ()
- A. $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H = -Q_1$ $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -Q_2$
 B. $\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}); \Delta H = -Q_1$ $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}); \Delta H = -Q_2$
 C. $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}); \Delta H = -Q_1$ $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}); \Delta H = -Q_2$
 D. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g}); \Delta H = -Q_1$ $\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{g}); \Delta H = -Q_2$
8. 已知两个热化学方程式: $2\text{KNO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{KNO}_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}); \Delta H = +58 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}); \Delta H = -94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 为了提供分解 1 mol KNO_3 所需要的能量, 理论上需要燃烧炭 ()
- A. 29/47 mol B. 29/94 kJ mol C. 58/47 mol D. 47/58 mol
9. 100 g C 不完全燃烧产生 1/3 体积的 CO 和 2/3 体积的 CO_2 , 已知热化学方程式:
 $\text{C}(\text{s}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}); \Delta H = -110.35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\text{CO}(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}); \Delta H = -282.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 与等量碳完全燃烧相比, 上述燃烧损失的热量为 ()
- A. 392.9 kJ B. 2489.44 kJ
 C. 784.72 kJ D. 327.43 kJ



试一试, 经历这些活动

10. 0.3 mol 气态高能燃料乙硼烷(分子式 B_2H_6), 在氧气中燃烧, 生成固态三氧化二硼和液态水, 放出 649.5 kJ 的热量, 则其热化学方程式为 _____。又已知 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$;

$\Delta H = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 11.2 L 标准状况下的乙硼烷完全燃烧生成气态水时放出的热量是 _____ kJ。

11. 硝化甘油($\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$)分解时产物为 N_2 、 CO_2 、 O_2 和 H_2O , 它的分解反应方程式为 _____; 已知 20 °C 时, 2.27 g 硝化甘油分解放出 15.4 kJ 的热量, 则每生成 1 mol 气体伴随放出的热量为 _____ kJ。

12. 已知甲烷和一氧化碳的混合气共 0.75 mol, 完全燃烧后, 生成二氧化碳气体和 18 g 液态水, 并放出 515 kJ 的热量, 若甲烷的燃烧热化学方程式为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 CO 气体燃烧的热化学方程式为 _____。

13. 某短跑运动员体重 70 kg, 起跑时若以 1/7 秒冲出 1 m 远, 其能量全部由消耗体内葡萄糖提供, 热化学方程式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -2804 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则所消耗葡萄糖的质量为 _____ ()

- A. 0.22 g B. 0.55 g C. 0.44 g D. 0.66 g

14. 已知各物质的标准摩尔生成焓 ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) 如下: $\text{Al}: 0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}): -824.2$; $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}): -1675.7$; $\text{Fe}(\text{s}): 0$ 。计算恒压反应 $2\text{Al}(\text{s}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{Fe}(\text{s})$ 的标准摩尔反应焓变, 并判断此反应是吸热还是放热。

15. 已知下列光合作用的 $\Delta_f H_m^\ominus = 2802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 $6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \xrightarrow{h\nu, \text{叶绿素}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g})$, $\Delta_f H_m^\ominus = 2802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。各物质的 $\Delta_f H_m^\ominus (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$ 为 $\text{CO}_2(\text{g}): -393.51$; $\text{H}_2\text{O}(\text{l}): -285.83$; $\text{O}_2(\text{g}): 0$ 。

- (1) 试计算葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)的标准摩尔生成焓。
(2) 每合成 1 千克葡萄糖需要吸收多少千焦太阳能。



读一读, 你有何收获

反应热与化学键键能的关系

在化学反应中, 从反应物分子转变为生成物分子, 各原子内部并没有多少变化, 但原子间的结合方式发生了变化。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吸引, 在形成新化学键时, 由于原子间的相互作用而放出能量。化学反应的反应热就来源于旧化学键的破坏和新化学键的形成所发生的能量变化。

化学键键能的大小可粗略计算化学反应的反应热。化学反应的反应热 $\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}$ 。

思考 已知破坏各 1 mol $\text{N} \equiv \text{N}$ 键、 $\text{H}-\text{H}$ 键和 $\text{N}-\text{H}$ 键分别需吸收的能量为 946 kJ、436 kJ、391 kJ。计算 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 完全转化为 $\text{NH}_3(\text{g})$ 的反应热的理论值。

解析 $\text{N}_2(\text{g})$ 与 $\text{H}_2(\text{g})$ 反应的化学方程式为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$, 使 1 mol 的 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键断裂吸收 946 kJ 的能量, 使 3 mol $\text{H}-\text{H}$ 键断裂共需吸收 $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 3 \text{ mol} = 1308 \text{ kJ}$ 的能量, 因此使

1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 反应物的化学键断裂共需吸收的能量为 $946 \text{ kJ} + 1308 \text{ kJ} = 2254 \text{ kJ}$ 。而 2 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 中含 6 mol N-H 键, 形成 6 mol N-H 键时放出能量为 $391 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 6 \text{ mol} = 2346 \text{ kJ}$ 。因此反应热应等于生成物分子形成时所释放的总能量 $2346 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 与反应物分子断裂时所吸收的总能量 $2254 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 之差, 即放出了 $92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的能量。



第2节 电能转化为化学能——电解

探究目标

知识与技能 掌握电解的原理, 能够准确判断电解池的阴、阳极, 正确书写电极反应式和电池反应式; 掌握惰性材料作电极时, 离子的放电顺序。

过程与方法 通过看书, 培养自学能力; 通过分组实验, 亲自实践感悟求知过程, 培养观察能力、动手实验能力, 以及分析问题、解决问题的能力; 通过一些设问及质疑, 培养思维能力, 概括总结的能力, 以及形成规律性认识的能力; 通过分析过程, 使学生领悟到科学的正确的分析问题的方法。

情感、态度与价值观 从实验现象分析得出宏观现象和微观本质的关系, 使领悟感性认识到理性认识的过程, 通过分组动手实验, 并准确记录实验现象的过程, 调动学习积极性, 提高学习兴趣, 培养求实的精神及团结合作精神。

探究指导



化学宫殿

一、电解的原理

1. 电解定义

在直流电的作用下, 电解质在两个电极上分别发生氧化反应和还原反应的过程。

说明 ①电流必须是直流而不是交流。

②电解质可为熔融态, 也可水溶液。

③在电解反应中, 电能转化为化学能。

④电解所用的装置称为电解池或电解槽。

2. 构成电解池的条件

(1) 直流电源。

(2) 两个固体电极。

(3) 熔融态电解质或电解质溶液。

3. 电解池的两极

阳极: 与电源的正极相连, 电解质中的阴离子在阳极上失去电子发生氧化反应。

阴极: 跟电源的负极相连, 电解质中的阳离子在阴极上获得电子发生还原反应。

说明 电极材料可以是金属, 也可以是导电的非金属(如: 石墨)。金、铂等金属电极和石墨电极一般条件下, 化学性质非常稳定, 称为惰性电极, 本身不放电(离子在电极表面得到或失去电子的过程也叫放电); 而银、铜及之前的活泼金属(除 K 、 Ca 、 Na) 作阳极时, 称为活性电极, 电极本身优先失去电子, 而电解质中的阴离子不放电, 而做阴极时, 由于本身无法得电子相当于惰性电极。

4. 电解质导电的实质

对电解质(熔融态或溶液)通电时,电子从电源的负极沿导线流入电解池的阴极,电解质的阳离子定向移动到阴极得电子发生还原反应;电解质的阴离子定向移动到阳极失去电子(也可能是做阳极的金属失去电子)发生氧化反应,电子从电解池的阳极流出,并沿导线流回电源的正极。这样,电流就依靠电解质(熔融态或溶液)中阴、阳离子的定向移动而通过电解质。所以电解质(熔融态或溶液)的导电过程,就是电解质(熔融态或溶液)的电解过程。如图 1-2-1 所示。

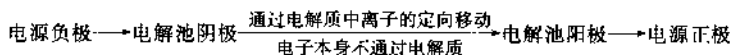
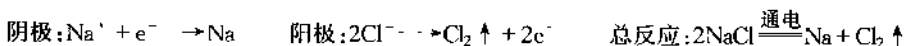


图 1-2-1 电子在电解质中的流动

5. 电极反应式和总反应式的书写

(1) 电解熔融态电解质,阳极一般为惰性电极。以电解熔融氯化钠为例:

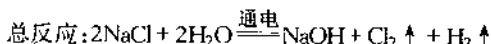


说明 书写电极反应式要注意原子守恒和电荷守恒,一个电子相当于一个负电荷。将两极反应式相加,约去电子,即得总反应式,总反应是一个不能自发进行的氧化还原反应,满足电子守恒,条件为通电。

(2) 电解电解质溶液,阳极可为惰性电极,也可为活性电极。以电解氯化钠溶液为例:

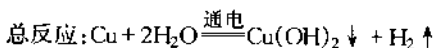
分析:氯化钠溶液中存在两种电解质 NaCl 和 H_2O ,电离方程式分别为: $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$; $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 。因此溶液中存在两种阳离子和两种阴离子。其中氧化性: $\text{H}^+ > \text{Na}^+$,还原性: $\text{Cl}^- > \text{OH}^-$ 。所以阴极 H^+ 先于 Na^+ 放电,阳极 Cl^- 先于 OH^- 放电。

① 石墨为阳极,铁为阴极。即用惰性电极电解。



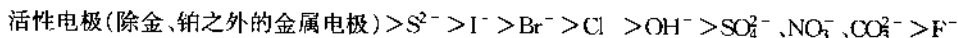
说明 只要牵涉到水的电解,电极方程式中一律写成 OH^- 或 H^+ 放电,而电解方程式中则写成 H_2O 的形式。

② 以铜为电极。阳极铜放电。

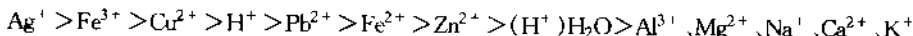


说明 正确书写电极反应式,必须掌握溶液中阴、阳离子的放电顺序。溶液中的阴、阳离子放电顺序的先后,主要决定于阴离子的还原能力和阳离子的氧化能力大小。一般有以下规律:

a. 阳极反应,物质的失电子顺序即还原性由强到弱的顺序:



b. 阴极反应,阳离子的得电子顺序:



水溶液中的阴阳离子得失电子顺序:指在相同温度和基本相同的浓度条件下比较得出的放电顺序,其中 $(\text{H}^+) \text{H}_2\text{O}$ 指的是含 $\text{Al}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{K}^+$ 的溶液中,得电子的离子是由水提供的微量的 H^+ 。

c. 离子放电顺序受离子浓度的影响。例如,当溶液中的 $c(\text{Cl}^-)$ 小于 $c(\text{OH}^-)$ 时,则 OH^- 先放电。又如,在盐溶液中金属离子浓度远大于 $c(\text{H}^+)$ 时, H^+ 放电能力相对减弱。如工业镀锌时,氯化锌的浓度较大,在阴极上析出的是锌而不是氢气,使镀锌得以实现。

【例 1】用 Pt 作电极电解 CuSO_4 溶液,写出电极反应和总反应方程式,判断 pH 变化。

思路与技巧 溶液中存在两种阳离子 H^+ 和 Cu^{2+} , Cu^{2+} 先于 H^+ 放电;两种阴离子 OH^- 和 SO_4^{2-} ,

OH^- 先于 SO_4^{2-} 放电。所以阳极: $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$; 阴极: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 。由于 OH^- 放电使水的电离平衡右移, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 不断增大, 所以 pH 减小。

答案 阳极: $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$; 阴极: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 。

电解方程式: $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Cu} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ 或 $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Cu} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ 溶液 pH 减小。

评析 书写电极反应式和总反应式是必须掌握的一项基本技能, 前提是牢记离子的放电顺序。

【思维升华】 用 Pt 作电极电解下列电解质溶液, 完成表中的内容。

电解质	电极反应	电池总反应	pH 变化
CuCl_2			
HCl			
AgNO_3			
NaCl			
H_2SO_4			
NaOH			
NaNO_3			

思路与技巧 电解 CuCl_2 溶液, Cu^{2+} 和 Cl^- 放电; 电解 HCl , H^+ 和 Cl^- 放电, HCl 浓度减小, pH 升高; 电解 AgNO_3 溶液, Ag^+ 和 OH^- 放电, H^+ 浓度增大, pH 减小; 电解 NaCl 溶液, H^+ 和 Cl^- 放电, OH^- 浓度增大, pH 升高; 电解 H_2SO_4 溶液, H^+ 和 OH^- 放电, 相当于电解水, H_2SO_4 浓度增大, pH 减小; 电解 NaOH 溶液, H^+ 和 OH^- 放电, 相当于电解水, NaOH 浓度增大, pH 增大; 电解 NaNO_3 溶液, H^+ 和 OH^- 放电, 相当于电解水, pH 不变。

答案

电解质	电极反应	电池总反应	pH 变化
CuCl_2	阴极 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 阳极 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{e}^-$	$\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$	
HCl	阴极 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{e}^-$	$2\text{HCl} \xrightarrow{\text{通电}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$	升高
AgNO_3	阴极 $2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag}$ 阳极 $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{e}^-$	$4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 4\text{Ag} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{HNO}_3$	减小
NaCl	阴极 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{e}^-$	$2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$	升高
H_2SO_4	阴极 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极 $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$	减小
NaOH	阴极 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极 $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$	升高
NaNO_3	阴极 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极 $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$	不变

评析 掌握惰性电极电解常见的几种物质的电极反应和总反应方程式以及 pH 变化。

【例 2】 以铜为电极电解稀盐酸, 写出电极反应和总反应方程式。

思路与技巧 阳极铜放电, 阴极 H^+ 放电。

答案 阴极: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \uparrow$ 阳极: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

总反应: $\text{Cu} + 2\text{HCl} \xrightarrow{\text{通电}} \text{CuCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

评析 氧化还原反应 $\text{Cu} + 2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{CuCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ 不能自发进行,但可以在电解池中进行。

【例3】 用Pt电极电解含有 0.1 mol Cu^{2+} 和 x^{3+} 的溶液,阴极析出固体物质的质量 $m(\text{g})$ 与溶液中通过电子的物质的量 $n(\text{mol})$ 关系如图 1-2-2 所示,则离子的氧化能力由大到小排列正确的是 ()

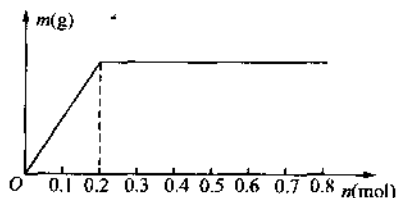


图 1-2-2

- A. $\text{Cu}^{2+} > x^{3+} > \text{H}^+$ B. $\text{H}^+ > x^{3+} > \text{Cu}^{2+}$
C. $x^{3+} > \text{H}^+ > \text{Cu}^{2+}$ D. $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+ > x^{3+}$

思路与技巧 此题如果不加仔细分析,便会立即想到 x^{3+} 是 Fe^{3+} ,即选答案 C,这显然是思维定势造成的明显错误,应先分析图中的变化,结合离子放电顺序,一开始通电,阴极就有固体析出,且通过 0.2 mol 电子后,质量不再增加,根据离子放电规律,是 Cu^{2+} 先放电,其次是 H^+ 放电, x^{3+} 在溶液中不放电。

答案 D

6. 电解规律

在明确了阴阳离子放电顺序的基础上很容易得出以下电解规律(电极为惰性电极时):

- (1) 电解无氧酸或不活泼金属无氧酸盐溶液(如电解盐酸或氯化铜溶液)时,就是电解电解质本身。
- (2) 电解活泼金属无氧酸盐溶液时(如电解食盐水),电解质本身和水均电解,阴极析出 H_2 ,阳极析出非金属单质。
- (3) 电解不活泼金属最高价含氧酸盐溶液(如电解硫酸铜溶液)时,电解质本身和水均电解,阴极析出金属,阳极析出氧气。
- (4) 电解含氧酸、活泼金属最高价含氧酸盐和强碱溶液(如 H_2SO_4 、 K_2SO_4 、 KOH)时,实质是电解水,阴极析出 H_2 ,阳极析出氧气。

7. 电解过程中溶液 pH 的变化规律

- (1) 若 H^+ 在阴极放电而 OH^- 不在阳极放电, pH 增大(如电解无氧酸或活泼金属无氧酸盐溶液)。
- (2) 若 OH^- 在阳极放电而 H^+ 不在阴极放电, pH 减小(如电解不活泼金属含氧酸盐溶液)。
- (3) 若 H^+ 、 OH^- 同时在两极放电,实质是电解水,水量减少, pH 的变化由原溶液酸碱性决定:
 - ① 中性溶液,如电解 Na_2SO_4 溶液, pH 不变。
 - ② 酸性溶液,如电解 H_2SO_4 溶液, pH 变小。
 - ③ 碱性溶液,如电解 NaOH 溶液, pH 增大。
- (4) 若 H^+ 、 OH^- 都不放电,实质是电解电解质本身,盐浓度减少, pH 的变化应具体分析。

【例4】 用惰性电极分别电解下列各物质的水溶液一段时间后,向剩余溶液中加入适量水能使溶液恢复到电解前浓度的是 ()

- A. AgNO_3 B. Na_2SO_4 C. CuCl_2 D. H_2SO_4

思路与技巧 电解一段时间后,向剩余溶液中加入适量水能使溶液恢复到电解前的浓度,说明电解过程中消耗的是水,那么在两个电极上放电的离子分别是 H^+ 和 OH^- 。所以此题实际上考查的是溶液中阴、阳离子的放电顺序问题。溶液 A 中两个电极上放电的离子分别是 Ag^+ 和 OH^- ,溶液 B 和 D 中放电的离子分别是 H^+ 和 OH^- ,溶液 C 中放电的离子分别是 Cu^{2+} 和 Cl^- ,故应选 B 和 D。

答案 BD

评析 使电解质溶液恢复到电解前的浓度,原则是“出什么,加什么”,但要注意应将出来的元素构成相应的物质加入。