

水溶液中的反应简介

JUNE 28



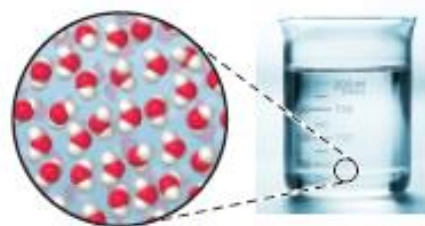
当氯化钴 (II) 和清澈无色的氢氧化钠水溶液混合时，会形成蓝色的氢氧化钴 (II) 沉淀云。这种沉淀反应是本章考虑的三种反应之一。

学习内容

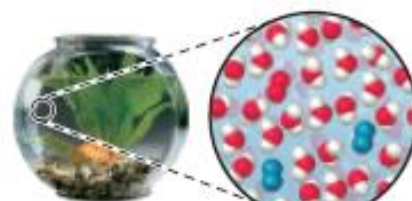
- 5.1 区分电解质和非电解质，并分别举例说明
- 5.2 使用常见离子固体的溶解度指南来确定在溶液中的给定反应中是否形成沉淀
- 5.3 识别常见的强酸和强碱，写出酸碱反应的化学方程式
- 5.4 识别反应中所有元素或离子的氧化态，判断是否发生氧化还原过程
- 5.5 用酸性和碱性溶液中的半方程法确定氧化还原反应的平衡方程
- 5.6 区分氧化剂和还原剂
- 5.7 使用滴定数据计算

5-1 水溶液的性质

- 水是水溶液中的溶剂，相比于水分子，各种溶质粒子——分子以及离子——的数量都少得多
- 离子水溶液可以导电，在水中溶解产生离子的物质称为**电解质**，不能产生离子的为**非电解质**
- **强电解质**是在水溶液中基本完全电离的物质，**弱电解质**仅部分电离
- 纯水所含的离子很少，不导电。通过测量水溶液的导电能力可检测离子的多少

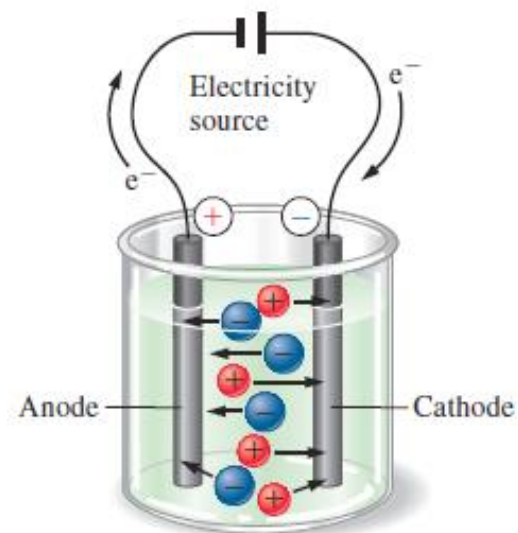


(a)

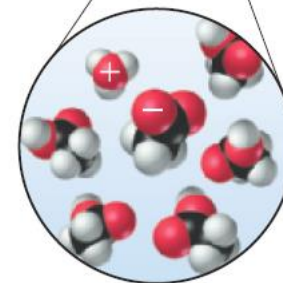
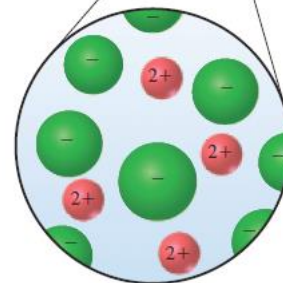
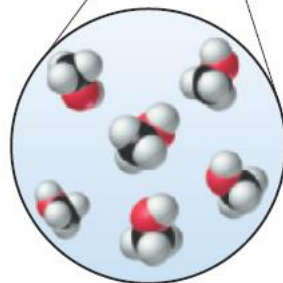


(b)

纯水以及水中溶解的氧

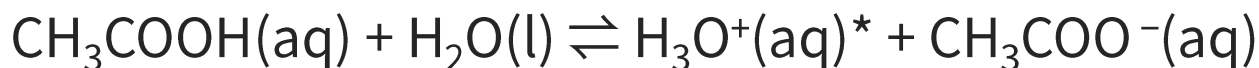
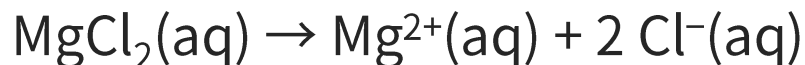


导电的溶液



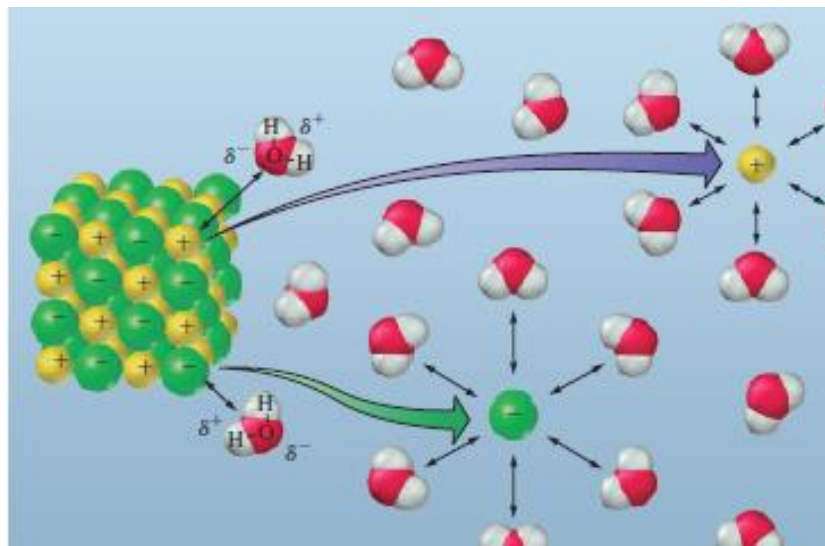
5-1 水溶液的性质

- 我们用解离或电离来描述电解质产生离子的过程。**解离**是指将一个实体分离成两个或多个实体，而**电离**是指产生一个或多个离子
- 右箭头→表示反应完全，而双箭头⇌表示反应**可逆**，(aq)表示**水合**



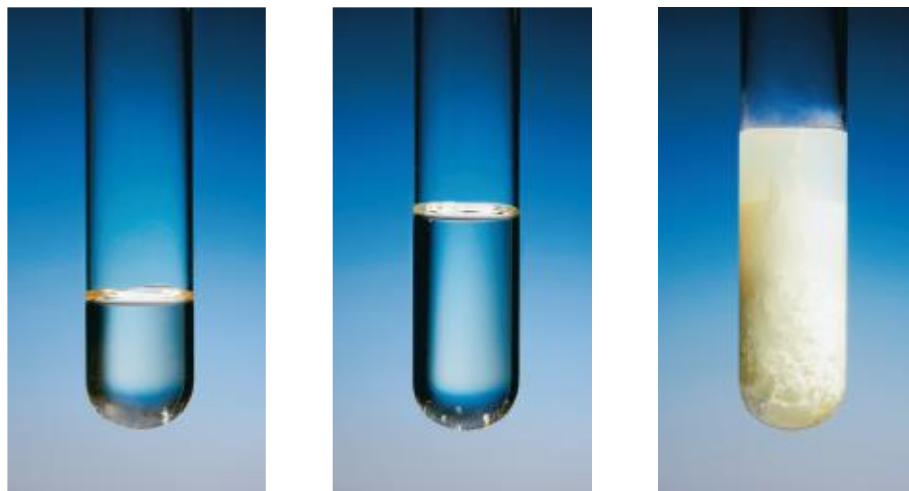
- 非电解质在水中也需要用(aq)表示
- 平衡时不存在 $\text{MgCl}_2(\text{aq})$ ，因为氯化镁完全电离
- 可以说 $[\text{MgCl}_2] = 0$ ，方括号表示**平衡时物种的浓度**

* 水合氢离子比 H_3O^{+} 更加复杂



5-2 沉淀反应

- AgCl是几乎不溶于水的， $\text{Ag}^+(\text{aq})$ 与 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 相遇生成AgCl的过程称为**沉淀反应**
- 沉淀反应可用于定性识别溶液中存在的离子
- 工业上从海水中提取镁的第一步就是将 Mg^{2+} 沉淀为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 沉淀反应的**净离子方程式**：
$$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$$
- 生成沉淀的规则如右，如果规则冲突，遵循靠前的：



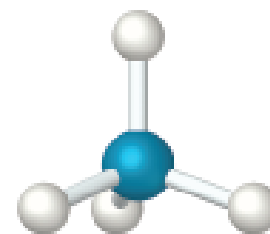
1. 第 1 组阳离子（除了 Li）和 NH_4 阳离子的盐是可溶的。
2. 硝酸盐、醋酸盐和高氯酸盐是可溶的。
3. 银盐、铅盐和汞（I）盐是不溶性的。
4. 氯化物、溴化物和碘化物是可溶的。
5. 碳酸盐、磷酸盐、硫化物、氧化物和氢氧化物是不溶性的（第 2 族阳离子的硫化物和氢氧化物是微溶的）。
6. 除钙、锶和钡的硫酸盐外，硫酸盐是可溶的。

5-3 酸碱反应

- 酸碱的定义有多种，本节主要使用阿伦尼乌斯在1884年提出的观点：
- 酸是在水溶液中提供氢离子的物质
- **强酸**是在水溶液中几乎完全电离并产生 H^+ 的物质， HCl 和 HNO_3 是强酸
- **弱酸**是产生离子倾向较弱的分子化合物，弱酸在水溶液中不完全电离
- 1923年Brønsted提出**酸是质子供体**，这一理论称为质子酸碱理论
- 阿伦尼乌斯认为碱是在水溶液中产生氢氧根的物质，而Brønsted理论认为碱是**质子受体**
- 氨与水反应产生氢氧根，我们认为**氨也是碱**，且是一种**弱碱**



酸、碱和酸碱指示剂
酸碱指示剂甲基红的红色表明柠檬汁的酸性。而肥皂让指示剂的颜色从红色变为黄色



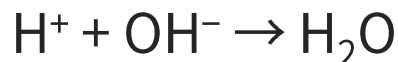
铵根的结构

5-3 酸碱反应

- 纯水中也存在少量的 H^+ 和 OH^- ，在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 下 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7}\text{ M}$



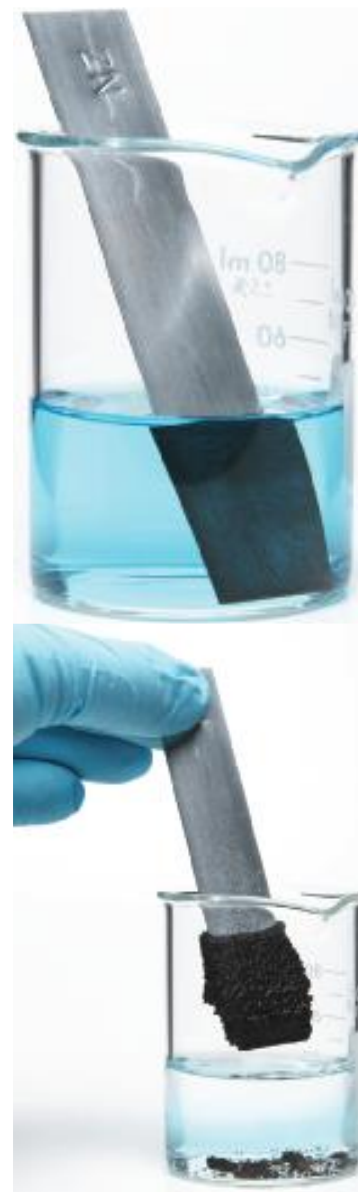
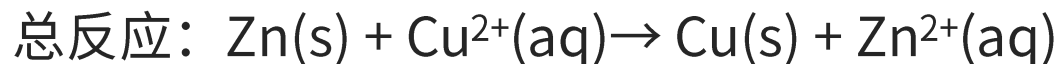
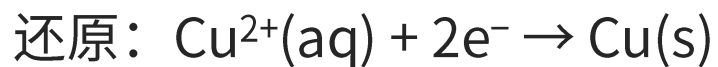
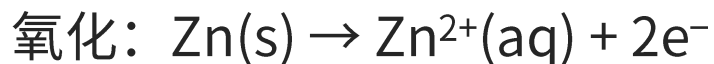
- 酸性溶液 $[\text{H}^+] > 1.0 \times 10^{-7}\text{ M}$ ，碱性溶液 $[\text{OH}^-] > 1.0 \times 10^{-7}\text{ M}$ ，或者说酸性溶液 $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ ，碱性溶液 $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$
- 在**中和反应**中，酸和碱反应生成盐，强酸强碱反应的离子方程式为：



- 而弱酸与强碱的反应或强酸与弱碱的反应，离子方程式与上面不同
- 有机化合物中 $-\text{COOH}$ 是可以电离出 H^+ 的，但 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 不可产生 OH^-
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 不溶于水，但其也是碱，能与酸反应
- CaCO_3 虽然并不电离得到氢氧根，依据阿伦尼乌斯的定义，其不是碱。但其可以与氢离子反应。我们会在16章重新学习酸和碱

5-4 氧化还原反应：一些一般原理

- 氧化还原反应的实际应用可以追溯到几千年前人类第一次制造金属工具： $2\text{Cu}_2\text{O} + \text{C} \rightarrow 4\text{Cu} + \text{CO}_2$
- 在反应中，碳的氧化态从0增加到+4，而铜的氧化数从+1减少到0
- 氧化和还原必定同时发生，我们把这类反应称为**氧化还原反应**，或**氧化还原反应**
- 氧化还原反应可以看成两个**半反应**：**氧化和还原**，**总反应**是其总和

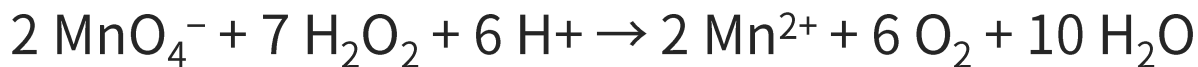
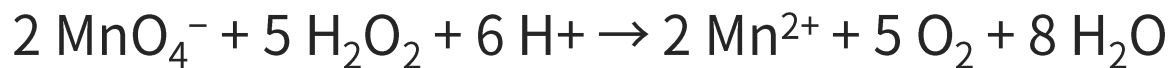
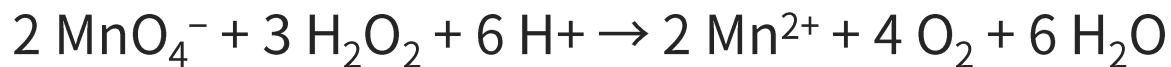
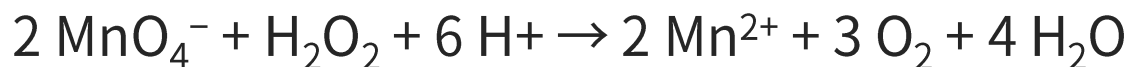


5-4 氧化还原反应：一些一般原理

- 氧化还原（氧化还原）反应是反应物氧化态(O.S.)发生变化的反应
- **氧化**是这样的过程：其中某些元素O.S. 增加。O.S.的增加是由于失去电子而发生的，电子出现在氧化半反应的右侧
- **还原**是这样的过程：其中某些元素O.S. 减少。O.S. 的减少是由于得到电子而发生的，电子出现在还原半反应的左侧
- 氧化和还原半反应必须始终同时发生，与氧化相关的总电子数必须等于与还原相关的总电子数
- 半反应以及电子转移是我们为了方便理解而提出的，并不代表一定正确。例如该反应： $\text{NO}_2^- + \text{HClO} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
- 为何Fe与HCl产生氢气而Cu不产生？因为Fe更容易被氧化而Cu更难。我们会在第19章进一步学习氧化或还原难易程度的标准。金属与酸反应的活动顺序：K Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

5-5 配平氧化还原方程

- 化学反应中，原子既不产生也不消失，而是重新排列。对于氧化还原反应方程式的配平，需要额外考虑电子得失
- 高锰酸根在酸性溶液中氧化过氧化氢可以写出无限个配平的方程式：



- 只有一个反应是正确的，所以我们需要按照一定的步骤来确定方程式



5-5 配平氧化还原方程

- 配平氧化还原方程的方法的基本步骤如下：
 - 写出并配平氧化和还原的半反应方程式。
 - 调整两个半反应方程式中的系数，使每个方程式出现相同数量的电子
 - 将两个半方程（抵消电子）加在一起得到配平了的总反应方程式
- **酸性和碱性条件下的方程式不一样，酸性时方程式不能出现OH⁻，碱性时不能出现H⁺**
- 同一种物质既被氧化又被还原的氧化还原反应称为**歧化反应**
- 例题

酸性溶液中 UO^{2+} 被 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 氧化为 UO_2^{2+} ，并得到 Cr^{3+}

碱性条件下 MnO_4^- 将 CN^- 氧化为 OCN^- ，并得到 MnO_2

白磷(P_4)和硫酸铜溶液反应，生成 Cu_3P 、 H_3PO_4 、 H_2SO_4

5-6 氧化剂和还原剂

- 在氧化还原反应中，能使某些其他物质被氧化的物质称为**氧化剂**，氧化剂获得电子，氧化数降低，本身被还原
- 使某些其他物质被还原的物质称为**还原剂**。在反应中，还原剂失去电子，氧化数增加，本身被氧化
- 通常元素处高氧化态时为氧化剂，而处低氧化态时为还原剂
- 例如四氧化二氮中N的氧化数为+4，而肼的氧化数为-2。这两个物质混合放出大量能量，可用于火箭推进
- 生活中常用的氧化剂有高锰酸钾、次氯酸钠，而还原剂有硫代硫酸钠
- 酸性条件下 KMnO_4 还原成 Mn^{2+} ，碱性下为 MnO_2



NaOCl的漂白作用
将红布浸入NaOCl
溶液中会变白，
NaOCl将红色颜料
氧化成无色产物

5-7 水溶液中反应的化学计量：滴定

- 一种溶液在烧杯或烧瓶中，另一种溶液装在**滴定管**中，称**滴定剂**。滴定带有刻度，可以精确获知滴定剂的体积。将滴定剂缓慢加入另一种溶液中
- 两种反应物完全反应时停止滴定，此时称为滴定的**等当点**
- 在等当点时，两种反应物以化学计量的比例结合；两者都被消耗了，而且都没有过量
- 极少量的指示剂加入溶液中，在非常接近等当点的时候产生颜色变化，指示**滴定终点**
- 已知浓度的溶液称**标准溶液**，通过两种溶液的体积可以计算出待测溶液的浓度



利用高锰酸钾
滴定亚铁离子

第五章习题

- 例题：

0.1568 g的纯铁丝溶解在硫酸中，用高锰酸钾溶液滴定，消耗26.24 mL。高锰酸钾的浓度是多少？

0.2482 g的草酸钠溶解在硫酸中，用高锰酸钾溶液滴定，消耗23.68 mL。高锰酸钾的浓度是多少？

- 习题：见下发的材料