

广州市中学课本

# 化 学

高中二年级



HUAXUE

G 634.1  
7-2

201 .....  
201 .....  
211 .....  
211 .....

# 目 录

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| <b>第一章 电解质溶液</b>  | <b>1</b>  |
| 第一节 弱电解质和强电解质     | 1         |
| 第二节 溶液的pH值 缓冲溶液   | 8         |
| 第三节 酸碱中和与盐类水解     | 14        |
| 第四节 电解            | 21        |
| 第五节 电镀            | 28        |
| 第六节 化学电源          | 33        |
| <b>第二章 镁 铝</b>    | <b>40</b> |
| 第一节 镁             | 40        |
| 第二节 硬水及其软化        | 44        |
| 第三节 铝             | 49        |
| 第四节 铝的化合物 铝的冶炼    | 54        |
| 第五节 金属通性          | 59        |
| <b>第三章 铁 钢铁工业</b> | <b>65</b> |
| 第一节 铁和铁的化合物       | 65        |
| 第二节 炼铁            | 70        |
| 第三节 炼钢            | 75        |
| 第四节 金属的腐蚀和防护      | 80        |
| <b>第四章 过渡元素</b>   | <b>84</b> |
| 第一节 过渡元素的特性       | 84        |
| 第二节 络合物           | 87        |
| 第三节 铜和锌           | 93        |

|                  |                     |            |
|------------------|---------------------|------------|
| 第四节              | 钛 .....             | 100        |
| 第五节              | 铬和锰 .....           | 102        |
| 第六节              | 镧系元素和锕系元素 .....     | 108        |
| <b>第五章 烃</b>     | <b>石油</b> .....     | <b>112</b> |
| 第一节              | 甲烷 .....            | 113        |
| 第二节              | 烷属烃 同分异构现象 .....    | 120        |
| 第三节              | 有机物分子量和分子式的求法 ..... | 128        |
| 第四节              | 乙烯 .....            | 133        |
| 第五节              | 烯属烃 .....           | 140        |
| 第六节              | 乙炔 .....            | 143        |
| 第七节              | 炔属烃 .....           | 150        |
| 第八节              | 环烷烃 .....           | 153        |
| 第九节              | 苯 .....             | 156        |
| 第十节              | 苯的同系物 .....         | 161        |
| 第十一节             | 石油 .....            | 167        |
| 第十二节             | 煤 .....             | 176        |
| <b>第六章 烃的衍生物</b> | <b>烃的卤代物</b> .....  | <b>181</b> |
| 第一节              | 炔的卤代物 .....         | 182        |
| 第二节              | 乙醇 .....            | 185        |
| 第三节              | 醇类 .....            | 190        |
| 第四节              | 苯酚 .....            | 195        |
| 第五节              | 乙醛 醛类 .....         | 201        |
| 第六节              | 乙酸 .....            | 207        |
| 第七节              | 羧酸 .....            | 211        |
| 第八节              | 酯 油脂 .....          | 215        |
| 第九节              | 硝基化合物 .....         | 221        |
| 第十节              | 胺 .....             | 224        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第七章 糖类 蛋白质</b> .....           | 228 |
| 第一节 单糖 .....                      | 228 |
| 第二节 二糖 .....                      | 233 |
| 第三节 淀粉 .....                      | 234 |
| 第四节 纤维素 .....                     | 237 |
| 第五节 蛋白质 .....                     | 241 |
| 阅读教材 核酸 .....                     | 247 |
| 阅读教材 酶 .....                      | 249 |
| <b>第八章 合成有机高分子化合物</b> .....       | 251 |
| 第一节 有机高分子化合物的结构和合成原理 .....        | 251 |
| 第二节 合成树脂 .....                    | 255 |
| 第三节 合成纤维 .....                    | 264 |
| 第四节 橡胶 .....                      | 269 |
| <b>第九章 土壤 农药</b> .....            | 274 |
| 第一节 土壤胶体 .....                    | 274 |
| 第二节 土壤的酸碱性 .....                  | 278 |
| 第三节 土壤中的氧化—还原反应和养分元素的<br>转化 ..... | 281 |
| 第四节 农药 .....                      | 286 |
| <b>学生实验</b> .....                 | 293 |
| 实验一 缓冲溶液 .....                    | 293 |
| 实验二 硬水的软化 .....                   | 294 |
| 实验三 亚铁离子、铁离子的性质 .....             | 295 |
| 实验四 络合物的性质 .....                  | 296 |
| 实验五 铬和锰的化合物的性质 .....              | 298 |
| 实验六 甲烷的制取和性质 .....                | 299 |
| 实验七 乙烯、乙炔的制取和性质 .....             | 300 |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 实验八  | 苯和甲苯的性质 .....       | 302 |
| 实验九  | 乙醇和苯酚的性质 .....      | 302 |
| 实验十  | 乙醛的性质 .....         | 304 |
| 实验十一 | 葡萄糖、蔗糖、淀粉和纤维素的性质 .. | 304 |
| 实验十二 | 蛋白质的实验 .....        | 306 |
| 实验十三 | 酚醛树脂的制取 .....       | 307 |
| 实验十四 | 土壤中有机质的检验 .....     | 308 |
| 实验十五 | 土壤中氮、磷、钾的测定 .....   | 309 |

# 附表：元素周期表

|    |     |     |     |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |     |     |      |      |     |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1H | 2He | 3Li | 4Be | 5B | 6C | 7N | 8O | 9F | 10Ne | 11Na | 12Mg | 13Al | 14Si | 15P | 16S | 17Cl | 18Ar | 19K | 20Ca | 21Sc | 22Ti | 23V | 24Cr | 25Mn | 26Fe | 27Co | 28Ni | 29Cu | 30Zn | 31Ga | 32Ge | 33As | 34Se | 35Br | 36Kr | 37Rb | 38Sr | 39Y | 40Zr | 41Nb | 42Mo | 43Tc | 44Ru | 45Rh | 46Pd | 47Ag | 48Cd | 49In | 50Sn | 51Sb | 52Te | 53I | 54Xe | 55Cs | 56Ba | 57La | 58Ce | 59Pr | 60Nd | 61Pm | 62Sm | 63Eu | 64Gd | 65Tb | 66Dy | 67Ho | 68Er | 69Tm | 70Yb | 71Lu | 72Hf | 73Ta | 74W | 75Re | 76Os | 77Ir | 78Pt | 79Au | 80Hg | 81Tl | 82Pb | 83Bi | 84Po | 85At | 86Rn | 87Fr | 88Ra | 89Ac | 90Th | 91Pa | 92U | 93Np | 94Pu | 95Am | 96Cm | 97Bk | 98Cf | 99Es | 100Fm | 101Md | 102No | 103Lr | 104Rf | 105Db | 106Sg | 107Bh | 108Hs | 109Mt | 110Ds | 111Rg | 112Cn | 113Nh | 114Fl | 115Mc | 116Lv | 117Ts | 118Og |
|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

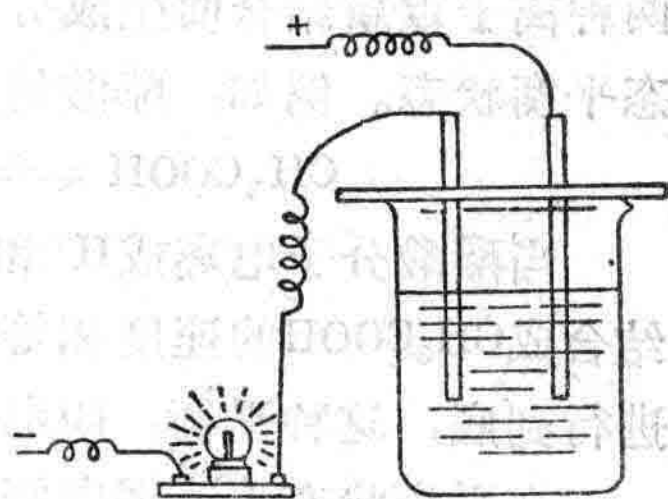
# 第一章 电解质溶液

## 第一节 弱电解质和强电解质

我们已经知道，碱、酸、盐的水溶液都能导电，它们都是电解质。但是，浓度相同的不同酸、碱、盐的导电能力是否一样呢？我们可以做下面的实验来检验。

**【实验 1—1】** 按图 1—1 所示的试验液体的导电性装置。比较同体积的 0.1M 的盐酸和醋酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 溶液的导电性。

从实验可看出，当电极插入盐酸溶液时，电灯泡较亮，表明溶液通过的电流强度大；当电极插入醋酸溶液时，电灯泡较暗，表明通过溶液的电流强度较小。



恩格斯指出：“离开离子，就谈不上电解质的传导性”。

图 1—1 试验溶液导电性装置

电解质溶液所以能够导电，是因为溶液中有自由移动的离子存在。显然，溶液导电性的强弱，一定与溶液里能自由移动的离子数目的多少有关，如上实验可知，0.1M 的盐酸，必然比同浓度的醋酸含有较多的离子。就是说，盐酸的电离能力比较强，醋酸的电离能力比较弱。

各种电解质在水中电离产生离子的多少，主要决定于电解质本身的结构和性质。在同样条件下(如同温度、浓度)，不同的电解质在水中的电离程度是不同的，具有离子键和强极性键的化合物(如  $\text{NaCl}$ 、 $\text{HCl}$ )，在水分子作用下，能几乎完全电离，导电能力较强。我们把电离能力强的电解质叫做强电解质。那些具有弱极性键的化合物(如  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )，在水中仅部分电离，导电性较弱，我们把电离能力弱的电解质叫弱电解质。

### 一、电离度

弱电解质在水溶液中只有部分电离成离子，在分子电离成离子的同时，由于离子的运动，互相作用，又有部分重新组合成分子，也就是说，电离的过程是可逆的，电离到一定程度时，电解质电离成阳离子和阴离子的速度，跟生成的这两种离子重新结合而生成分子的速度相等，也就是说，呈动态平衡状态。例如，醋酸的电离：



当醋酸分子电离成  $\text{H}^+$  和  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的速度与  $\text{H}^+$  和  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  结合成  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的速度相等时，就达到动态平衡，电离不能进行到底，这种平衡，叫电离平衡。

在平衡状态下，弱电解质的电离能力的大小，可用电离度来表示。

弱电解质在水溶液中达到电离平衡以后，已经电离的溶质分子数跟溶质分子总数之比，叫做电离度。电离度通常用百分数来表示。

$$\text{电离度} = \frac{\text{已电离的溶质分子数}}{\text{溶质分子的总数}} \times 100\%$$

例如，0.1M 醋酸的电离度是1.3%。也就是说这种溶液

中，每1000个醋酸分子里有13个分子电离成 $\text{H}^+$ 和 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 离子。

电离度跟电解质的分子结构有关。通常弱电解质的分子里具有较难离解的极性键。这种电解质的极性键的极性越弱，就越难电离，电离度就越小；反之，电离度就较大。

电离度的大小跟电解质溶液的浓度有关。溶液的浓度减小，电解质分子电离的趋向增大，而离子重新组合成分子的趋向减小，因而电解质的电离度增大。例如，醋酸溶液在0.1M时，它的电离度是1.3%；在0.01M时，电离度是4.19%，在0.001M时，电离度是12.4%。由此可见，把溶液加水稀释，能促进电离，在无限稀释时，弱电解质几乎也可全部电离。

## 二、强电解质的电离

为什么中性的分子在水溶液中能电离？目前已有充分的实验证明，大多数盐类的晶体（如 $\text{KCl}$ 、 $\text{NaCl}$ ）都是由带有不同电荷的离子组成，借静电作用有规则地分布而成离子晶体，这些强电解质在溶解时，并不是以中性分子的形态进入水中，而是在它表面上排列着的离子（如 $\text{K}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ ），受到水分子的作用，相互吸引，脱离了晶体表面而“溶解”下来，晶体表面上的离子首先与水分子结合成离子的水合物，称为“水合离子”。

属于共价的极性分子的物质（主要是酸），也会进行离解，当极性分子溶入水中时，它的两端吸引着水的分子，由于水分子的作用，分子的极性结构逐渐转化为离子型结构，最后亦变成水合离子。例如， $\text{HCl}$ 分子受水分子的作用，氢原子与氯原子间的共价键发生了变化，原来共用的一对电子，完全偏向于氯原子，而失去电子的氢原子和一个水分子牢固地结合成 $\text{H}_3\text{O}^+$ 离子，称为“水合氢离子”。

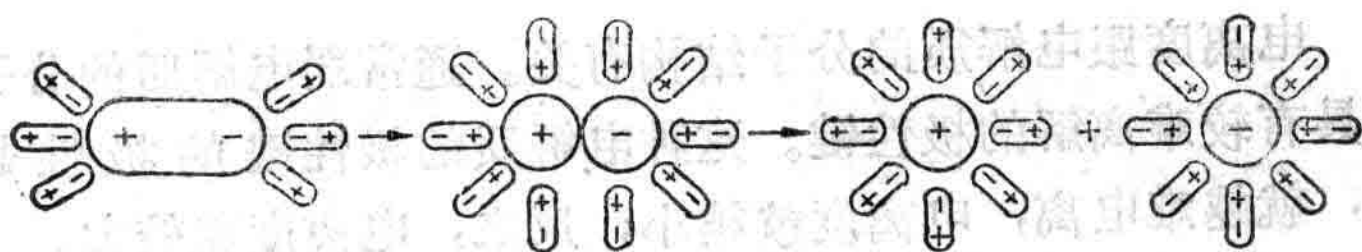
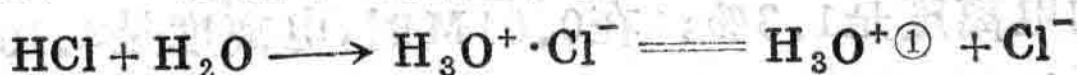


图 1—2 氯化氢分子在溶液中的离解

所以，HCl的整个电离过程实际是：



在稀溶液中，几乎完全电离，所以它是一种强酸。

如上述的具有离子键的化合物如 KCl、NaCl，或具有强极性键的化合物如 HCl，是强电解质。通常所说的强酸、强碱和一般的盐类都属于强电解质。在水溶液里，它们能完全电离成离子。离子化合物的晶体里，本身就是由带相反电荷的离子所构成。所以，在水溶液里不存在分子。强极性键构成的强电解质分子，在水分子的作用下，能完全电离，即使在较浓的溶液里也是这样，溶液里也不存在分子。所以，强电解质在水溶液中都完全电离。但实验测得，强电解质的电离度并不是 100% 的，为什么会有这样的现象呢？毛泽东同志指出：“我们看事情必须要看它的实质”。强电解质溶液之所以有这样的表象，是电解质本质的反映。我们知道，离子是带电荷的运动的粒子，每一离子的运动，都和它周围的离子互相联系着和互相影响着。在强电解质的溶液中，由于离子的浓度较大，不同电荷的离子之间，由于静电的相互作

①所有酸溶液中的  $\text{H}^+$ ，实际上都是水合氢离子 ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )，但为了简便起见，通常是以  $\text{H}^+$  离子表示。

用，在一个离子的周围，分布着较多的相反电荷的离子，使离子之间互相牵制，不能完全自由运动，这样的制约作用，必然会反映到有关的实验结果上。当然，溶液较稀时，单位体积里的离子数目较少。但是，离子之间的相互影响还是存在着。因此，由实验测得的强电解质的电离度都小于100%。这种由实验测得的电离度，并不代表强电解质的溶液中分子电离的百分数，仅能反映溶液中离子间相互作用的强弱程度，因此，称为表观电离度。

现在，把几种常见的强电解质的表观电离度列表如下：

18°C时 0.1N 溶液中强电解质的表观电离度

| 强 电 解 质 | 分 子 式                           | 表观电离度(%) |
|---------|---------------------------------|----------|
| 盐 酸     | HCl                             | 92       |
| 硝 酸     | HNO <sub>3</sub>                | 92       |
| 硫 酸     | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 58       |
| 氢氧化钠    | NaOH                            | 84       |
| 氢氧化钡    | Ba(OH) <sub>2</sub>             | 92       |
| 氯化钾     | KCl                             | 86       |
| 氯化铵     | NH <sub>4</sub> Cl              | 85       |
| 硫酸钠     | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 69       |

### 三、弱电解质的电离平衡

#### 1. 电离常数

醋酸是一种弱酸，它在水中的电离是可逆的。

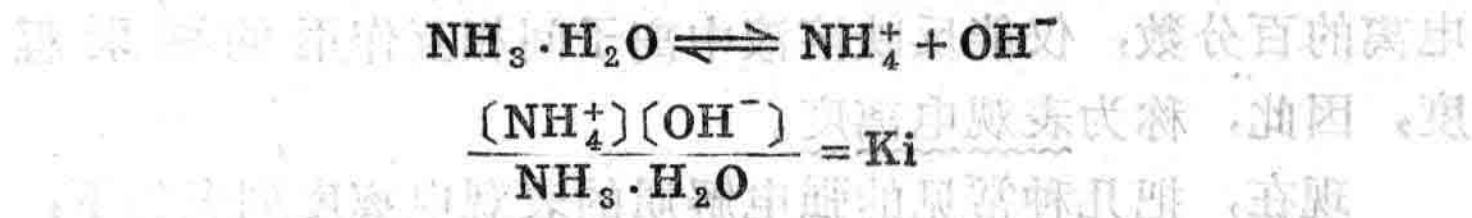


在一定的温度下，这个可逆过程很快就达到动态平衡。这时，溶液中CH<sub>3</sub>COOH分子的浓度和H<sup>+</sup>、CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>离子的浓度之间的关系，可用下式表示：

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_i$$

式中〔 〕表示分子或离子的浓度。 $K_i$ 是电离平衡常数，简称电离常数。

弱碱的电离情况也是这样。例如，氨水是一种弱碱。它的电离过程是：



温度改变对平衡常数有影响，而浓度的改变不会引起平衡常数的改变。电离常数与一般平衡常数一样，在一定温度下，它是一个与浓度无关的数值。

一些常见的弱电解质的电离常数见下表。

| 弱电解质 | 分子式                     | 电 离 常 数                         | 弱电解质 | 分 子 式                                  | 电 离 常 数                         |
|------|-------------------------|---------------------------------|------|----------------------------------------|---------------------------------|
| 亚硫酸  | $\text{H}_2\text{SO}_3$ | $(K_1)$<br>$1.3 \times 10^{-2}$ | 碳 酸  | $\text{H}_2\text{CO}_3$                | $(K_1)$<br>$4.3 \times 10^{-7}$ |
| 磷 酸  | $\text{H}_3\text{PO}_4$ | $(K_1)$<br>$7.5 \times 10^{-3}$ | 醋 酸  | $\text{CH}_3\text{COOH}$               | $1.8 \times 10^{-5}$            |
| 氢硫酸  | $\text{H}_2\text{S}$    | $(K_1)$<br>$1.1 \times 10^{-7}$ | 硼 酸  | $\text{H}_3\text{BO}_3$                | $(K_1) 6 \times 10^{-10}$       |
| 氢氰酸  | $\text{HCN}$            | $7.2 \times 10^{-10}$           | 氨 水  | $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | $1.8 \times 10^{-5}$            |

从上表可看出，不同大小的电离常数反映了弱电解质的相对强弱。对于同类型的酸（或碱）只要比较 $K_i$ 值的大小，就可以知道它们相对强弱的程度。例如：

$\text{CH}_3\text{COOH}$  的  $K_i = 1.8 \times 10^{-5}$

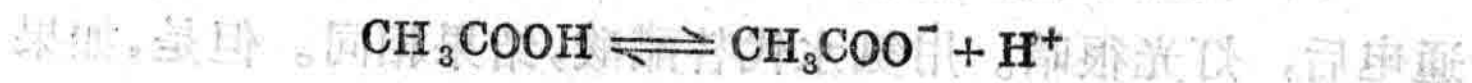
$\text{HCN}$  的  $K_i = 7.2 \times 10^{-10}$

HCN 和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  都是弱酸，但 HCN 是比  $\text{CH}_3\text{COOH}$  更弱的酸，因此，电离常数和电离度都能表示弱电解质的相对强弱。

## 2. 同离子效应

从上面我们可以知道，在弱电解质的溶液中，存在着未电离的弱电解质分子和由电离所生成的离子之间的平衡。但是，和其他化学平衡一样，电离平衡也是有条件的、相对的、暂时的；如果条件改变，电离平衡就发生移动，电离度也发生变化。

例如，醋酸溶液中的电离平衡是：



如在溶液中加入醋酸钠 ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 溶液，也就是在醋酸溶液中引入了  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  离子，这时，平衡就会向生成  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子的方向移动，结果是使醋酸的电离度降低了。

如果在氨水中加入了氯化铵溶液，也同样会发生类似的情况，即由于  $\text{NH}_4^+$  的加入使平衡向生成  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的方向移动，使氨水电离度降低。

这种由于在弱电解质溶液中，加入与弱电解质具有相同离子的强电解质，因而迫使弱电解质电离度降低的现象，叫做同离子效应。

同离子效应在化工生产和化学分析中常常碰到，同离子效应可以稳定溶液中的  $\text{H}^+$  或  $\text{OH}^-$  的浓度，也可以按生产需要稳定某种离子的浓度，控制盐类的水解等。

## 习 题 一

1. 什么叫强电解质和弱电解质？从物质结构的观点，试举例分析它们之间有什么不同？

2. 强电解质与弱电解质的电离过程有什么不同？试举例说明。

3. 什么叫电离度？什么叫电离常数？影响电离度和电离常数有哪些主要因素？

4. 下面两种溶液里，哪一种溶液氢离子含量多些？① 1升 0.1 摩尔浓度的醋酸溶液（电离度是 1.3%）；② 1升 0.01 摩尔浓度的醋酸溶液（电离度是 4.17%）？

5. 写出下列物质电离方程式：

① 硫酸钠 ② 硝酸 ③ 氢硫酸 ④ 氨水 ⑤ 硫酸铝

6. 在用来检验溶液导电性的容器里，注入醋酸溶液，通电后，灯光很暗。用氨水代替醋酸，结果相同。但是，如果把醋酸溶液和氨水混和，再来试验，灯光就亮得多，为什么？

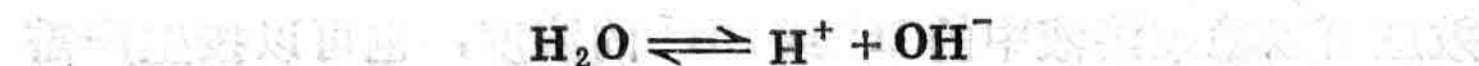
7. 什么叫同离子效应？在氨水中加入下列物质时将有什么作用？

(1) HCl (2)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (3) NaOH

## 第二节 溶液的pH值 缓冲溶液

### 一、水的电离

水是一种非常弱的电解质。水电离时生成氢离子和氢氧根离子：



在纯净的水里，氢离子和氢氧根离子都很少，只有用非常灵敏的仪器才能测出水有微弱的导电能力。

水的电离平衡可用下式表示：

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

在纯水中  $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  的数量相等。根据实验测得，一升纯水中  $\text{H}^+$  与  $\text{OH}^-$  的浓度各等于  $10^{-7}$  摩尔/升。这就是说，一升水中，仅有  $10^{-7}$  摩尔的水电离。所以，电离前后，水的摩尔浓度几乎不变。

根据在  $25^\circ\text{C}$  时，一升水质量是 996.8 克，已电离的水量忽略不计，可计算得纯水的摩尔浓度是：

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{996.8 \text{ 克}}{18 \text{ 克}} = 55.4 (\text{M})$$

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{10^{-7} \times 10^{-7}}{55.4} = 1.8 \times 10^{-16}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K[\text{H}_2\text{O}] = 1.8 \times 10^{-16} \times 55.4 = 10^{-14} = K_w$$

$K_w$  叫做水的离子积常数。

$$\text{在 } 25^\circ\text{C} \text{ 时, } [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

在水溶液中， $\text{H}^+$  的浓度和  $\text{OH}^-$  的浓度可以大小悬殊，但它们的乘积必定保持  $1 \times 10^{-14}$  这个数值不变，因此，知道了  $\text{H}^+$  的浓度也就可以计算出  $\text{OH}^-$  的浓度，知道了  $\text{OH}^-$  的浓度就可以算出  $\text{H}^+$  的浓度。

例如，在纯水中加入一定量的盐酸，使其浓度为 0.01 M，因为盐酸是强酸，在水中可以认为是完全电离。 $\text{H}^+$  的浓度可认为是 0.01 摩尔/升。

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.01} = 1 \times 10^{-12} (\text{摩尔/升})$$

因此，任何物质的水溶液中，不管是中性，酸性还是碱性，都同时含有  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$ ，而且溶液中始终保持着  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$  的关系。

## 二、溶液的酸碱性和 pH 值

溶液的酸碱性，主要由取得支配地位的矛盾主要方面决定的。当  $H^+$  成为矛盾的主要方面时，溶液呈酸性，当  $OH^-$  成为矛盾的主要方面时，溶液呈碱性，当  $OH^-$  与  $H^+$  的浓度相等时，溶液呈中性。

$[H^+] > 1 \times 10^{-7}$  摩尔/升， $[H^+] > [OH^-]$  时，溶液显酸性。

$[H^+] < 1 \times 10^{-7}$  摩尔/升， $[H^+] < [OH^-]$  时，溶液显碱性。

$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$  摩尔/升时，溶液显中性。

但实际上，我们经常碰到的  $H^+$  浓度是很小的溶液，如  $H^+$  的浓度是  $10^{-2}M$ 、 $10^{-5}M$  等等，用这样的数值。在使用时很不方便。因此，常采用氢离子浓度的负对数表示溶液的酸碱度，称为溶液的 pH 值。

$$pH = -\lg[H^+]$$

例如：纯水的  $[H^+] = 10^{-7}$  摩尔/升，它的 pH 值是：

$$pH = -\lg 10^{-7} = -(-7) = 7$$

0.1M  $CH_3COOH$  溶液的  $[H^+] = 1.34 \times 10^{-3}$  摩尔/升，它的 pH 值是：

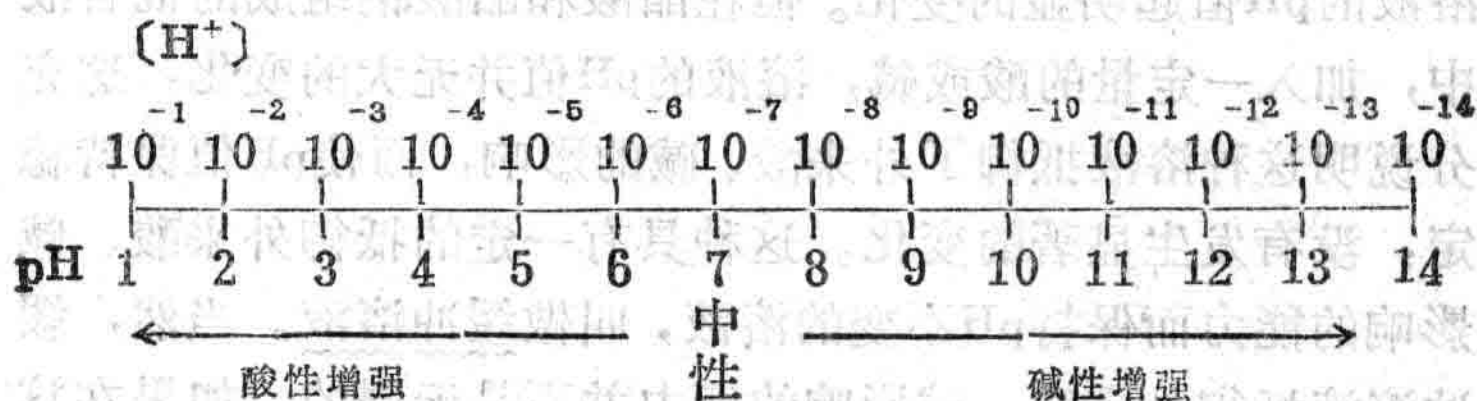
$$\begin{aligned} pH &= -\lg(1.34 \times 10^{-3}) = -\lg 1.34 - \lg 10^{-3} \\ &= -0.13 + 3 = 2.87 \end{aligned}$$

0.1M 氨水溶液的  $[OH^-] = 1.34 \times 10^{-3}$  摩尔/升，它的  $[H^+]$  是：

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1.34 \times 10^{-3}} = 7.46 \times 10^{-12} \text{ 摩尔/升}$$

$$\begin{aligned} pH \text{ 值是: } pH &= -\lg(7.46 \times 10^{-12}) = -\lg 7.46 - (-12) \\ &= -0.87 + 12 = 11.13 \end{aligned}$$

pH值与 $[H^+]$ 和溶液的酸碱性有如下关系:



从上图可看出, pH 值常用范围是 1~14。

pH = 7 是中性溶液; pH > 7 是碱性溶液; pH < 7 是酸性溶液。

pH 值越小, 酸性越强; pH 值越大, 碱性越强。

用 pH 表示溶液中的 $[H^+]$ , 既表示了溶液的酸度, 又表示碱度, 简明又方便。

pH 值的测定和控制, 在生产和科研中很重要。测定 pH 值的方法很多, 一般是用指示剂、pH 试纸或 pH 计来测定。pH 试纸是由多种指示剂混合液浸制成的, 它沾到不同 pH 值的溶液时, 便会显示出不同的颜色, 将它与标准色板比较, 就可以知道溶液的 pH 值, 这种 pH 试纸使用简便, 在实验室中和生产中都广泛使用。

### 三、缓冲溶液

**【实验 1—2】** 在三支试管中, 分别盛入 10 毫升蒸馏水, 在一试管中, 加入 0.1N 盐酸 1 滴, 在另一试管中加入 0.1N 氢氧化钠溶液 1 滴, 用 pH 试纸, 分别测出三试管中溶液的 pH 值。

另取两支试管, 盛入 5 毫升 1N 的醋酸和 5 毫升 1N 的醋酸钠的混合溶液。然后分别加入 0.1N 的盐酸和 0.1N 的氢氧化钠溶液各 1 滴, 以 pH 试纸测出这两支试管中溶液的 pH 值。

实验结果说明，在纯水中加入盐酸或氢氧化钠溶液后，溶液的pH值起明显的变化。但在醋酸和醋酸钠组成的混合液中，加入一定量的酸或碱，溶液的pH值并无大的变化，这充分说明这种溶液抵御了外来酸、碱的影响，而使pH值保持稳定，没有发生显著的变化。这种具有一定的抵御外来酸、碱影响的能力而保持pH不变的溶液，叫做缓冲溶液。当然，缓冲溶液抵御外来酸、碱影响的能力并不是无限的。如果在这种溶液中加入大量的酸或碱，溶液的pH值也会变化。

弱酸和它的盐(如 $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ )，弱碱和它的盐(如 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_4\text{Cl}$ )以及二个具有不同酸度的酸式盐(如 $\text{NaH}_2\text{PO}_4-\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )的水溶液，都具有缓冲酸碱的能力，都可用来配制缓冲溶液。

缓冲溶液为什么能抵御外来酸碱的影响呢？下面我们以 $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ 组成的溶液来说明。

$\text{CH}_3\text{COOH}$ 是弱电解质，存在下列的电离平衡；



$\text{CH}_3\text{COONa}$ 是强电解质，能电离成 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 和 $\text{Na}^+$ 两种离子。由于同离子效应的结果，抑制了 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 的电离。这时， $\text{CH}_3\text{COOH}$ 和 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 的离子浓度较大，而 $\text{H}^+$ 的浓度相对地较小。

当在这种溶液中加入少量强酸时，大量的 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 与 $\text{H}^+$ 结合成 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 分子。这时平衡向左移动，使溶液中的 $\text{H}^+$ 浓度不会明显增大。

如果加入强碱，那么 $\text{OH}^-$ 会与 $\text{H}^+$ 结合成 $\text{H}_2\text{O}$ ，使 $\text{H}^+$ 的浓度降低，这时平衡向右移动，溶液中大量的 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 分子电离生成 $\text{H}^+$ ，而使 $\text{H}^+$ 浓度保持稳定。因此，pH值改变不大，这就是缓冲溶液具有缓冲能力的原因。