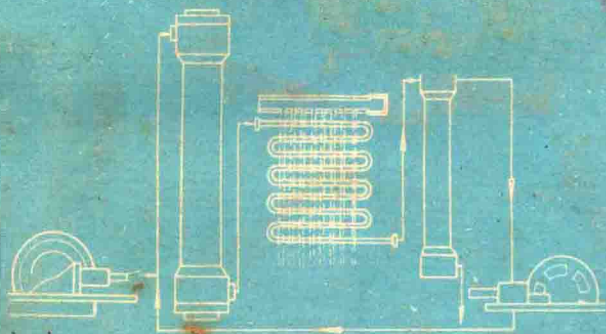
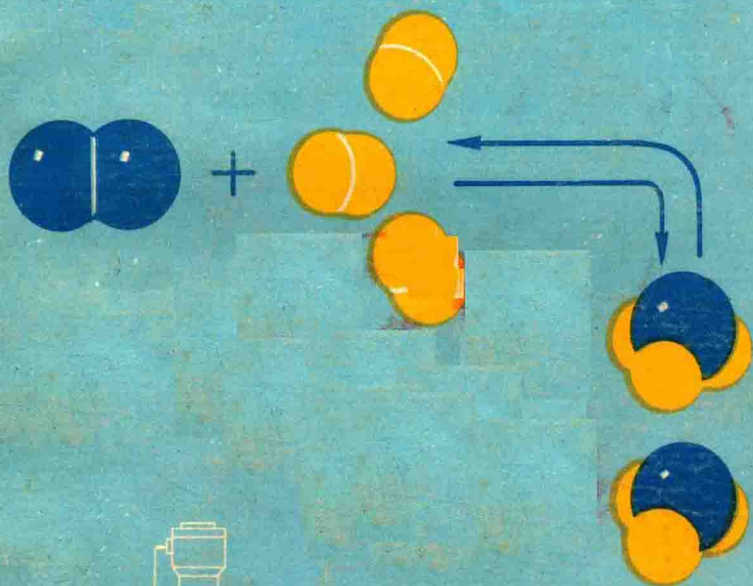


六年制重点中学  
高中课本·第二册

# 化学

HUAXUE



本书是根据教育部颁发的《全日制六年制重点中学教学计划试行草案》编写的，供六年制重点中学高中二年级使用，每周授课3课时。

本书是在中小学通用教材化学编写组编的《全日制十年制学校高中课本(试用本)化学》的部分内容的基础上，吸收了几年来各地在试用中的一些教学经验和意见编写修改而成的。

参加本书编写修改工作的有程名荣、张颂培、李文鼎等。北京师范大学化学系的何少华也参加了编写修改工作。责任编辑是程名荣，审定者是武永兴、梁英豪。

希望广大教师和研究中学化学教学的同志提出批评和修改意见。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 化学键和分子结构 .....      | 1  |
| 第一节 离子键 .....           | 1  |
| 第二节 共价键 .....           | 6  |
| 第三节 非极性分子和极性分子 .....    | 15 |
| 第四节 分子间作用力 .....        | 20 |
| 第五节 氢键 .....            | 22 |
| 内容提要 .....              | 26 |
| 第二章 氮族 .....            | 29 |
| 第一节 氮族元素 .....          | 29 |
| 第二节 氮气 .....            | 32 |
| 第三节 氨 铵盐 .....          | 35 |
| 第四节 硝酸的工业制法 .....       | 43 |
| 第五节 硝酸 硝酸盐 .....        | 45 |
| 第六节 氧化-还原反应方程式的配平 ..... | 49 |
| 第七节 磷 磷酸 磷酸盐 .....      | 52 |
| 内容提要 .....              | 56 |
| 第三章 化学反应速度和化学平衡 .....   | 60 |
| 第一节 化学反应速度 .....        | 60 |
| 第二节 化学平衡 .....          | 70 |
| 第三节 影响化学平衡的条件 .....     | 81 |
| 第四节 合成氨工业 .....         | 86 |
| 内容提要 .....              | 93 |
| 第四章 硅 胶体 .....          | 98 |
| 第一节 碳族元素 .....          | 98 |

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 第二节  | 硅及其重要的化合物 .....      | 100 |
| 第三节  | 硅酸盐工业简述 .....        | 107 |
| 第四节  | 胶体 .....             | 110 |
| 内容提要 | .....                | 118 |
| 第五章  | 电解质溶液 .....          | 122 |
| 第一节  | 强电解质和弱电解质 .....      | 122 |
| 第二节  | 电离度和电离常数 .....       | 126 |
| 第三节  | 水的电离和溶液的 pH 值 .....  | 132 |
| 第四节  | 盐类的水解 .....          | 137 |
| 第五节  | 酸碱的当量浓度 .....        | 143 |
| 第六节  | 酸和碱的中和反应 .....       | 151 |
| 第七节  | 原电池 金属的腐蚀和防护 .....   | 154 |
| 第八节  | 电解和电镀 .....          | 161 |
| 内容提要 | .....                | 169 |
| 第六章  | 镁 铝 .....            | 176 |
| 第一节  | 金属键 .....            | 176 |
| 第二节  | 镁和铝的性质 .....         | 179 |
| 第三节  | 镁和铝的重要化合物 铝的冶炼 ..... | 186 |
| 第四节  | 硬水及其软化 .....         | 193 |
| 内容提要 | .....                | 198 |
| 学生实验 | .....                | 206 |
| 实验一  | 氨的制备和性质 铵离子的检验 ..... | 206 |
| 实验二  | 硝酸和硝酸盐的性质 .....      | 208 |
| 实验三  | 化学反应速度 化学平衡 .....    | 210 |
| 实验四  | 实验习题 .....           | 212 |
| 实验五  | 胶体的性质 .....          | 213 |
| 实验六  | 电解质溶液 .....          | 214 |
| 实验七  | 中和滴定 .....           | 216 |
| 实验八  | 中和热的测定 .....         | 218 |

|     |                       |     |
|-----|-----------------------|-----|
| 001 | 实验九 原电池 金属的电化腐蚀.....  | 220 |
| 101 | 实验十 电解 电镀.....        | 222 |
| 011 | 实验十一 铝和氢氧化铝的化学性质..... | 223 |
| 021 | 实验十二 分子量的测定.....      | 225 |
| 031 | 实验十三 实验习题.....        | 227 |
|     | 附表 元素周期表.....         |     |

# 第一章 化学键和分子结构

我们已经学习了原子结构以及原子结构与元素性质递变关系的初步知识,从本章起,我们将学习有关原子怎样互相结合,以及分子结构与物质性质的关系等初步知识。

## 第一节 离子键

### 一、什么是化学键

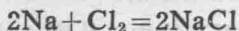
人们已经发现和合成了几百万种物质。为什么仅仅一百零几种元素的原子能够形成这么多种形形色色的物质呢?原子是怎样互相结合的?为什么两个氢原子能自动结合成氢分子,而两个氦原子不能结合在一起?为什么原子间按一定数目比互相结合?原子结合成分子后,性质为什么与原来的差别很大?为了弄清以上的许多问题,首先,就要在原子结构知识基础上,进一步研究原子在形成分子时的相互作用。

原子既然可以结合成分子,原子之间必然存在着相互作用,这种相互作用不仅存在于直接相邻的原子之间,而且也存在于分子内的非直接相邻的原子之间。前一种相互作用比较强烈,是使原子相互作用而联结成分子的主要因素,破坏它要消耗比较大的能量。这种相邻的两个或多个原子之间强烈的相互作用,通常叫做化学键。

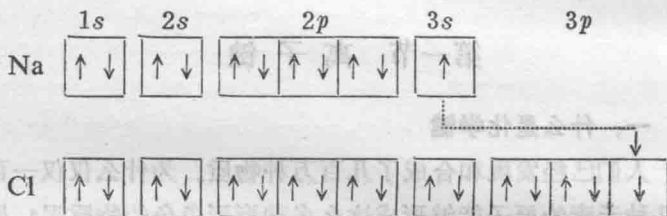
化学键的主要类型有离子键、共价键、金属键等，在这一章里，我们先学习离子键和共价键。

## 二、离子键

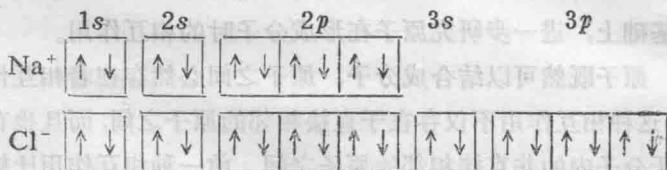
我们已经知道，金属钠跟氯气能发生反应，生成氯化钠：



因为钠原子的电离能很小，容易失去电子，而氯原子很容易结合电子。当钠跟氯气起反应时，钠原子的 3s 电子转移到氯原子的 3p 轨道上：



钠原子失去 1 个 3s 电子，形成类似氖原子的稳定电子层结构，带上一个单位正电荷，成为钠离子( $\text{Na}^+$ )；氯原子得到 1 个电子，形成类似氩原子的稳定电子层结构，带上一个单位负电荷，成为氯离子( $\text{Cl}^-$ )。



钠离子和氯离子之间除了静电相互吸引作用外，还有电子与电子、原子核与原子核之间的相互排斥作用。当两种离子接近到某一定距离时，吸引和排斥作用达到了平衡，于是





子的半径比相应的原子半径小, 例如:

|                     | Li   | Na   | K    | Rb   | Cs   |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| 原子半径( $10^{-10}$ 米) | 1.52 | 1.86 | 2.27 | 2.48 | 2.65 |
| 离子半径( $10^{-10}$ 米) | 0.68 | 0.97 | 1.33 | 1.47 | 1.67 |

由于阴离子的外层电子数比相应的原子增多, 而核电荷没有变化, 所以, 阴离子的半径比相应的原子半径大。例如:

|                     | F    | Cl   | Br   | I    |
|---------------------|------|------|------|------|
| 原子半径( $10^{-10}$ 米) | 0.71 | 0.99 | 1.14 | 1.33 |
| 离子半径( $10^{-10}$ 米) | 1.33 | 1.81 | 1.96 | 2.20 |

对于电子层结构相同的离子, 如  $F^-$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Al^{3+}$  (它们的电子层结构与氖原子相同), 随着核电荷的逐渐增加, 离子半径逐渐减小。下面列出这几种离子的半径( $10^{-10}$  米)。

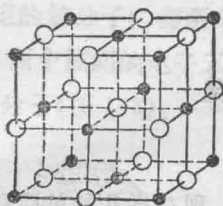
| $F^-$ | $Na^+$ | $Mg^{2+}$ | $Al^{3+}$ |
|-------|--------|-----------|-----------|
| 1.33  | 0.97   | 0.65      | 0.50      |

#### 四、离子晶体

以离子键结合的化合物就是离子化合物。离子化合物在室温下是以晶体形式存在。离子间通过离子键结合而成的晶体叫做离子晶体。

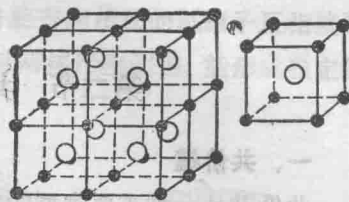
在离子晶体中, 阴、阳离子按一定规律在空间排列。图 1-1 所示是  $NaCl$  的晶体结构, 图 1-2 所示是  $CsCl$  的晶体结构。

在  $NaCl$  晶体中, 每个  $Na^+$  离子同时吸引着 6 个  $Cl^-$  离子, 每个  $Cl^-$  离子也同时吸引着 6 个  $Na^+$  离子。在  $CsCl$  晶体中, 每个  $Cs^+$  离子同时吸引着 8 个  $Cl^-$  离子, 每个  $Cl^-$  离子



●Na<sup>+</sup> ○Cl<sup>-</sup>

图 1-1 NaCl 的晶体结构



●Cs<sup>+</sup> ○Cl<sup>-</sup>

图 1-2 CsCl 的晶体结构

也同时吸引着 8 个 Cs<sup>+</sup> 离子。因此，在 NaCl 或 CsCl 晶体中都不存在着单个的 NaCl 分子或单个的 CsCl 分子。但是，在这两种晶体里，阴、阳离子数目的比都是 1:1。所以，严格地说，NaCl 和 CsCl 都是表示离子晶体中离子的个数比，它们都是用元素符号表示物质组成的化学式，而不是表示分子组成的分子式。

在离子化合物中，离子间存在着较强的离子键，因此，离子化合物一般说来，硬度较高，密度较大，难于压缩，难于挥发，有较高的熔点和沸点。

## 习 题

1. 用轨道表示式画出 Mg 和 F 原子的电子层和亚层的结构，并用电子式来表示 MgF<sub>2</sub> 离子键的形成过程。
2. 用轨道表示式画出 Na 和 S 原子的电子层和亚层的结构，并用电子式来表示 Na<sub>2</sub>S 离子键的形成过程。
3. 用轨道表示式画出 Ba<sup>2+</sup>、Ag<sup>+</sup>、Al<sup>3+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup> 的离子的电子层和亚层的结构。
4. 为什么说离子晶体中不存在单个的分子？

## 第二节 共价键

### 一、共价键

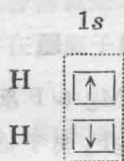
共价键是一种重要类型的化学键。现在举几种单质和化合物为例来说明共价键的形成和性质。

首先,我们来学习氢原子是怎样结合成氢分子的。在通常状况下,当一个氢原子和另一个氢原子接近时,就相互作用而生成氢分子。



在形成氢分子过程中,电子不是从一个氢原子转移到另一个氢原子,而是在两个氢原子间共用。这两个共用的电子,填充了两个氢原子的  $1s$  轨道,在两个原子核周围运动。这样,每个氢原子的  $1s$  轨道是充满的,每个氢原子具有氦原子的稳定结构。

氢分子中的共用电子对可用下式表示:



氢分子的电子式为:  $\text{H} \times \text{H}$ 。

在化学上常用一根短线表示一对共用电子,因此,氢分子又可表示为:  $\text{H}-\text{H}$ 。

从氢分子的电子云分布来看,当两个电子自旋方向相同的氢原子互相接近时,两个核间的电子云是稀疏的,不能形成

稳定的氢分子；当两个电子自旋方向相反的氢原子互相接近时，两个核间的电子云密集，对两核产生引力，能形成稳定的  $H_2$  分子(图 1-3)。

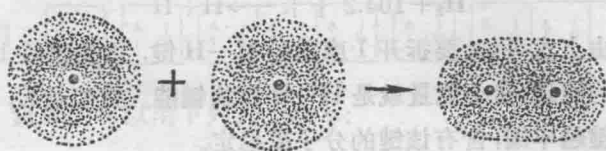


图 1-3 氢分子的形成

氢分子的形成过程也可以用电子云的重叠来说明，两个原子的电子云部分重叠以后，两核间的电子云密集，形成稳定分子。电子云重叠愈多，分子愈稳定。

象氢分子那样，原子间通过共用电子对(电子云重叠)所形成的化学键，叫做共价键。

在分子中，两个成键的原子的核间的平均距离叫做键长。例如， $H-H$  键长  $0.74 \times 10^{-10}$  米(图 1-4)， $C-C$  键长  $1.54 \times 10^{-10}$  米， $Cl-Cl$  键长  $1.98 \times 10^{-10}$  米。一般说来，两个原子之间所形成的键越短的，键就越强，越牢固。

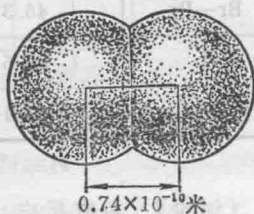
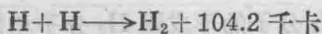


图 1-4  $H-H$  键的键长

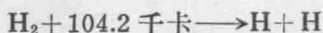
在  $H$  原子形成  $H_2$  的过程中，要放出热量：



由上式可知，1 摩尔  $H$  原子和 1 摩尔  $H$  原子作用，生成 1 摩尔  $H_2$  分子，放出 104.2 千卡热。上式也可说明  $H_2$  分子比

H 原子的能量降低,  $H_2$  分子比 H 原子稳定。

如果要使 1 摩尔的  $H_2$  分子分裂为 2 摩尔 H 原子, 同样也需要吸收 104.2 千卡的热:



由上式可知, 要拆开 1 摩尔的 H—H 键, 需要吸收 104.2 千卡的能量, 这个能量就是 H—H 键的键能。键能越大, 表示化学键越牢固, 含有该键的分子越稳定。

表 1-1 列出了某些共价键的键能的数值。

表 1-1 某些共价键的键能(千卡/摩尔)

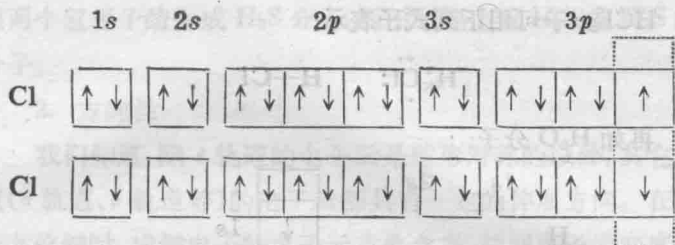
| 键     | 键 能   | 键    | 键 能   |
|-------|-------|------|-------|
| H—H   | 104.2 | C—H  | 98.8  |
| Cl—Cl | 58.0  | O—H  | 110.6 |
| Br—Br | 46.3  | N—H  | 93.4  |
| I—I   | 36.5  | H—Cl | 103.2 |
| C—C   | 83.1  | H—I  | 71.4  |

〔讨论〕 现有反应

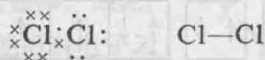


试讨论反应物(H—H、Cl—Cl)和生成物(H—Cl)的键能与这个反应的反应热的关系。

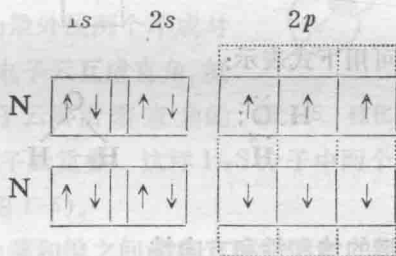
双原子的  $Cl_2$  分子的形成跟  $H_2$  分子相似。两个氯原子共用一对电子, 这一对电子互相充填未充满的  $3p$  轨道, 这样, 每个氯原子具有氩原子的电子层结构。



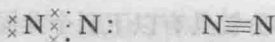
氯分子可以用下列式子表示:



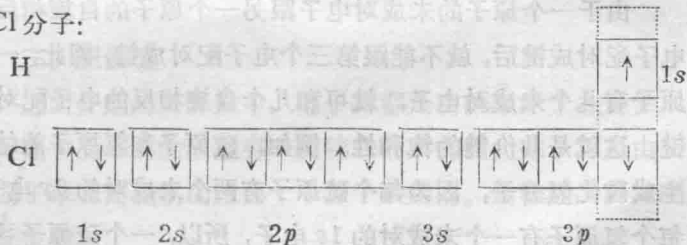
氮分子的形成跟氯分子相似,只是有三对  $p$  电子共用,形成三键。



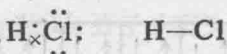
氮分子可以用下列式子表示:



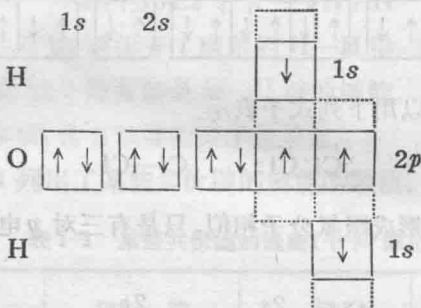
现在举两个不同原子以共价键结合成分子的例子,如 HCl 分子:



HCl 分子可用下列式子表示:



再如 H<sub>2</sub>O 分子:



H<sub>2</sub>O 分子可用下式表示:



## 二、共价键的饱和性和方向性

根据上面学过的几种单质和化合物中共价键的形成的知识, 我们可以看出共价键具有以下两个共同的性质。

### 1. 饱和性

由于一个原子的未成对电子跟另一个原子的自旋相反的电子配对成键后, 就不能跟第三个电子配对成键, 因此, 一个原子有几个未成对电子, 就可和几个自旋相反的电子配对成键。这就是共价键的饱和性。例如, 硫原子和氢原子能结合生成硫化氢分子, 因为每个硫原子有两个未成对的 3p 电子, 每个氢原子有一个未成对的 1s 电子, 所以, 一个硫原子可以

跟两个氢原子结合成  $\text{H}_2\text{S}$  分子, 而不可能生成  $\text{H}_3\text{S}$  或  $\text{H}_4\text{S}$  的分子。

## 2. 方向性

我们知道, 除  $s$  轨道的电子云是球形对称的以外, 其它轨道( $p$  轨道、 $d$  轨道等)的电子云都具有一定的伸展方向。在形成共价键时, 成键电子的电子云重叠愈多, 核间电子云密度愈大, 形成的共价键愈稳固。因此,

共价键的形成尽可能沿着电子云密度最大的方向。例如, 在硫原子跟氢原子结合生成  $\text{H}_2\text{S}$  分子时, 因为硫原子的最外层两个不成对的  $3p$  电子的电子云互成直角, 氢原子的  $1s$  电子云要沿着直角的方向跟  $3p$  电子云重叠, 这样  $\text{H}_2\text{S}$  分子中两个共价键的夹角应接近  $90^\circ$  (图 1-5)。

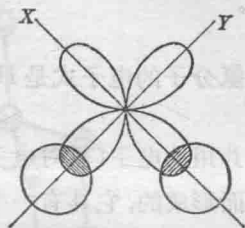


图 1-5 硫化氢分子的成键

在分子中键和键之间的夹角叫做键角。例如, 水分子中两个  $\text{O}-\text{H}$  键间的夹角是  $104.5^\circ$ , 二氧化碳分子中两个  $\text{C}=\text{O}$  键成直线, 夹角是  $180^\circ$ , 氨分子中两个  $\text{N}-\text{H}$  键间的夹角是  $107^\circ 18'$ , 甲烷分子中两个  $\text{C}-\text{H}$  键间的夹角是  $109^\circ 28'$ 。

## 三、配位键

上面介绍的共价键中, 电子对都是由两个原子各提供未成对电子而形成的。还有一类特殊的共价键, 电子对是由一个原子单方面提供而跟另一个原子共用的。这样的共价键叫做配位键。



现在以铵离子( $\text{NH}_4^+$ )为例来说明配位键的形成。我们已经知道,氨跟酸起反应生成铵盐,例如:



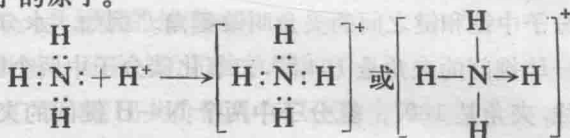
这个反应可用离子方程式来表示:



上式表示氨跟能产生氢离子的物质(酸)相作用,生成铵离子。

氨分子的电子式是  $\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}:$ , 氮原子上有一对没有跟其它

原子共用的电子(孤对电子)。氢离子( $\text{H}^+$ )是氢原子失去  $1s$  电子而形成的,它具有一个  $1s$  空轨道。当氨分子跟氢离子相作用时,氨分子上的孤对电子进入氢离子的空轨道,这一对电子在氮、氢原子间共用,形成了配位键。配位键可以用  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  来表示,其中  $\text{A}$  是提供孤对电子的原子,  $\text{B}$  是具有空轨道接受电子的原子。



在铵离子中,虽然有一个  $\text{N}-\text{H}$  键跟其他三个  $\text{N}-\text{H}$  键的形成过程不同,但是它们的键长、键能、键角都是一样的,四个键表现的化学性质也完全相同。所以,铵离子通常就用下式表示:

