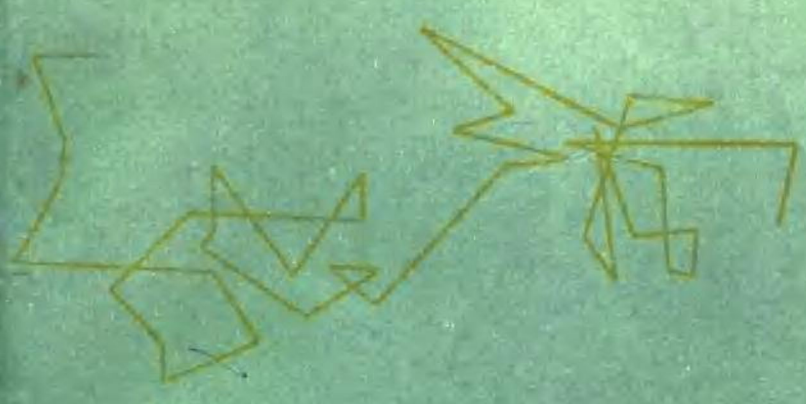
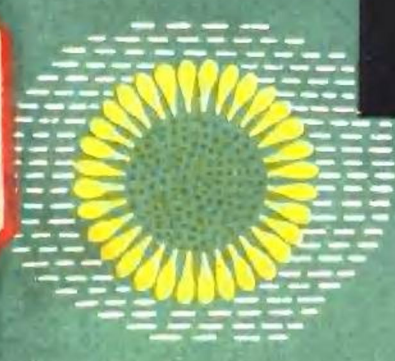




中学生基础知识读物

溶液



中学生基础知识读物

溶 液

周西顺

侯 杰

娄全龄

李靖华

河南人民出版社

责任编辑：王春林 1

溶 液

周西顺 侯 杰

姜全龄 李靖华

河南人民出版社出版

河南省商丘市印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米32开本 9.75印张 189千字

1980年11月第1版 1980年11月第1次印刷

印数 1—18,000册

统一书号7105·125 定价0.82元

前 言

《溶 液》是中学生基础知识读物的一种。全书共分四章。第一章着重介绍了水的存在、性质和水与人类生活及生产的密切关系，并对工业废水的处理作了简要介绍。第二章重点讨论了溶解度、溶液浓度及浓度间的有关计算。鉴于学生对这些问题的计算常感困难，本章列举了较多的例题和习题。本章也适当介绍了难挥发性非电解质稀溶液的依数性质。第三章较全面地介绍了电解质溶液的有关性质，对电离学说、电离平衡、缓冲溶液、酸碱理论等重要内容作了稍高于中学水平的讨论。第四章对胶体溶液的制备、结构、性质、破坏以及应用作了介绍。为便于自学，本书在正文中还辅以例题和实验，力图对有关知识，作出较全面的介绍。由于编者水平所限，不足之处恳切希望读者批评指正。

本书在编写中承蒙新乡师范学院化学系卢锦梭副主任热情支持，并提出不少宝贵意见，特表衷心谢意。

编 者

1980年3月

目 录

第一章 水	(1)
第一节 水的存在	(1)
第二节 水的组成	(3)
第三节 水的结构	(7)
第四节 水的物理性质	(17)
第五节 水的化学性质	(22)
第六节 水的净化和硬水软化	(28)
第七节 重水	(35)
习题	(37)
第二章 溶 液	(40)
第一节 概述	(40)
第二节 溶解度	(46)
第三节 溶液的浓度	(70)
第四节 基本化学计算中的“因数—单位”法和摩尔法	(101)
第五节 稀溶液的通性	(112)
习题	(136)
第三章 电解质溶液	(141)
第一节 酸、碱、盐溶液的特殊性	(141)
第二节 阿仑尼乌斯电离理论	(146)

第三节	电离度和电离平衡	(151)
第四节	强电解质在溶液中的状况	(158)
第五节	酸、碱、盐	(161)
第六节	弱电解质的电离平衡	(172)
第七节	水的离子积和溶液的pH值	(187)
第八节	缓冲溶液	(197)
第九节	中和反应与盐类的水解	(205)
第十节	物质的沉淀和溶解	(220)
第十一节	酸碱理论发展概况	(233)
习题		(245)
第四章	胶体溶液	(248)
第一节	分散系 胶体的概念	(248)
第二节	胶体溶液的制备	(253)
第三节	胶体溶液的主要性质	(256)
第四节	胶团的结构	(284)
第五节	胶体溶液的稳定性	(288)
第六节	胶体的破坏 凝聚作用	(290)
第七节	土壤胶体	(292)
习题		(296)
附录 1	在各温度下水蒸气压力表	(299)
附录 2	常见物质的溶解度表	(300)
附录 3	计算题答案	(301)

第一章 水

第一节 水的存在

水是我们所熟悉的最丰富最重要的化合物。在地球的演化史上，没有哪种物质所起的作用能与水相提并论。名山大川、平原沙洲、浩瀚的海洋、极地的冰峰，处处都留下了水的足迹。得天独厚的地球，生机勃勃，繁衍着千万种有生命的机体，直到有智慧的人类，这和大量水的存在是分不开的。从现代化的工农业生产，到人类的日常生活，均不可一日无水，连人体本身也含水70%以上。地球如果丧失了自己宝贵的水分，也会变得象月球那样荒漠、死寂，孤独地在太空遨游。

幸运的是，地球上水的贮藏量异常巨大。拿来地球仪一看就会发现，占地球表面71%的是江河湖海和辽阔的大洋，而陆地和岛屿只占地球总面积的29%。全球各海洋的平均深度为3800米，如果海洋的水平均地分配在地球上，则全球将会洋溢着2700米深的大水。地下水的贮藏量仅次于海洋，居第二位，几乎覆盖着全部陆地的地层都是蕴藏着水的。土壤中含的水量几乎占土壤的五分之一。水还贮藏在地下岩层的罅隙和裂缝中，还能与许多矿物质生成结晶水合物，深埋在地层之下。有时水也能渗入地壳下的深处，受到高温地层和岩

浆的加热，变为热水和蒸汽，喷出地面成为温泉。

此外，河流湖泊、极地冰峰和低层大气（10~15公里）中也贮藏着许多水分。

由此可见，水以各种形态存在于地上10~15公里和地下50公里之间，这个范围有时称为地球的水圈。有人作过估计，如果把地球上的全部水量聚在一起成为一颗大水滴，则其直径约有1500公里。无怪乎地球有“水的行星”之称了！

在地球上，水是能兼有物质三态——固态、液态、气态的少数物质之一。常温下水是极易流动的液体，但是它易于由一种形态变为另一种形态：汽化、冷凝、熔解、凝固，因此，水是川流不息的旅行者。由于阳光的照射，水面和陆地上的水分无时不在蒸发汽化，散布到广阔的天空中去。每一年升入空中的水蒸汽约相当于400,000立方公里的水。蒸汽在高空遇冷，达到饱和，又会以雨雪的形式降落到地面。降水的一部分汇入江河，流回大海，一部分又被汽化升空，其

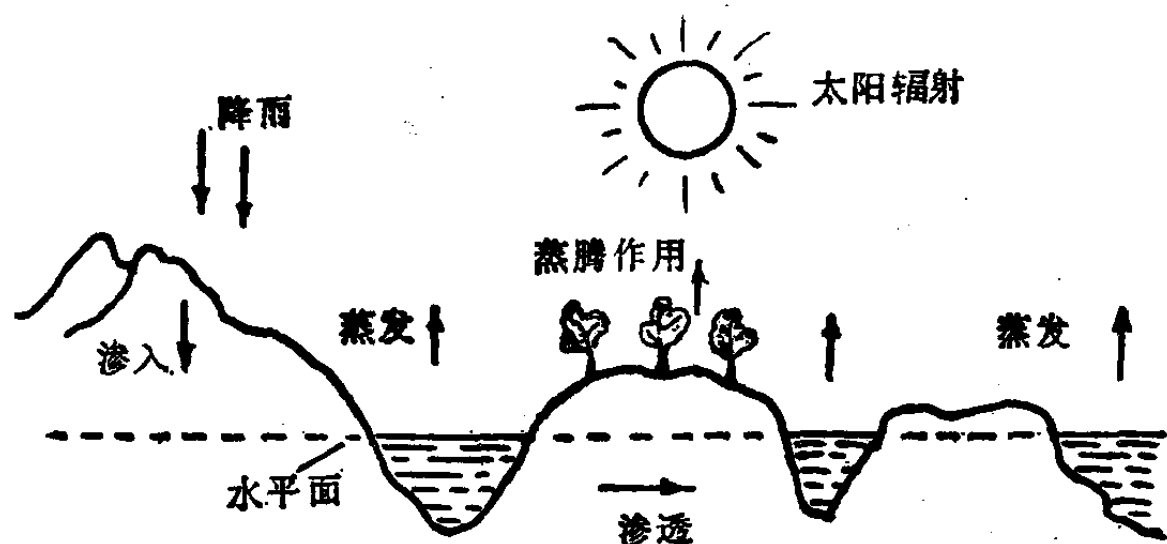


图 1-1 水循环图

余则渗入地层参加了地下水的行列。见图1-1。

第二节 水的组成

古代的人们把水看作一种元素。二千三百多年前的伟大哲学家亚里士多德 (Aristotle) 就曾把水列为宇宙的数种“基本元素”之一。因为在当时的人看来，水凝结而成冰，冰又能熔化为水；水煮沸可成汽，而蒸汽受冷又可凝为水滴。水在一切过程中好象始终不变的物质，因此，人们把它当成了不可分解的简单物质。

十八世纪末叶的重大发现，才证明了水是复杂的物质。1781年，卡文迪希 (Henry Cavendish) 发现，氢在空气中燃烧可以生成水。1873年拉瓦西 (Lavoisier) 证明，水是由氢和氧两种元素组成的化合物。数年以后，首次用电解法把水分解成了它的组成元素。在水中，氧和氢的重量比为8:1.008；按体积计，氢和氧的比例为2:1。水的分子式为 H_2O ，精确的分子量为18.016。为了研究水的组成，科学家们曾付出过艰巨的劳动。

一、水的体积组成

早在1781年，卡文迪希就进行了水的体积组成的测定。他发现，生成水时，氢和氧的体积比为201:100。1805年，盖·吕萨克 (Gay-lussac) 和胡姆包尔特 (Humboldt) 得到的比值为199.89:100。1887—1893年，斯科特 (Alexander Scott) 进行了更为精确的测定，他得到的氢氧体积比为2.00285:1。

其实验装置如图 1-2 所示。装置由测量气体体积的吸量球 A、覆盖在汞面上的混合器 H、量气管 J 所组成。纯氧由加热氧化银制得，纯氢来自水蒸气和钠的相互作用。混合气体由电火花点燃，在量气管 J 中按比例爆炸，剩余的气体在吸量球 A 中测量并进行分析。为了得到精确的实验结果，有两点必需注意：1. 所应用的气体必需十分细心地进行净化；2. 测定应在 0°C 和 1 个大气压下进行，以消除温度和压力的影响。

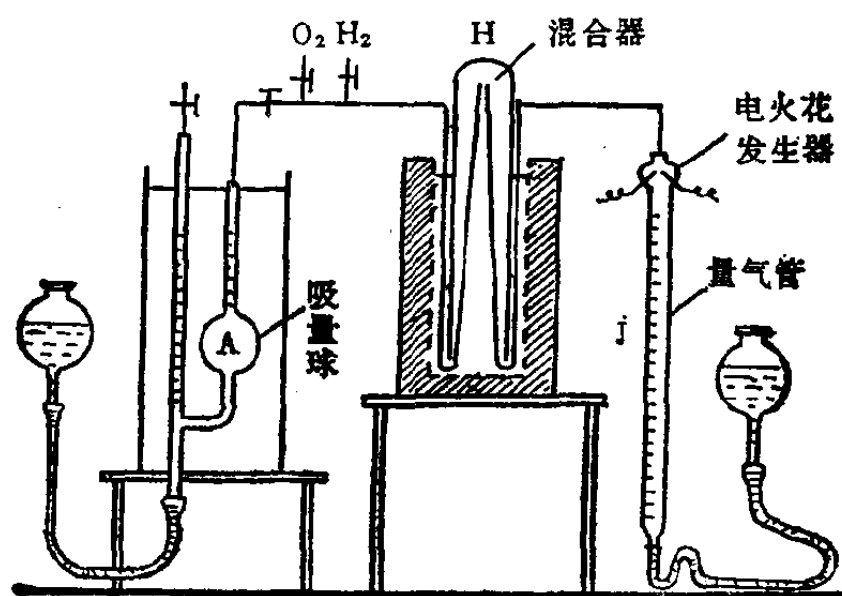


图 1-2 斯考特实验设备

在标准状况下，1 升氢的重量为 0.089873 克，1 升氧的重量为 1.42900 克。按照生成水时氢氧的体积比为 2.00285:1，即可算出与 8 份重量的氧结合的氢的重量：

$$\frac{2.00285 \times 0.089873 \times 8.000}{1.42900} = 1.0077$$

水的体积组成也可以用电解法测定。1800 年，尼科尔逊 (Nicholson)、查理斯利 (Carlisle) 和克鲁可山凯

(Cruickshank), 利用当时刚发明的伏打电池作了一个实验。他们把两根铂丝插入水中,然后与伏打电池的两极接通,发现两根铂丝上分别产生了氢气泡和氧气泡。将气体收集起来进行测量,发现氢和氧的体积比为 2:1。这和卡文迪希的水的合成实验是完全一致的。

1806年戴维 (Davy) 进行了更精确的实验。他在金质容器中电解纯水,实验是在真空的条件下进行的,因而不会由空气或容器混进任何杂质。产生了极纯的氢和氧,体积比为 2:1。

水通电分解的实验装置如图 1-3 所示。该装置称为霍夫曼电解器。它由两根上端带有活塞的玻璃管组成,由水平管连在一起,水平管上还连有一个加水的漏斗。水中添加少量 H_2SO_4 以增强导电能力。导入电流的电极是两个铂片。接通电源后,气泡由两个电极升起,阴极得到氢气,阳极得到氧气。气体的体积可由玻璃管上的刻度直接读出。

二、水的重量组成

1819年,柏齐利乌斯 (Berzelius) 和杜隆 (Dulong) 进行了如下实验,直接测定了水的重量组成。

如图 1-4 所示,烧瓶中锌和稀硫酸作用产生的氢气,经氯化钙干燥管

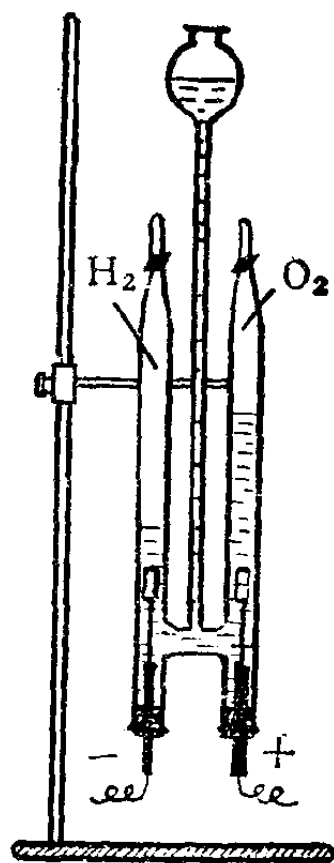


图 1-3 霍夫曼电解器

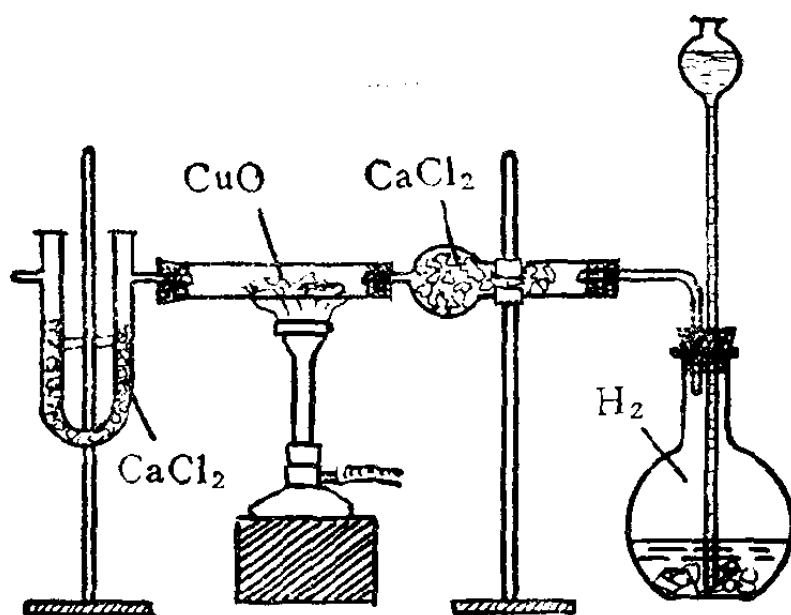


图 1-4 水的重量组成的测定

干燥，通过加热到红热的已称重的装有氧化铜的反应管。氧化铜被氢还原为金属铜，氧化铜中的氧则和氢结合为水。生成的水被已称重的氯化钙干燥管所吸收。实验结束后，将反应管和氯化钙管再行称重，增加的重量即为生成的水的重量。然后即可算出水的重量组成：

氧化铜损失的重量 = 氧的重量

水的重量 - 氧的重量 = 氢的重量

当时测定的重量比为氧：氢 = 8.01:1

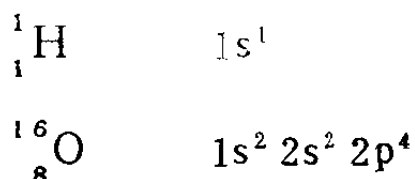
随后，又有许多科学家进行了更为精确的实验。目前，公认的水中氧和氢的重量比为：

8.0000:1.0080

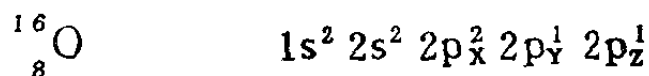
第三节 水的结构

一、水分子的电子结构

一个水分子(H_2O)是由两个氢原子和一个氧原子所组成的。研究水分子的电子结构之前, 我们应当首先研究这些原子的电子结构。氢原子和氧原子的电子结构分别是:



按照洪特 (Hund) 规则, 在每个轨道上电子配对偶合之前, 每个电子都力求独立占据一个 p 轨道 (洪特规则同样也适用于 d 和 f 轨道的充填)。因而按轨道分布的氧原子的电子构型是:



假如生成水分子时是由氢原子的 1s 电子和氧原子的 p_y 和 p_x 电子成键, 那么, 两个氢原子间应获得 90° 的键角, 如图 1-5 所示。

已经发现, 水分子中的实际键角是 105° , 同上述 90° 的假想值偏差很大。这很自然引起了人们对上述成键方式的怀疑。那么, 水分子到底是怎样形成的呢?

目前, 最恰当的解释似乎是杂化轨道理论。这一理论认为, 一个 s 轨道和三个 p 轨道杂化成了四个新型的轨道——杂化轨道 sp^3 。用一个简单的类比, 有助于弄清杂化轨道的

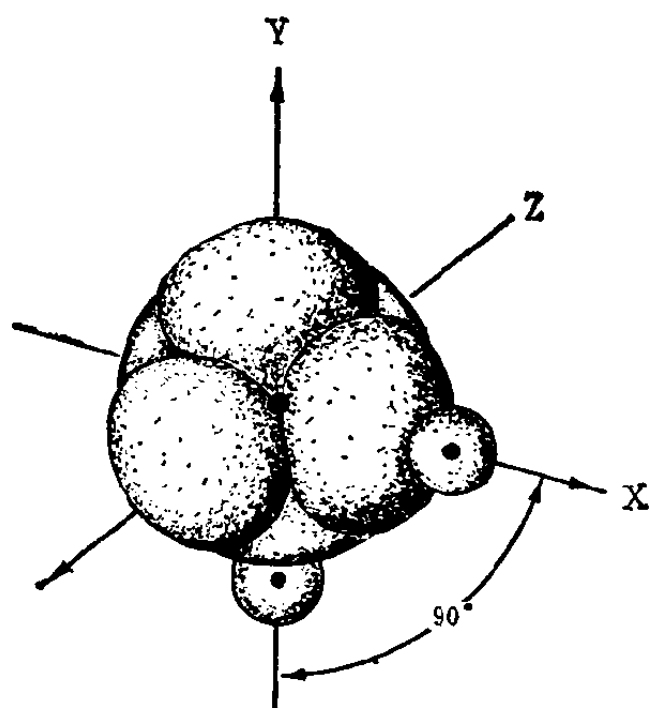


图 1-5 假如化合物中的分子轨道是由氧原子的 p 轨道和氢原子的 s 轨道交迭而成的，则水的键角应当是 90° 。

概念。假定利用儿童做模型的胶泥，我们做四个同样直径的球——一个黄的、三个蓝的。将这四个球挤在一起，混合均匀，做成一个大球。然后，再将这个大球分为四等份，做四个新球，直径全部相同。现在，这四个新球没有一个是黄色的，也没有一个是蓝色的，全都是一新颜色——蓝绿色，由一份黄色、三份蓝色所组成。实质上， sp^3 杂化轨道我们也可以那么理解，由一份 s 和三份 p 的特性所组成。这四个 sp^3 杂化轨道都具有相同的能量，稍小于 p 轨道的能量而稍大于 s 轨道的能量。计算表明， sp^3 轨道之间的夹角为 109.5° ，如图1-6所示具有四面体的空间排列。

假定对氧来说也发生了 sp^3 杂化，那么氧原子的 8 个电

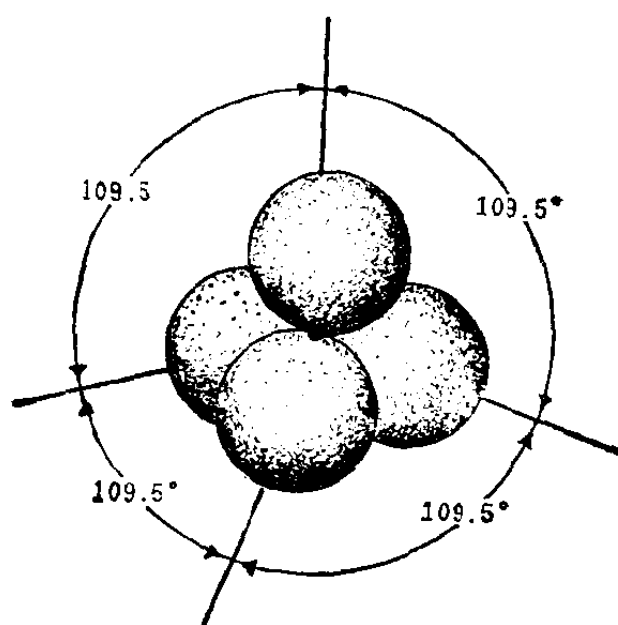
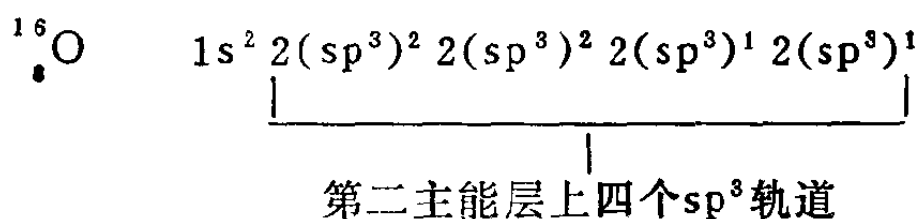


图 1-6 四面体夹角是 109.5°

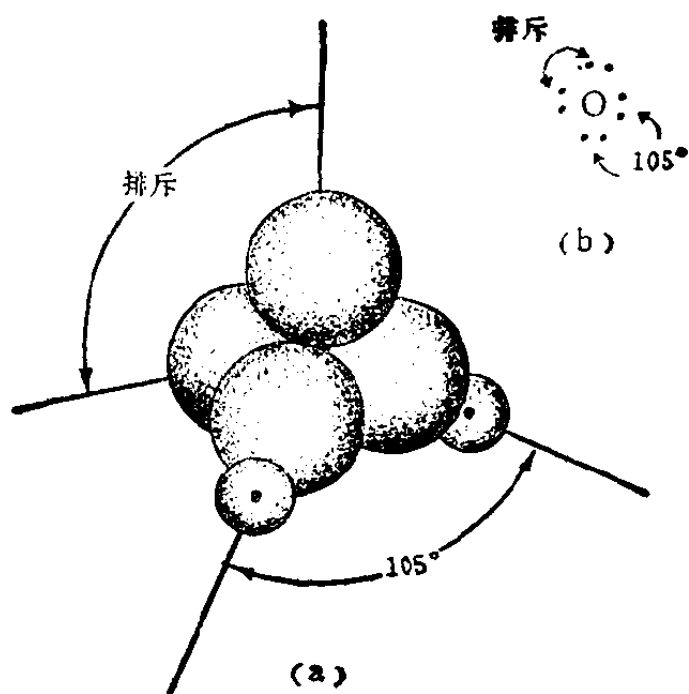
子的构型即如下所示:



组成水分子时, 每个氢原子的 $1s$ 轨道和仅有 1 个电子的 $2sp^3$ 轨道交叠成键, 如图 1-7 (a) 所示。照理讲, 这样构成的水分子内的键角应为 109.5° ; 但是, 由于两双孤对电子之间较强的排斥作用, 迫使水分子中的两个氢原子向一起靠近, 这就造成了 105° 的键角。

二、水的极性

众所周知, 氧比氢有更大的电负性。氧和氢的这种电负性差别导致了氧和氢间形成共价键时电子的不均匀分布。如图 1-8(a) 所示, 氢有部分正电性 $\delta^{(+)}$, 氧有部分负电性 $\delta^{(-)}$, 这就产生了一种极性键。



(a) 氧原子的 sp^3 轨道和氢原子的 s 轨道成键的水分子结构 (b) 水分子的电子式

图 1-7 水分子的电子结构



(a) 水分子中电子的不均匀分布 (b) 水偶极子示意图

图 1-8 水的极性

由极性键形成的分子称为极性分子，因为这类分子中正电中心和负电中心不重合，形成分子中不同电性的两个“极”，有时我们也把这样的分子称为“偶极子”。一个偶极子是一个电中性系统，其中正电荷的总量恒等于负电荷的

总量，只不过是两个电荷的中心是彼此分开的。水分子是一个典型的偶极子，其示意图如图1-8(b)所示。

根据实验，可以测出偶极分子的一个物理量 m ，它相当于两个电荷中心(极)之间的距离和极上电荷 q 的乘积，称为偶极矩，它直接被用来作为分子极性强弱的衡量。非极性分子的偶极矩等于零；极性分子则依其组成和结构而各有一定的偶极矩。表 1-1 列举了水和其他一些极性分子的偶极矩，可借以判断分子极性的大小。

表 1-1 一些极性分子的偶极矩

分 子	偶 极 矩
HCN	2.1×10^{-18}
H ₂ O	1.85×10^{-18}
SO ₂	1.6×10^{-18}
H ₂ S	1.1×10^{-18}
HCl	1.03×10^{-18}
HBr	0.79×10^{-18}
HI	0.38×10^{-18}

偶极之间的距离也在一定程度上反映了分子的极性，但是这个距离和极上的电荷 q 都是不能用实验方法测量的。为了要相对地找出这个距离，假定极上的电荷为 e ，即相当于电子的电量，那么，用 e 去除偶极矩所得的长度数值，叫做极性分子的偶极长 L ，即

$$m = Le$$

表示偶极矩大小的数量级为 10^{-18} ，因为 $m = Le$ ，其中 L 长度大小是和原子分子直径大小为同一数量级，即 10^{-8} 厘