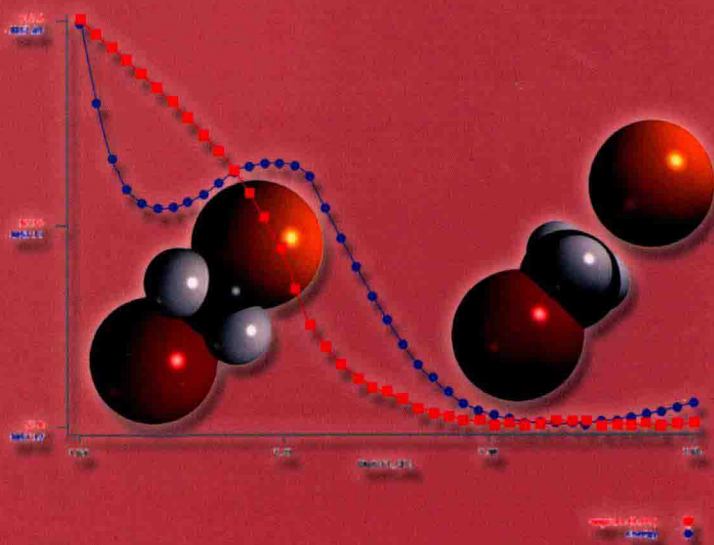




全国高职高专化学课程
“十三五”规划教材



工作过程导向

有机化学

(第二版)

YOUJI
HUAXUE

◎ 信颖 王欣 孙玉泉 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

全国高职高专化学课程“十三五”规划教材

有机化学

(第二版)

主 编	信 颖	王 欣	孙玉泉
副 主 编	邓沁兰	赵瑜藏	吴 新 钟 飞
	穆春旭	徐惠娟	杨 哲 曾碧涛
参 编	刘旭峰	窦建芝	张绍军 覃显灿
	张启明	田景利	刘海彬 白哈达
	闫生辉	周鸿燕	

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

本书是全国高职高专化学课程“十三五”规划教材,是依据高职院校培养高技能应用型人才的要求编写的。

本书共十六章,主要内容包括有机化学简介,烷烃,烯烃,炔烃,二烯烃,脂环烃,芳烃,卤代烃,对映异构,醇、酚和醚,醛和酮,羧酸及其衍生物,含氮有机化合物,杂环化合物,碳水化合物,氨基酸、蛋白质和核酸。本书基本概念和理论简单易懂,在每章正文前列有目标要求、重点与难点,在正文后列有本章小结和习题,可使学生快速、清晰地了解每章的基本内容和关键问题。另外,在每章后面安排了知识拓展部分,有利于开阔学生的视野。

本书可作为化工、材料、纺织、环境、制药、生物、冶金等专业的教材,也可作为其他专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学/信颖,王欣,孙玉泉主编.—2版.—武汉:华中科技大学出版社,2017.1
全国高职高专化学课程“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2404-4

I. ①有… II. ①信… ②王… ③孙… III. ①有机化学-高等职业教育-教材 IV. ①O62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 287024 号

有机化学(第二版)

Youji Huaxue

信颖 王欣 孙玉泉 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:王新华

封面设计:刘 卉

责任校对:李 琴

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:22

字 数:519 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

定 价:48.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

本书是依据《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《关于进一步加强高技能人才工作的意见》,为顺应高职教育教学改革的发展潮流,在华中科技大学出版社的精心组织下编写的适用于高职高专培养高技能应用型人才的教材。

编写本书的指导思想是培养高技能应用型人才,突出高职的教学特点,符合高职学生的认知规律,以基本理论、基础知识必需、够用为原则,贯彻朴素教育、能力培养、创新教学的教育思想,使教材内容突显应用性、实践性。因此,本书以各类官能团的反应为主线,系统介绍了各类化合物的结构与反应之间的关系以及各类官能团反应的规律和应用,加强了环保意识,减少了反应机理等部分内容,略去了有机化合物波谱分析,使整个教材的内容更贴近生产实际,更强化应用,更有利于学生分析问题、解决问题和创新能力的培养。同时,本书还在每一章的后面加有可以拓展学生知识、开阔学生视野的小短文,不仅可以提高学生的学习兴趣、活跃学生的思维,而且能激发学生的学习积极性。

本书由信颖、王欣、孙玉泉主编。参加本书编写的人员有辽宁科技学院信颖、徐惠娟、田景利、刘海彬,信阳农林学院王欣,潍坊教育学院孙玉泉、窦建芝,广东职业技术学院邓沁兰、刘旭峰,濮阳职业技术学院赵瑜藏,安庆医药高等专科学校吴新、张启明,荆州理工职业学院钟飞、覃显灿,辽宁医药职业学院穆春旭,营口职业技术学院杨哲,宜宾职业技术学院曾碧涛,三门峡职业技术学院张绍军,呼和浩特职业学院白哈达,郑州职业技术学院闫生辉,济源职业技术学院周鸿燕。

本书的顺利出版,得力于华中科技大学出版社的大力支持,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请同行和读者批评指正。

编者

目 录

第一章 有机化学简介

第一节	有机化合物和有机化学	/1
第二节	共价键的形成	/3
第三节	共价键的键参数	/5
第四节	共价键的断裂和有机反应的类型	/9
第五节	有机化合物的分类	/10
第六节	有机化学的研究任务及学习有机化学的意义	/12
本章小结		/13
知识拓展		/14
习题		/15

第二章 烷烃

第一节	烷烃的通式、同系列和同分异构现象	/16
第二节	烷烃的命名	/18
第三节	烷烃的结构	/22
第四节	烷烃的物理性质	/26
第五节	烷烃的化学性质	/29
第六节	重要的烷烃及其应用	/32
本章小结		/34
知识拓展		/35
习题		/35

第三章 烯烃

第一节	烯烃的同分异构和命名	/38
第二节	烯烃的结构	/45
第三节	烯烃的来源和制法	/48
第四节	烯烃的物理性质	/49
第五节	烯烃的化学性质	/50
第六节	烯烃的亲电加成反应机理	/60



第七节 重要的烯烃及其应用	/62
本章小结	/63
知识拓展	/64
习题	/64
第四章 炔烃	/67
第一节 炔烃的命名	/67
第二节 炔烃的结构	/68
第三节 炔烃的物理性质	/69
第四节 炔烃的化学性质	/69
第五节 炔烃的制法	/74
第六节 重要的炔烃——乙炔	/75
本章小结	/76
知识拓展	/77
习题	/77
第五章 二烯烃	/79
第一节 二烯烃的分类和命名	/79
第二节 共轭二烯烃的结构和共轭效应	/81
第三节 共轭二烯烃的化学性质	/84
第四节 重要共轭二烯烃的工业制法	/86
本章小结	/86
知识拓展	/88
习题	/89
第六章 脂环烃	/90
第一节 脂环烃的分类及命名	/90
第二节 脂环烃的结构	/93
第三节 脂环烃的物理性质	/96
第四节 脂环烃的化学性质	/97
第五节 重要的脂环烃	/98
本章小结	/99
知识拓展	/100
习题	/100
第七章 芳烃	/102
第一节 芳烃的分类、同分异构现象和命名	/102
第二节 单环芳烃的结构	/105
第三节 单环芳烃的物理性质	/107

第四节	单环芳烃的化学性质	/107
第五节	苯环上亲电取代的定位规律	/113
第六节	稠环芳烃	/118
第七节	休克尔规则及非苯芳烃	/121
第八节	芳烃的来源和应用	/123
	本章小结	/124
	知识拓展	/126
	习题	/126
第八章	卤代烃	/129
第一节	卤代烃的分类和命名	/129
第二节	卤代烃的物理性质	/131
第三节	卤代烃的化学性质	/132
第四节	卤代烯烃和卤代芳烃	/140
第五节	重要的卤代烃及其应用	/142
	本章小结	/143
	知识拓展	/144
	习题	/145
第九章	对映异构	/147
第一节	物质的旋光性	/148
第二节	手性与对称性	/151
第三节	含一个手性碳原子的开链化合物	/154
第四节	含两个手性碳原子的开链化合物	/158
第五节	外消旋体的拆分	/160
	本章小结	/161
	知识拓展	/162
	习题	/163
第十章	醇、酚、醚	/164
第一节	醇的分类、构造异构和命名	/164
第二节	醇的物理性质	/167
第三节	醇的化学性质	/168
第四节	醇的制法	/173
第五节	重要的醇	/175
第六节	酚的分类、命名和结构	/177
第七节	酚的物理性质	/178
第八节	酚的化学性质	/179



第九节 重要的酚	/185
第十节 醚的分类和命名	/188
第十一节 醚的物理性质	/189
第十二节 醚的化学性质	/189
第十三节 醚的制法	/191
第十四节 重要的醚	/192
本章小结	/194
知识拓展	/196
习题	/196
第十一章 醛和酮	/200
第一节 醛、酮的分类、命名和结构	/200
第二节 醛、酮的物理性质	/205
第三节 醛、酮的化学性质	/206
第四节 醛、酮的制备	/216
第五节 重要的醛和酮	/217
本章小结	/220
知识拓展	/222
习题	/222
第十二章 羧酸及其衍生物	/225
第一节 羧酸的结构、分类和命名	/226
第二节 羧酸的物理性质	/227
第三节 羧酸的化学性质	/229
第四节 羧酸的制法	/234
第五节 重要的羧酸	/235
第六节 羧酸衍生物	/236
第七节 乙酰乙酸乙酯	/242
第八节 丙二酸二乙酯	/243
本章小结	/244
知识拓展	/245
习题	/246
第十三章 含氮有机化合物	/248
第一节 硝基化合物	/248
第二节 胺	/253
第三节 重氮化合物和偶氮化合物	/263

第四节 腈	/265
本章小结	/268
知识拓展	/268
习题	/269
第十四章 杂环化合物	/273
第一节 杂环化合物的分类和命名	/273
第二节 五元杂环化合物	/275
第三节 六元杂环及稠杂环化合物	/282
本章小结	/285
知识拓展	/286
习题	/288
第十五章 碳水化合物	/289
第一节 单糖	/290
第二节 二糖	/300
第三节 多糖	/303
本章小结	/306
知识拓展	/307
习题	/308
第十六章 氨基酸、蛋白质和核酸	/311
第一节 氨基酸	/311
第二节 蛋白质	/316
第三节 核酸	/320
本章小结	/324
知识拓展	/325
习题	/326
习题参考答案	/327
参考文献	/342

第一章

有机化学简介



目标要求

1. 了解有机化学的发展史和有机化合物的含义。
2. 掌握有机化合物的特性。
3. 掌握有机化合物共价键的有关概念和属性,以及共价键理论。
4. 了解有机化合物的分类原则,能识别常见的官能团。



重点与难点

重点:有机化合物的结构与特性、共价键的形成。

难点:共价键理论。

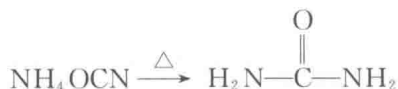
第一节 有机化合物和有机化学



一、有机化学发展简史

有机化学作为一门学科产生于 19 世纪,是化学中最早的两个分支学科之一。19 世纪初期,当化学刚刚成为一门学科的时候,由于当时的有机物都是从动、植物体,即有生命的物体中获得的,而它们与由矿物界得到的矿石、金属、盐类等物质在组成及性质上又有较大的区别,因此便将化学物质根据来源的不同分成有机物与无机物两大类。“有机”(organic)一词来源于“有机体”(organism),即有生命的物体。这是由于当时的人们对生命现象的本质缺乏认识而赋予了有机化合物神秘的色彩,认为它们是不能用人工方法合成的,而是“生命力”所创造出来的。

1828 年,德国化学家维勒(Wöhler)在研究氰酸盐的过程中,意外地发现了有机物尿素的生成。



这是世界上第一次在实验室的玻璃器皿中由无机物制得有机物。随着科学的发展,越来越多的原来由生物体中取得的有机物,可以用人工的方法合成,而无须借助于“生命力”,但“有机化合物”这个名称被保留下来。由于有机化合物数目繁多,而且在结构上又有许多共同的特点,所以有机化学便逐渐发展成一门独立的学科。

从结构上看,所有的有机化合物都可以看做碳氢化合物或者由碳氢化合物衍生而来的化合物,因此,有机化学就是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。在化学上,通常把仅含有碳、氢两种元素的化合物称为烃。因此,有机化合物就是烃及其衍生物,有机化学也就是研究烃及其衍生物的化学。



二、有机化合物的特性

有机化合物和无机化合物之间并没有绝对的界线,但由于有机化合物主要以共价键相结合,而无机化合物大部分以离子键相结合,两者结构上的差异使得它们的性质有明显的区别。

位于元素周期表的第二周期、第四主族的碳原子的最外层有四个电子,正好处于金属元素与非金属元素的交界线上,它作为有机化合物的主要元素,使有机化合物结构和性质具有很多特殊性。与无机化合物比较,有机化合物具有以下特性。

(1) 有机化合物结构复杂、种类繁多。为什么少数几种元素就能组成如此众多的有机化合物呢? 研究证明,这与碳原子结构的特殊性是分不开的,是碳原子组成了有机化合物的骨架。碳原子的最外层有四个电子,介于金属元素与非金属元素之间,既不容易失去电子,也不容易得到电子,因此不容易形成离子键。碳原子和其他原子结合时,一般是通过共用电子对形成共价键。而且,碳原子之间的结合能力很强,两个碳原子间可以形成一个共价键,也可以形成两个或三个共价键,可以连成链状的化合物,也可以连成环状的化合物,参与的碳原子可多可少。组成相同的化合物会因为原子间的连接方式、连接顺序或原子、基团的空间相对位置不同而有不同的结构和性质,如分子式为 C_4H_8 的,就可以形成五种异构体,也就是五种不同的化合物,这种现象称为同分异构现象。碳原子的特殊结构和多重连接方式是有机化合物种类繁多的重要原因。

(2) 有机化合物大都容易燃烧。有机化合物燃烧后生成二氧化碳、水和分子中所含碳氢元素以外的其他元素的氧化物,同时放出大量热。多数无机化合物不能燃烧。因此,可以用燃烧实验初步区分有机化合物和无机化合物。

(3) 有机化合物的熔点、沸点比无机化合物的低。因为固态有机化合物是靠范德华力结合而形成的分子晶体,破坏这种晶体所需要的能量较少。很多有机化合物在室温下呈液态或气态,而在室温下呈固态的有机化合物的熔点一般也很低。有机化合物的熔点一般不超过 $400\text{ }^\circ\text{C}$, 而无机化合物的熔点和沸点较高。例如,氯化钠和丙酮的相对分子质量相当,但两者的熔点、沸点相差很大(见表 1-1)。

表 1-1 氯化钠与丙酮的熔点、沸点比较

名 称	NaCl(氯化钠)	CH ₃ COCH ₃ (丙酮)
相对分子质量	58.44	58.08
熔点 / °C	801	-95.35
沸点 / °C	1 413	56.2

(4) 有机化合物一般难溶于水而易溶于有机溶剂。由于有机化合物多为非极性的或极性较弱的分子,根据相似相溶原理,有机化合物不易溶于极性很强的水,而易溶于非极性的或极性弱的有机溶剂。如食用油难溶于水,易溶于汽油。但是当有机化合物分子中含有能够同水形成氢键的基团时,该有机化合物也可溶于水,如乙醇可溶于水。常见的有机溶剂有乙醇、乙醚、氯仿、丙酮和苯等。

(5) 有机化合物的反应速率较慢,且常伴随有副反应发生。有机化合物分子中的共价键,在反应时不像无机化合物分子中的离子键那样容易解离。因此,有机化合物的反应速率较慢,需要的时间长,为了加快反应速率,往往需要加热、光照或使用催化剂等。有机反应复杂、副反应多,往往同一反应物在同一反应条件(温度、压力、催化剂等)下会产生不同的产物。一般把化合物主要进行的一个反应称为主反应,其他的反应称为副反应。副反应多会降低主要产物的产率,故为了提高主要产物的产率,必须选择最有利的反应条件,以尽量减少副反应的发生。

由于有机反应的复杂性,在书写有机反应方程式时采用箭头,而不用等号。一般只写出反应物及其主要产物,有的还需要在箭头上标注反应的必要条件。有机反应方程式一般并不严格要求配平,只有在计算理论产率时主反应才要求配平。

第二节 共价键的形成

解释共价键形成和本质的理论,最常用的是价键理论和分子轨道理论。下面简要介绍价键理论。



一、价键理论

1. 价键的形成

价键理论认为,共价键的形成可以看做原子轨道重叠或电子配对的结果。原子轨道重叠后,在两个原子核间电子云密度较大,因而降低了两核之间的正电排斥力,增加了两核对负电的吸引力,使整个体系的能量降低,形成稳定的共价键。成键的电子定域在两个成键原子之间。

如果两个原子各有一个未成对的电子,并且自旋方向相反,其原子轨道就可重叠形成一个共价键。由一对电子形成的共价键称为单键,用一条直线“—”来表示;如果两个原子



各有两个或三个未成对的电子,构成的共价键则为双键(=)或三键(≡)。

例如,两个氢原子的 1s 轨道互相重叠形成 H_2 分子,如图 1-1 所示。

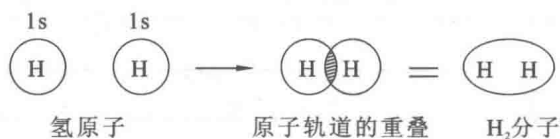


图 1-1 两个氢原子的 1s 轨道互相重叠形成 H_2 分子

2. 共价键的饱和性

在形成共价键时,一个原子中有几个未成对电子,它就可以和几个自旋方向相反的电子配对成键,不再与多于它的未成对电子配对,这就是共价键的饱和性。

3. 共价键的方向性

在原子轨道重叠时,重叠的程度越大,所形成的共价键越牢固。因此,在形成稳定的共价键时,原子轨道只能沿键轴的方向进行重叠才能达到最大程度的重叠,这就是共价键的方向性,如图 1-2 所示。

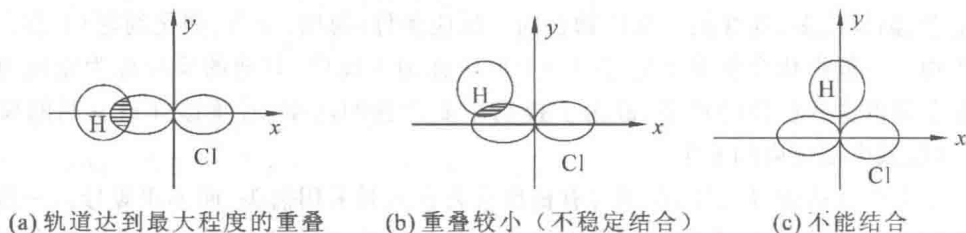


图 1-2 共价键的方向性

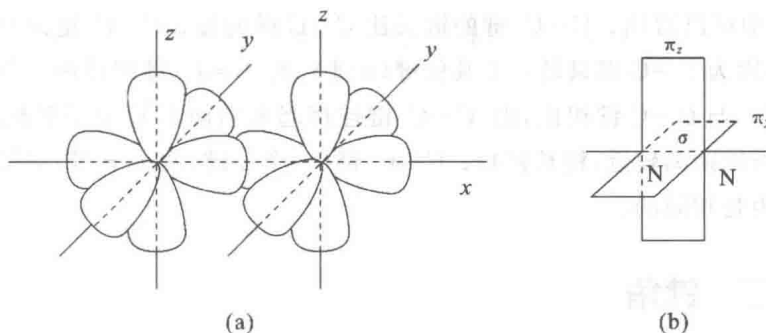


二、共价键的类型

由于原子轨道重叠方式不同,共价键可以分为 σ 键和 π 键两种类型。一种是成键两原子的轨道沿键轴(两核原子间连线)以“头碰头”方式相重叠,电子云以键轴为轴呈圆柱形对称分布,重叠部分绕轴旋转任何角度,其形状都不会发生改变,这种键称为 σ 键。另一种是成键的两个电子云的对称轴相互平行并且垂直于键轴,以“肩并肩”的方式相重叠,电子云重叠部分对通过键轴的一个平面具有对称性,这种键称为 π 键。

π 键不能单独存在,必须与 σ 键共存。p 轨道从侧面重叠,在 π 键形成以后,就限制了 σ 键的自由旋转,而且电子云重叠程度较小,键能较小,发生化学反应时, π 键易断裂。 π 键的电子云分散暴露在两核连线的上下两方呈平面对称,离原子核较远,受核的约束较小。因此, π 键的电子云具有较大的流动性,易受外界的影响而发生极化,具有较强的化学活性。

例如,在 N_2 分子中,氮原子的电子层结构为 $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$,三个未成对的 p 电子分别占据三个相互垂直的三维 p 轨道。当两个氮原子结合成 N_2 分子时, p_x 电子云沿 x 轴方向以“头碰头”方式重叠,形成一个 σ 键,每个原子剩下的两个 p 电子云不能再沿 x 轴方向以“头碰头”方式重叠,只能让 p 电子云的对称轴平行,以“肩并肩”方式重叠形成两个 π 键,如图 1-3 所示。

图 1-3 N_2 分子形成示意图

第三节 共价键的键参数

共价键的键长、键角、键能、偶极矩等物理量常称为共价键的键参数。通过这些物理量的测定,可了解某有机化合物分子中共价键对分子结构和性质的影响。例如,根据键长,可判断共价键的类型和键的牢固性;通过键角的测定,可推断有机化合物分子的空间构型;若求得键能,则可从能量关系得知化学键的强度,也可用于化学反应的能量变化的计算;通过偶极矩,可以了解分子的极性。因此,共价键的键参数对研究有机化合物的分子结构和性质,是十分重要的。



一、键长

分子中成键两原子的核之间的距离称为键长。由于两个成键原子借助各自的原子核吸引共用电子对而将两个原子联系在一起,因而距离越近,吸引力越强,但两个原子核之间还存在很强的排斥力,使两原子核不能无限靠近,实际上成键的吸引力与核间的排斥力是互相竞争的,这就使得两核之间的距离有时较远,有时较近,这种变化称为键的伸缩振动。键长是两核之间的最远和最近距离的平均值,或者说是两核之间的平均距离。同一种键,在不同的化合物中,键长差别很小;而不同的键,即使在同一化合物中,键长差别也很大。一些常见的共价键的键长如表 1-2 所示。

表 1-2 一些常见的共价键的键长

键 的 种 类	键长/nm	键 的 种 类	键长/nm
C—C	0.154	C—N	0.147
C=C	0.134	C—F	0.141
C≡C	0.120	C—Cl	0.177
C—H	0.109	C—Br	0.191
C—O	0.143	C—I	0.212



从表 1-2 中可以看出, $\text{C}=\text{C}$ 键的键长比 $\text{C}-\text{C}$ 键的短, $\text{C}\equiv\text{C}$ 键的键长比 $\text{C}=\text{C}$ 键的短。这是因为 $\text{C}-\text{C}$ 键只是一个共价键(σ 键), 而 $\text{C}=\text{C}$ 键则是两个共价键(一个 σ 键和一个 π 键), 与 $\text{C}-\text{C}$ 键相比, 由 $\text{C}=\text{C}$ 键连接起来的两个 C 原子显然结合得较强, 被拉得较紧, 所以距离较近, 键长较短; $\text{C}\equiv\text{C}$ 键(一个 σ 键、两个 π 键)的键长比 $\text{C}=\text{C}$ 键的短, 其原因是相同的。



二、键角

分子中某一原子与另外两原子形成的两个共价键在空间形成的夹角称为键角。键长与键角决定了分子的立体形状。

下面以水分子为例说明键角的含义。

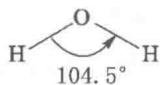


图 1-4 水分子的键角

H_2O 分子有两个 $\text{O}-\text{H}$ 键, 这两个 $\text{O}-\text{H}$ 键键轴之间的夹角称为 H_2O 分子的键角, 或 H_2O 分子中两个 $\text{O}-\text{H}$ 键的键角。实验测得 H_2O 分子的键角是 104.5° , 如图 1-4 所示。显然, 双原子分子没有键角, 3 个原子的或超过 3 个原子的分子都有键角。

在乙烷、乙烯和乙炔分子中, 由于 $\text{H}-\text{C}-\text{C}$ 所形成的键角分别为 110° 、 123° 和 180° , 所以乙烷、乙烯和乙炔的空间结构和性质有所不同。在有机化合物分子中, 碳原子与其他原子所形成的键角大致有以下几种情况: 碳原子以四个单键分别与四个同原子相连接时, 键角接近 109.5° ; 碳原子以一个双键和两个单键分别与三个原子相连接时, 键角接近 120° ; 碳原子以一个三键和一个单键或两个双键分别与两个原子相连接时, 键角是 180° 。



三、键能

双原子分子的键能就是 1 mol 双原子分子(气态)解离为原子(气态)时所吸收的能量。例如, 实验测得 25°C 时, 1 mol H_2 分子(气态)解离为氢原子时吸收的能量是 436.0 kJ , $\text{H}-\text{H}$ 键的键能就是 $436.0\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (25°C)。反过来, 25°C 时, 氢原子(气态)互相结合生成 1 mol H_2 分子(气态)时放出的能量也是 436.0 kJ 。

1 mol 多原子分子(气态)完全解离为原子(气态)时吸收的能量等于多原子分子中所有共价键键能的总和。例如, 实验测得



CH_4 分子中只有四个 $\text{C}-\text{H}$ 键, 所以 $\text{C}-\text{H}$ 键的键能就是 $1\,656.8\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}/4 = 414.2\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。 CH_3-CH_3 分子中有一个 $\text{C}-\text{C}$ 键和六个 $\text{C}-\text{H}$ 键, 1 分子 CH_3-CH_3 (气态)完全解离为碳原子(气态)和氢原子(气态)时所吸收的能量就是一个 $\text{C}-\text{C}$ 键键能和六个 $\text{C}-\text{H}$ 键键能的总和。

从键能的定义可以看出, 多原子的键能是一个平均值, 也称为平均键能。表 1-3 给出了一些共价键的键能。

表 1-3 一些共价键的键能(平均键能,单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 25°C)

		H	F	Cl	Br	I	O	S	N	P	C	Si
单键	H	436										
	F	568	155									
	Cl	431	252	243								
	Br	368	239	218	193							
	I	297	—	209	180	151						
	O	465	188	205	—	234	197					
	S	347	340	272	214	—	—	251				
	N	389	272	201	243	201	221	193	159			
	P	318	490	318	272	214	352	289	293	264		
	C	414	485	339	284	239	360	272	305	321	347	
	Si	320	540	360	289	214	368	226	—	214	281	197
双键	C=C	611		C=N		615		C=O	798	N=N		419
三键	C≡C	807		N≡N		945		C≡N	879			



四、键的极性

1. 键的极性

当由不同的原子成键时,电负性的差异,使电子云靠近电负性较大的原子一端,于是在这种分子中,电负性较大的原子具有微负电荷(或称部分负电荷),电负性较弱的原子则具有微正电荷(或称部分正电荷),前者用“ δ^- ”表示,后者用“ δ^+ ”表示, δ^- 和 δ^+ 大小相等,符号相反。这样的键具有极性,称为极性共价键,简称极性键。例如:

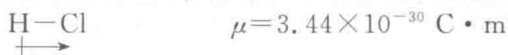


共价键的极性可用偶极矩 μ 来表示,即

$$\mu = q \cdot d$$

式中: q 为正、负电荷中心所带的电荷值, C ; d 为正、负电荷间的距离, m 。

偶极矩是矢量,有方向性,通常规定其方向由正到负,用 $\rightarrow$ 表示。过去采用非 SI 法定计量单位时,偶极矩 μ 以德拜(D)为单位,现在采用法定单位, μ 的单位为 $\text{C} \cdot \text{m}$ (库仑·米), $1 \text{ D} = 3.335\ 64 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ 。例如:



2. 分子的极性

在双原子分子中,共价键的极性就是分子的极性。但对多原子的分子来说,分子的极性取决于分子的组成和结构。



3. 分子间的力

分子间的力主要有以下几种。

(1) 偶极-偶极作用力。这种作用力产生在极性分子之间。分子之间以正、负相吸定向排列,所以这种力也称为取向力。



(2) 色散力。非极性分子虽然没有极性,但在分子中电荷的分配并不总是均匀的,在运动中可以产生瞬间偶极。在非极性分子间,这种瞬间偶极所产生的相互作用力称为色散力,通常称为范德华(van der Waals)力。极性分子之间同样存在色散力。

(3) 氢键。当氢原子与电负性很大、原子半径很小的氟、氧、氮原子相连时,这些原子吸引电子的能力很强,使氢原子带部分正电荷,因而氢原子可以与另一分子的氟、氧、氮原子的未共用电子对以静电引力相结合,这种分子间的作用力称为氢键。

氢键有方向性和饱和性,其键能介于范德华力的键能和共价键的键能之间。氢键存在于许多分子中,分子间以氢键结合在一起而成为缔合体。氢键不仅对物质的物理性质有很大的影响,而且对蛋白质、糖等许多生物高分子化合物的分子形状、生理功能等都有极为重要的作用。



五、分子间的作用力对物质的某些物理性质的影响

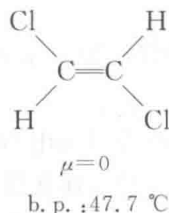
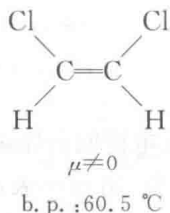
1. 对沸点和熔点的影响

非离子型化合物是以共价键结合起来的,它的单位结构是分子,非离子型化合物的气体分子凝聚成液体、固体就是分子间作用的结果。这种分子间的作用力比化学键能小1~2个数量级,因此要克服这种分子间的作用力所需的温度也就较低,一般有机化合物的熔点、沸点很少超过400℃。

1) 沸点

非离子型化合物的沸点(b. p.)与相对分子质量、分子的极性、色散力和氢键有关。

例如:



(1) 分子极性越大,偶极-偶极作用越大,沸点越高。

(2) 如果分子极性相同,则相对分子质量越大,色散力也越大,故沸点随相对分子质量的增大而升高。例如:

	CH_3Cl	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
b. p. / $^\circ\text{C}$	-24	13	47