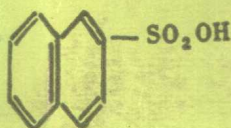


数理化基础知识



有机化学

山东科学技术出版社

数理化基础知识

有机化学

《有机化学》编写组



内 容 提 要

本书是《数理化基础知识》中的一本，主要介绍了有机化学中烃、烃的衍生物以及天然的和人工合成的各种高分子化合物的基础知识。还编有十个简单易行的实验，以提高读者实际操作能力。为便于读者掌握有机化学基本原理、基本规律和基本反应，每节后有练习题，每章后有小结及复习题，书末附有习题答案。本书通俗易懂，联系实际，突出重点。

本书对具有初中以上文化水平的读者，是一本很好的自学用书，也是一本在校学生很好的学习参考书。还可作为中等业余学校的教材用。

数理化基础知识 有 机 化 学 《有机化学》编写组

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东人民印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 10.625印张 223千字
1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷
印数：1—8,000

书号 13195·87 定价 0.86 元

编者的话

数学、物理、化学是重要的基础学科。它已经渗透到人们的全部实践活动。纵览宇宙，运算天体，探索粒子之微，揭示生命之谜，从高深抽象的科学理论，到人们丰富繁杂的日常生活无处不用数理化。今天，在向四化进军中，越来越显示出学好数学、物理、化学的重要作用。

从提高整个中华民族的科学文化水平出发，为配合业余教育的全面开展，满足广大读者自学的迫切需要，特别是为了帮助考大学的青年和在校学生加深对课本知识的理解，提高分析问题和解决问题的能力，我们编写了这套《数理化基础知识》。其中，《代数》3册，《几何》、《三角》、《解析几何》、《微积分》各一册；《物理》4册；《无机化学》、《有机化学》各一册。

在编写过程中，我们根据成人和速成的特点，参照教育部现行中学教学大纲的内容，由浅入深，循序渐进，着重讲清数学、物理、化学的基本概念和基本知识，对每一章中的关键性问题都做了重点介绍，并重视了运算技巧的训练和分析总结解题规律。每册书都选有一定数量的综合性习题，在选习题时还注意了习题的典型性，以培养读者举一反三的能力。每章后有小结，难度大的习题有提示，每册书末有答案备查。

这套基础知识丛书，可供中等业余学校作教材用，也可作为知识青年和干部的自学用书，还可供考大学的青年和在校学生学习参考。

目 录

引言	1
第一章 烃 石油	5
第一节 甲烷的结构和性质	5
第二节 甲烷的用途和制取	14
第三节 烷烃	16
第四节 同分异构现象和烷烃的命名	21
第五节 乙烯	29
第六节 烯烃和二烯烃	37
第七节 乙炔和炔烃	44
第八节 环烷烃	53
第九节 苯及其同系物	57
第十节 石油和石油的加工	70
第十一节 煤的综合利用	79
小结	83
复习题一	88
第二章 烃的衍生物	92
第一节 烃的卤代物	93
第二节 乙醇	101
第三节 醇类	108
第四节 酚类 苯酚	114
第五节 醚类 乙醚	122
第六节 醛类 甲醛	126
第七节 酮类 丙酮	135
第八节 乙酸 羧酸	139

第九节 羧酸酯·····	149
第十节 油脂·····	153
第十一节 硝基化合物·····	161
第十二节 胺类 苯胺·····	165
第十三节 酰胺 尿素·····	170
小结·····	175
复习题二·····	183
第三章 碳水化合物 ·····	188
第一节 葡萄糖·····	189
第二节 果糖 核糖与脱氧核糖·····	196
第三节 蔗糖和麦芽糖·····	201
第四节 淀粉和纤维素·····	205
小结·····	215
复习题三·····	220
第四章 氨基酸 蛋白质 ·····	223
第一节 氨基酸·····	223
第二节 蛋白质·····	232
第三节 酶·····	240
第四节 核酸·····	243
小结·····	246
复习题四·····	249
第五章 合成有机高分子化合物 ·····	251
第一节 合成有机高分子化合物的结构与特性·····	251
第二节 塑料·····	256
第三节 合成纤维·····	265
第四节 合成橡胶·····	276
小结·····	282
复习题五·····	285

附录	288
实验一 甲烷的制取和性质	288
实验二 乙烯的制取和性质	291
实验三 乙炔的制取和性质	293
实验四 苯的性质	296
实验五 乙醇和丙三醇的性质	300
实验六 苯酚的性质	303
实验七 醛和酮的性质	306
实验八 羧酸的性质	310
实验九 碳水化合物的性质	313
实验十 蛋白质的性质	316
习题答案	320

引 言

一、有机化学的产生

早在十八世纪初，人们根据物质的不同来源，将其分为无机物和有机物两大类。凡来自矿物或其它非生物体的物质叫做无机物；而来自动植物体或以其为原料制得的化合物，则称为有机化合物，简称有机物。那时，人们认为，有机化合物的含义，就是指“有生机”的化合物，它是在神秘的“生命力”作用下形成的，不可能用人工的方法合成。后来1828年德国化学家武勒，在实验室里用加热氰酸铵的方法制得了尿素。这一成果，极大地震动了化学界。1845年德国另一化学家科尔贝，用木炭、硫磺、氯气等无机物作为原料合成了醋酸（在这以前醋酸只能用粮食来制取）。后来化学家们又合成出茜素、脂肪、糖等许多种有机物。事实证明了“生命力”学说是没有科学根据的。

因为不论是来自生物体的，还是人工合成的有机物都含有碳元素，在结构上也与无机物不同，所以为了区别于无机化合物，仍然沿用了“有机化合物”这个名称。不过，它已经失去了原来的意义。除一些简单的含碳化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳酸盐、氰化物以外，其余的含碳化合物都属于有机化合物。由于有机化合物的种类和数量增长很快，为了将有机化合物与无机化合物分开来进行研究，1881年正式建立了“有机化学”这一化学分支。有机化合物

即为含碳化合物，所以有机化学就是研究含碳化合物的化学。随着科学研究的深入，发现有机化合物除含有碳外，几乎都含有氢元素，许多有机物中还含有氧、卤素、氮、硫、磷、砷等其它元素。所以**有机化合物是指碳氢化合物及其衍生物。有机化学则是研究碳氢化合物及其衍生物的化学。**

有机化学只有一百多年的历史。但据记载，我国在新石器时代（公元前三千年左右）就会酿酒。八百年前，宋代著名的科学家沈括，就曾对石油做了多方面的研究，“石油”这个名称就是那时由沈括确定的。1521年四川省乐山一带打下了世界上第一口油井，深度达一千多米。这证明，人们对天然有机物的利用很早以前就开始了。1965年，我国科技工作者，人工合成了世界上第一个具有生命活力的蛋白质——结晶牛胰岛素。1971年又完成了对胰岛素晶体结构的测定工作。这一成就，使人类在揭开生命奥秘的历程中又前进了一大步。

二、有机化合物的特点

在化学反应中，碳原子不易得到或失去电子而变为阴、阳离子，它总是以共价键与其它元素的原子相结合，或自身相互结合形成很长的碳链。碳元素的这些特性，使含碳的有机化合物具有以下特点：

第一，数目众多。有机化合物的总数已超过三百万种，其中结构已经确定的有一百多万种，而且新的有机化合物还在不断增加。

第二，多数有机化合物易燃。例如，煤、汽油、酒精等都是重要的燃料。

第三，难溶于水而易溶于有机溶剂。例如，油脂在水中不溶，而在汽油或四氯化碳中却易溶。

第四，有机化合物的熔点普遍较低，一般不超过400℃。这是因为有机物的晶体是靠分子间微弱的所谓范德华力维持的；而无机化合物的晶体，则是以原子间强烈的化学结合力或离子间静电引力结合而成，这些力都大于范德华力。所以，要使有机物熔化，只需较少的热量，使分子的振动能克服范德华力即可。

第五，有机化合物的反应速度一般较缓慢。要使反应加速进行，常需要加热，或使用催化剂，甚至加压。而无机化合物间的反应，多属离子间反应，常可以在瞬间完成。

第六，有机化合物参加的反应，常伴随有副反应发生，造成主要产物产率^①不高，有时相同的反应物，在不同的条件下反应时，主要产物完全不同。因此，书写有机化合物反应的化学方程式时，通常将等号“=”改为“→”。

以上特点，并非是有机化合物的绝对标志，它们仅仅代表有机化合物的一般特性，实际上，也常会遇到例外的情况。

三、有机化合物的分类

有机化合物的分类方法，一般是首先按照所含元素或分子量的不同，分为烃、烃的衍生物及高分子化合物三大类，然后各类再根据结构、官能团^②或来源的不同，分为若干种。具体说明如下：

① 产率是指实际产量占理论产量的百分数，即 $\frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}} \times 100\%$ 。

② 表现一类化合物反应特性的原子或原子团。

(一) 烃类

仅由碳、氢两种元素组成的化合物叫做**烃**。根据分子中碳原子相互联结的方式不同，烃又可分为：

1. 链烃：包括烷烃、烯烃、炔烃。
2. 环烃：包括脂环烃、芳香烃。

(二) 烃的衍生物

除碳、氢两种元素外，还含有其它元素的化合物，称为**烃的衍生物**。根据分子中所含官能团的不同，可将烃的衍生物分为卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、羧酸、酯、硝基化合物、胺等若干种。

(三) 高分子化合物

通常把分子量在一千以上的化合物叫做**高分子化合物**。根据来源不同，分为：天然高分子化合物（如蛋白质、淀粉等）与合成高分子化合物（如合成纤维、塑料、合成橡胶等）。

四、有机化学的重要性

有机化学是化学工业的基础科学之一。石油化工、塑料、纤维、橡胶、医药、染料、炸药、农药、火箭燃料等各种工业及日用化工的发展，都依赖于有机化学的成就。这些产品，不仅与人类的日常生活密切相关，而且直接影响到工农业生产的发展和国防建设。另外，有机化学的基本原理，对于生物学和生命现象的研究也是极为重要的。总之，有机化学已经渗透到国民经济的各个部门和某些尖端科学之中了。

第一章 烃 石油

烃，也叫碳氢化合物，是有机物中组成元素最简单的一种。烃的含义是：用“火”表示这类化合物具有可燃性，用“丕”表示含有氢元素，而其含有碳元素则是通过读音（tīng）来体现的。烃在有机化合物中占一大类。根据结构的不同，它又分为几种不同的烃。在这一章里，我们将一一介绍它们。

第一节 甲烷的结构和性质

一、甲烷的物理性质和存在

甲烷的分子式为 CH_4 ，是最简单的烃。通常状况下它是无色、无臭的气体，密度为0.717克/升，比空气轻，难溶于水，但易溶于有机溶剂。

在自然界里，甲烷主要存在于天然气、池沼底逸出的“沼气”、煤矿层里的“坑气”（也叫瓦斯气）、以及与石油共存的石油气等。这些气体的主要成分都是甲烷。天然气中约含有85~95%的甲烷（按体积计算）。我国四川省是世界上著名的天然气产地之一，那里的天然气含甲烷高达95%以上。宋朝时，当地居民就已经大规模地用天然气做燃料，煎制井盐。

自然界中的甲烷，是由动植物残体在隔绝空气的条件

下，经生物化学作用分解而形成的。

二、甲烷的分子结构

怎样证明甲烷是由碳、氢两种元素组成，分子式为 CH_4 呢？可以用下面的实验说明。实验装置如图1—1。

用火点燃从储气瓶导管放出的纯净甲烷（甲烷的制取见下节），然后在火焰上方倒放一个干燥的集气瓶。片刻，就会看到集气瓶内壁附上一层细小的水滴。这时关闭导管口上的活塞，

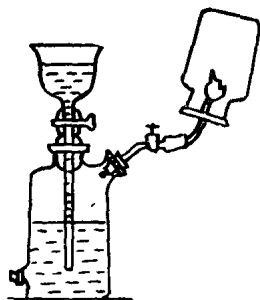


图1—1 甲烷的燃烧

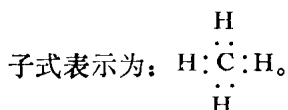
将导管从集气瓶中抽出，迅速用玻璃片盖住集气瓶口，然后将集气瓶倒过来，移开玻璃片，往瓶中注入少量澄清的石灰水，摇动一会，可看到石灰水变浑浊。

实验结果表明：甲烷燃烧后生成的水和二氧化碳，是由组成甲烷的碳和氢两种元素分别与空气中的氧结合而成的。如果将一定重量的甲烷完全燃烧，根据生成的水和二氧化碳的重量，计算出甲烷的百分组成，然后测定它的密度并计算出分子量，就可确定其分子式为 CH_4 。

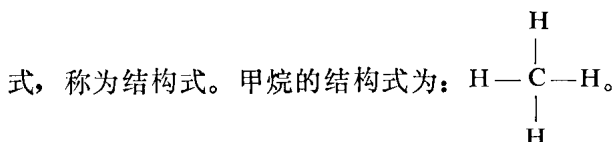
甲烷分子中的一个碳原子与四个氢原子是怎样结合的呢？根据价键理论知道，共价键的形成，可以看作是电子云的重叠，即电子配对的结果。碳原子核外有六个电子，其电子的排布为 $1s^2$ 、 $2s^2$ 、 $2p_x^1$ 、 $2p_y^1$ ，其中内层的两个电子，在一般情况下不参与化学反应，而最外层的电子，由于离核

远，能量较内层电子高，在一定的条件下，可以起变化，从而引起化学反应的发生，所以最外层电子又叫价电子。

由于氢原子核外只有一个电子，因此，当一个碳原子与四个氢原子组成四对共用电子时，碳原子和氢原子便同时达到稳定结构状态。甲烷分子就是这样结合起来的，可以用电



两个原子之间以一对共用电子构成的共价键，叫做单键。一对电子也可用一条短线“—”表示，这样得到的图



电子式或结构式，都只能表示分子中原子相互联结的次序和方式，不能说明分子的立体形状。经测定，甲烷分子中的五个原子，并不象结构式表示的那样，共处于同一平面上呈正方形，而是具有正四面体结构的，如图 1—2 所示那样。碳原子位于正四面体的中心，四个氢原子则处在正四面体的四个顶点上。

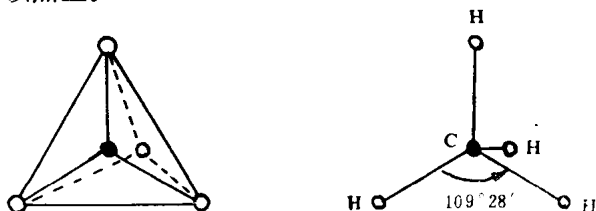


图 1—2 甲烷的分子结构

甲烷分子为何具有正四面体型结构呢？这需要用杂化轨道理论来解释：

处于激发态的碳原子，其外层四个价电子一个在s轨道，三个在p轨道。如果以这四个轨道与氢原子成键，必然会得到能量不同的碳氢键。但是，实际上甲烷分子中的四个碳氢键却是完全等同的，其键长都是 $1.09 \text{ \AA}$ ^①，键能都是98.75千卡/摩尔。对这个问题，杂化轨道理论又做了很好地解释：首先是碳原子的一个s电子跃迁到p轨道，然后一个s轨道与三个p轨道“混和”起来，重新组合成四个能量等同的新轨道。这种组合成新轨道的过程，叫做轨道杂化。由一个s轨道与三个p轨道进行的杂化，称为 sp^3 杂化，得到的四个新轨道叫做 sp^3 杂化轨道。碳原子的这种轨道杂化过程可简单表示如下：

① $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$.

碳原子的 sp^3 杂化轨道既不同于 $2s$ 轨道，也不同于 $2p$ 轨道，从轨道的组成来看，它具有 $1/4$ 的 s 成分和 $3/4$ 的 p 成分。因此， sp^3 轨道的能量比 s 轨道高而比 p 轨道低，其轨道形态如图1—3中的I所示。

四个 sp^3 杂化轨道的对称轴，指向以碳原子为中心的 正四面体的四个顶点。四个对称轴相互之间的夹角都是 $109^\circ 28'$ （图1—3，II）。

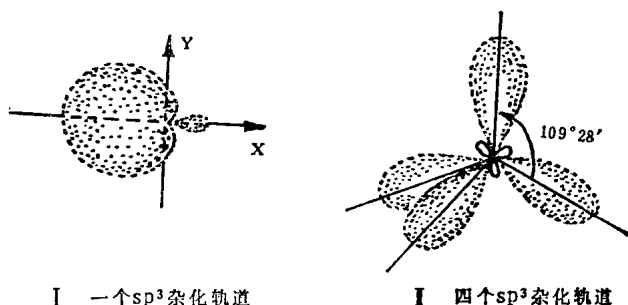


图1—3

碳原子经过 sp^3 杂化后，以四个 sp^3 杂化轨道与四个氢原子的 s 轨道，沿对称轴方向相互重叠，从而形成了四个等同的C—H单键（图1—4），具有正四面体结构的甲烷分

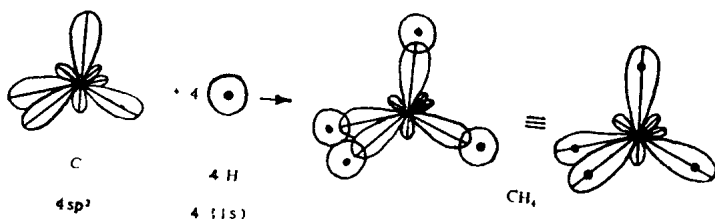


图1—4 甲烷分子的形成示意图

子就这样形成了。凡轨道的重叠是沿键轴的方向，以“头碰头”的方式进行而形成的单键也叫“ σ 键”。图1—5是甲烷分子的球棍模型。黑球代表碳原子，白球代表氢原子，短棍代表 σ 键。

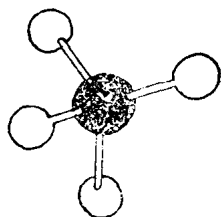
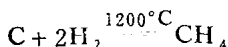


图1—5 甲烷分子的球棍模型

为什么碳原子不用基态或激发态的电子与氢原子结合呢？原因是碳以 sp^3 杂化态电子与氢原子结合时，放出的能量比以前两态与氢结合时放出的能量更多，形成的 CH_4 分子更为稳定。这也是化学反应能够进行的普遍规律之一。

在 $1200^\circ C$ 的高温下，碳与氢气可以直接化合而生成甲烷

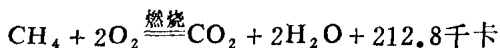


三、甲烷的化学性质

甲烷分子中的四个C—H键都是 σ 键，而 σ 键的键能较高，比较稳定，反应中不易断开，所以在一般情况下，甲烷不易与其它试剂反应，化学性质比较稳定。但是稳定性不是绝对的，在合适的条件下，甲烷也会发生一系列的反应。

(一) 甲烷的氧化

1. 可燃性：纯净的甲烷能在空气中安静地燃烧，发出淡蓝色的火焰，生成水和二氧化碳，并放出大量的热。



根据甲烷的这一反应，可作为气体燃料。但是使用时必须注意，不能点燃甲烷与空气或氧气的混和物，以免引起爆