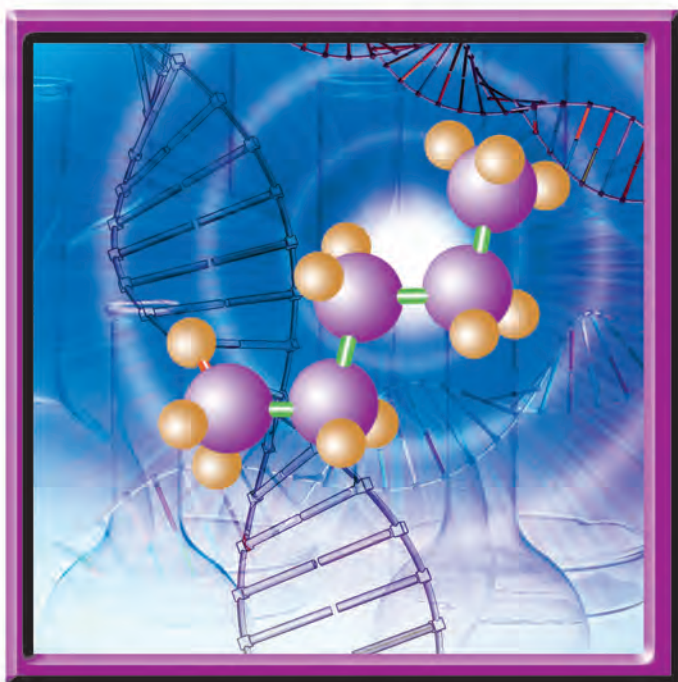



经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过
普通高中课程标准实验教科书·化学

有机化学基础

主编 王祖浩



 江苏凤凰教育出版社

选修

主 编 王祖浩
副 主 编 吴 星 刘宝剑 王云生

本册主编 王祖浩
副 主 编 张天若
编 者 本书编写组

写给同学们的话

亲爱的同学们，欢迎你们学习高中化学选修课程《有机化学基础》。回顾初中的化学学习经历，我们有过曲折，但更多的是快乐。虽然只是化学的启蒙，但我们已经初步了解了化学发展的历程，领略了化学科学的魅力，体验了科学探究的乐趣。通过高中必修课程《化学1》、《化学2》的学习，我们进一步领悟了化学博大精深的科学思想，理解了化学与人类文明的密切关系，学到了更多有趣、有用的化学知识。

化学是什么？著名科学家 R. 布里斯罗在就任美国化学会会长期间撰写了一部经典的著作，名为《化学的今天和明天》。在该书的副标题中，化学被神圣地定义为“一门中心的、实用的、创造性的科学”。

与人类已知的几百万种生物相比，已知的化合物已达数千万种，近来每年化学家创造的新化合物就达 100 万种以上。

物质的结构决定物质的性质，物质的性质关系到物质的用途。时至今日，化学家们积累起来的知识和技术虽能使人们根据需要来设计材料的结构，但难以全部如愿。

化学与制药、石油、橡胶、造纸、建材、钢铁、食品、纺织、皮革等与国民经济息息相关的产业衰荣与共。据统计，大约有50%的工业化学家活跃在这些行业中。

为了保卫地球、珍惜环境，化学家们开创了绿色时代。“绿色化学”正在努力并且已经能够做到：使天空更清洁，使化工厂排放的水与取用时一样干净。

.....

千姿百态的物质世界与高度发达的科学技术将一个飞速膨胀的知识系统呈现在我们眼前；而千变万化的自然现象诱发出无数充满好奇的中学生的思维火花。在这“多样”与“变化”的背后，同学们或许已隐隐发现，万物都有其变化的规律，这种规律就是通常所说的学问。高中化学课程将以一种新的方式来展现这些学问。

如果说初中阶段，我们只是泛舟荡漾在化学的河川之上，为沿途的旖旎风景所倾倒，那么一旦进入高中，我们会发现眼前的河面越发开阔，景色更加优美。扬起风帆，我们将遨游于神奇的化学海洋之中。

我细心观察过今天的高中学生，欣喜地发现，随着时代的进步，同学们的视野更为开阔，思维愈发活跃。教师们常常在为高中生各种新奇的创意与问题惊讶甚至烦恼的同时，不能不从内心叹服他们对化学内涵的深刻理解，以及表现出来的巨大思维潜力。有了如此乐观的基础，在高中化学必修和选修课程的学习过程中，同学们能体验到实验探究的乐趣，掌握科学研究的方法，感受化学在解决人类面临的重大挑战时所做出的贡献。总之，在学习化学基础知识、基本技能的同时，我们应从简单入手，逐步学会解决复杂的问题，学会用化学的眼光和思维去审视我们赖以生存的世界，为日后参与社会决策打下一定基础，从而获益终身。

《有机化学基础》作为继必修课程《化学1》、《化学2》之后的选修课程，它提供了一系列有机化学发展和应用的专题，如认识有机化合物、有机物的结构与分类、常见的烃、烃的衍生物、生命活动的物质基础等。在继承科学传统的基础上，本书更好地融合了学生的认知特征和化学学科发展的线索，建构了新的内容体系，介绍了有机化合物研究的基本方法，阐述了有机物组成、结构和性质的关系，初步揭示了有机化学反应的基本规律，结合大量的事例说明有机物是人类赖以生存的重要物质基础，它对改善生活质量、促进社会的可持续发展有着十分重要的意义。教材设置了丰富多彩的探究活动，帮助同学们学好有机化学。

不同功能的教材栏目体现了作者的编写理念，有助于同学们学习方式的多样化。

【你知道吗】引导同学们回顾已有知识，在新旧知识之间架起“桥梁”，联系自己原有的经验，激发探究的欲望。

【活动与探究】引领同学们积极投身实践活动，在“做中学”的自主探究中享受发现的快乐。

【交流与讨论】设置了一系列的问题情境，引导同学们展开讨论，为充分表现大家的聪明才智和丰富的想象力提供机会。

【观察与思考】展示的实验、模型、图表中蕴涵深刻的化学道理，帮助同学们开启化学思维。

【问题解决】在教材阐述的化学原理、规律之后插入相关的问题，考查同学们知识迁移和解决问题的能力。

【信息提示】以简洁的语言介绍化学的核心概念、基本原理、物质性质和技能方法等。

【调查研究】通过查阅资料、参观和访谈，收集生产生活中发生的化学现象，揭示化学变化的本质，体验化学知识应用的重要性。

【拓展视野】、【资料卡】提供更多、更生动的素材，使同学们在完成必要的学习任务之余开拓视野，进一步领略化学的奇妙和魅力。

【回顾与总结】提示同学们参照所给的问题或线索整理知识，以问题的形式联系本专题重点的知识、技能和方法，增加自我反思和评价的力度。

【练习与实践】帮助同学们巩固知识，应用知识解决某些实际问题。

化学，伴随我们一生的科学。在过去的岁月中，我们渴望了解化学，为此我们有过喜悦，也有过失望，但探索的步伐一直没有停歇。今天，当我们以一种新的姿态来学习化学、理解化学时，你眼中的物质世界将变得更加美好！让我们充满信心，用智慧和勤奋去努力地完成高中阶段化学课程的学习任务，登上更高的台阶。

王祖浩
2014年春

目 录



专题 1

认识有机化合物

1

第一单元 有机化学的发展与应用·····2

第二单元 科学家怎样研究有机物·····6



专题 2

有机物的结构与分类

17

第一单元 有机化合物的结构·····18

第二单元 有机化合物的分类和命名·····29



专题 3

常见的烃

39

第一单元 脂肪烃·····40

第二单元 芳香烃·····48



专题 4

烃的衍生物

59

第一单元 卤代烃·····60

第二单元 醇 酚·····66

第三单元 醛 羧酸·····78



专题 5

生命活动的物质基础

89

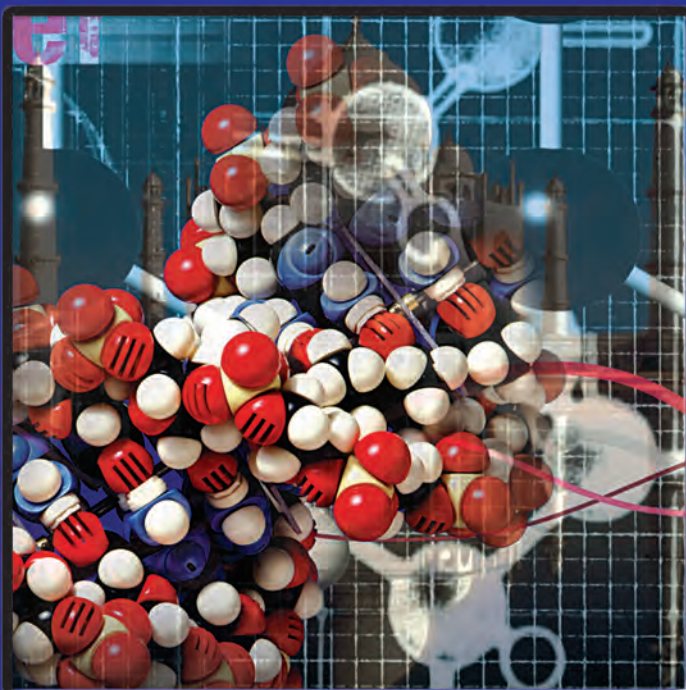
第一单元 糖类 油脂·····90

第二单元 氨基酸 蛋白质 核酸·····100

附录 中英文名词对照表·····114

1 专题

认识有机化合物



- **第一单元**
有机化学的发展与应用
- **第二单元**
科学家怎样研究有机物

第一单元 有机化学的发展与应用

有机化学的发展经历了漫长的过程。我们的祖先早在3 000多年前就已经用煤作为燃料,2 000多年前就掌握了石油和天然气的开采技术,从植物中提取染料、药物和香料等物质也已经有上千年的历史。到了19世纪初,瑞典化学家贝采利乌斯提出了有机化学概念,使有机化学逐渐发展成为化学的一个重要分支。人类对物质结构认识的不断深入和现代分析技术的不断发展,给有机化学注入了新的活力。21世纪的今天,各种合成有机物已经渗透到我们生活的每个角落和生产、国防及科研的各个领域。人类的时刻离不开有机物,有机物是人类赖以生存的重要物质基础。现在,有机化学已经与其他学科融合形成了分子生物学、材料科学以及环境科学等多个新型学科,应用前景十分广阔。



图 1-1 瑞典化学家贝采利乌斯 (J.J. Berzelius, 1779 - 1848)



化学史话

打破无机物和有机物界限的化学家维勒

19世纪中叶以前,人们认为有机物只能由动物或植物产生,不可能通过人工的方法将无机物转变为有机物。这种“生命力论”的思想曾一度扼杀了许多著名化学家的创造力。1828年,德国化学家维勒在制备无机盐氰酸铵(NH_4CNO)时得到了一种结晶物。在大量实验的基础上,他指出:“这种结晶物与尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 对比,毫无疑问是绝对相同的物质。我可以说不用人或狗的肾脏也可以得到尿素。”此后,其他化学家又以无机物为原料合成了醋酸、苹果酸、甲烷、乙炔等有机化合物,使人们彻底摒弃了“生命力论”。



图 1-2 德国化学家维勒 (F. Wöhler, 1800 - 1882)

在人类衣食住行所需的物品中，有许多来源于天然有机物，如糖类、油脂、蛋白质、石油、天然气、天然橡胶等，但也有越来越多的合成有机物进入了人类的生活。如今，塑料、合成纤维、合成橡胶、合成药物等有机物广泛应用于生活的方方面面。现代社会对于人工合成的化学物质的依赖性正日益增强。

交流与讨论



观察图 1-3，谈谈你在日常生活中接触到的有机物。你还知道其他有机物吗？你知道它们的用途吗？人工合成的有机物对你的生活有哪些影响？



图 1-3 人类生活离不开有机物

由于生活和生产的需要，人们学会了合成、分离和提纯有机物。迄今为止，人类发现和合成的有机化合物已超过 7 000 万种。从 1995 年开始，每年新发现和合成的有机化合物已超过 100 万种。



图 1-4 特种功能有机材料

随着社会的进步和科学技术的发展,人类对具有特殊功能的有机物的需求日益增大。这些有机物的合成和使用,极大地改变了人们的生活习惯,提高了人类的生活质量。从某种意义上讲,化学家为人类社会的可持续发展创造了一个新的“自然界”。

生命体中的许多物质,如细胞中存在的糖类、脂肪、氨基酸、蛋白质和核酸等,都是有机物。有机物在维持生命活动的过程中发挥着重要的作用。例如,依靠酶的催化作用,人体将食物消化,并将一些简单分子合成为生命活动所需的生物分子;具有遗传功能的 DNA 能够把遗传信息传递给下一代。

药物化学已经成为化学的一个重要领域,世界上每天都会合成出很多种经过药理试验的备选药物,这些备选药物中的大多数是有机化合物。利用药物治疗疾病已经成为人类文明进步的重要标志,使用药物能够帮助人类战胜疾病,大大延长人类的寿命。

随着人类对 DNA 双螺旋结构和功能认识的不断深入,人类对自身的了解将迈上一个新台阶,运用基因技术诊治疾病将不再是梦想,基因技术的发展将会对人类的未来产生更直接、更深远的影响。



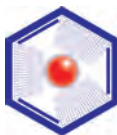
图 1-5 DNA 的双螺旋结构模型



调查研究

查阅有关资料,了解有机材料(如医用材料、光功能材料、工程材料、黏合剂、涂料等)的组成、性质及其发展现状。

拓展视野



世界上第一次人工合成的蛋白质

——结晶牛胰岛素

世界上第一次用人工方法合成的蛋白质——结晶牛胰岛素，于1965年在中国诞生。这项工作由中国科学院生物化学研究所、有机化学研究所和北京大学化学系三个单位协作完成。牛胰岛素是由21个氨基酸组成的A链与由30个氨基酸组成的B链，通过3个二硫桥键结合而成的蛋白质。它的合成须按顺序完成约220个反应。科学家们齐心协力，不断探索合成条件和改进合成路线，终于在世界上首次成功地用有机化学方法以氨基酸为原料合成了这个具有生物活性的蛋白质，使人类在认识生命、揭开生命奥秘的伟大进程中迈出了一大步，促进了生命科学的发展，标志着人类合成蛋白质时代的开始。结晶牛胰岛素的人工合成于1982年获国家自然科学成果一等奖。

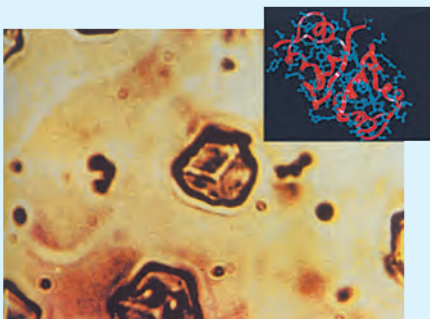


图 1-6 结晶牛胰岛素及其结构示意图

练习与实践

- 在人类已知的化合物中，种数最多的是（ ）
 - 过渡元素形成的化合物
 - 第ⅢA族元素形成的化合物
 - 第ⅣA族元素形成的化合物
 - 第ⅦA族元素形成的化合物
- 举例说明有机化学的发展对提高人类生活质量的重大作用。
- 有机化学对社会的进步起到了巨大的推动作用，请你举例说明有机化学在工农业生产、科学研究中的重大作用。
- 有机化学与生命科学的关系如何？请查阅有关资料，阐述你对它们过去、现在以及未来关系的认识。

第二单元 科学家怎样研究有机物

我们知道有机化合物(organic compound)都含有碳元素,绝大多数含有氢元素,很多有机化合物还含有氧元素、氮元素、卤族元素、硫元素、磷元素等。有机物与无机物除了组成上存在差异外,在结构和性质上也有明显的不同。有机化合物的组成和结构特点,决定了大多数有机物与无机物具有不同的性质。例如,多数有机物易溶于极性较小的溶剂,熔点、沸点较低,容易燃烧,受热易分解,发生化学反应时其反应速率通常较小,副反应较多。

人类对有机化合物的研究经历了“从天然的动植物中提取、分离出一些纯净物”、“研究有机化合物的组成、结构、性质和应用”、“根据需要对有机化合物分子进行设计和合成”的不同的发展过程,这是有机化学发展的必经之路。

有机化合物组成的研究

科学家研究有机化合物的组成时,需要知道该化合物由哪些元素组成,各元素的质量分数是多少。由此,科学家就能够知道有机化合物的最简式^①。

在日常生活中,我们经常见到有机物燃烧。有机物燃烧的产物能给我们带来多方面的信息,这些信息为我们研究有机物的组成提供了重要的依据。

资料卡

如何确定有机化合物的元素组成

有机化合物通常含有碳元素和氢元素。测定有机化合物中碳、氢元素质量分数的方法最早由李比希(J. V. Liebig)于1831年提出,其基本原理是利用氧化铜在高温下氧化有机物,生成水和二氧化碳,然后分别采用高氯酸镁和烧碱石棉

^① 最简式又称实验式,指有机化合物所含各元素原子个数的最简整数比。

剂(简称碱石棉,即附有氢氧化钠的石棉)吸收水和二氧化碳,根据吸收前后的质量变化获得反应生成的水和二氧化碳的质量,进而确定有机化合物中氢和碳的质量分数。

用钠融法可定性确定有机物中是否存在氮、氯、溴、硫等元素。将有机样品与金属钠混合熔融,氮、氯、溴、硫等元素将以氰化钠、氯化钠、溴化钠、硫化钠等形式存在,再用无机定性分析法测定。

用铜丝燃烧法可定性确定有机物中是否存在卤素。将一根纯铜丝加热至红热,蘸上试样,放在火焰上灼烧,如存在卤素,火焰为绿色。

现在,人们常借助元素分析仪来确定有机化合物的组成。元素分析仪的工作原理是在不断通入氧气流的条件下,把样品加热到 $950 \sim 1200^{\circ}\text{C}$,使之充分燃烧,再对燃烧产物进行自动分析。元素分析仪自动化程度高,分析元素含量时所需样品量小,分析速度快,可以同时碳、氢、氧、硫等多种元素进行分析,分析试样可以是易挥发或难熔物质。元素分析仪与计算机连接,可进行数据的存储和统计分析,并可根据要求生成各种形式的分析报告。



图 1-7 元素分析仪

有机化合物结构的研究

在有机化合物分子中,原子主要通过共价键结合在一起。分子中的原子之间可能存在多种结合方式或连接顺序,原子之间结合方式或连接顺序的不同导致了所形成物质在性质上的差异,有时结构上的细微变化会导致性质的巨大差别,甚至截然不同。

李比希对“基团”概念的贡献

1831年,德国化学家李比希在研究樟脑、樟脑酸、苦杏仁油等物质的基础上,开始尝试建立有机化合物的分类体

化学史话



系。他指出：“无机化学中的‘基’是简单的，有机化学中的‘基’则是复杂的，这是两者的不同点。但是，在无机化学和有机化学中，化学的规律是一样的。”1838年，他提出了“基”的定义：



图 1-8 德国化学家李比希
(J. V. Liebig, 1803 - 1873)

1. 有机化学中的“基”是一系列化合物中不变的部分。

2. “基”在化合物中可被某种元素的单个原子所置换。

3. 置换“基”的基团，可以被其他基团所取代。

从此，有机化学中“基”的概念就确定了。李比希通过基团理论初步归纳总结了一些有机反应机理。现在看来，“基团理论”存在着不少缺陷，如“基”并非一成不变等。但李比希开拓性的工作，启发、引导后来的化学家们对有机化合物分子结构与性质之间的关系展开了卓有成效的研究。

“基团理论”对有机化学的发展起到了巨大的推动作用，人们也在不断完善这一理论。直到今天，人们在研究有机化合物时仍首先研究其所具有的基团 (group)，如羟基 (—OH)、醛基 (—CHO)、羧基 (—COOH)、氨基 (—NH₂)、烃基 (—R) 等，不同的基团具有不同的结构和性质特点。

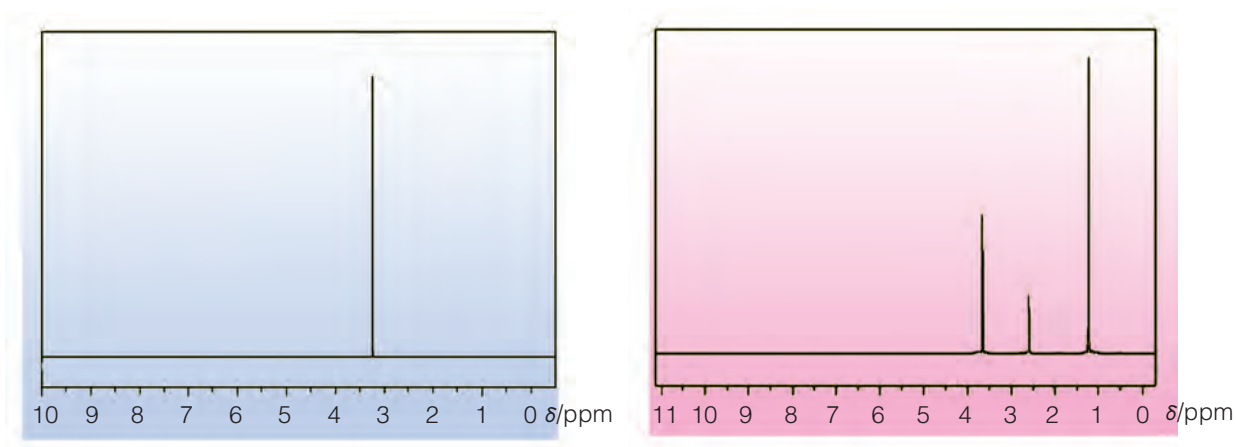
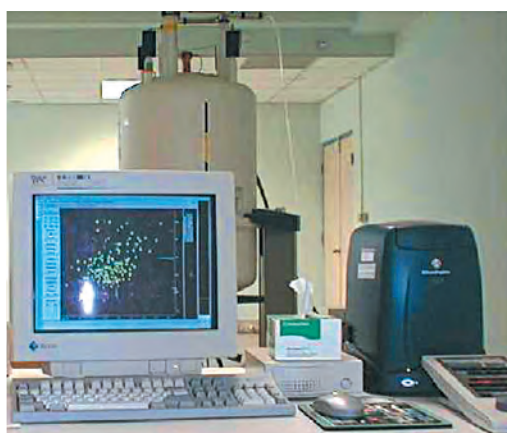
现代化学测定有机化合物结构的分析方法比较多，经常采用的是核磁共振 (NMR, nuclear magnetic resonance) 和红外光谱 (IR, infrared spectroscopy) 等方法。在核磁共振分析中，最常见的是对有机化合物的¹H核磁共振谱 (¹H-NMR) 进行分析。有机物分子中的氢原子核，所处的化学环境 (即其附近的基团) 不同，表现出的核磁性就不同，代表核磁性特征的峰在核磁共振谱图中横坐标的位置 (化学位移，符号为 δ) 也就不同。



观察与思考

请根据乙醇分子的结构思考以下问题：

1. 乙醇分子中有几种不同化学环境的氢原子？
2. 图 1-9 是分子式为 C₂H₆O 的两种有机化合物的¹H核磁共振谱图，你能分辨出哪一幅是乙醇的¹H-NMR谱图吗？请与同学交流你作出判断的理由。

图 1-9 分子式为 C_2H_6O 的两种有机物的 1H 核磁共振谱图^①

核磁共振仪



傅立叶红外光谱仪

图 1-10 核磁共振仪和傅立叶红外光谱仪

分子式为 C_2H_6O 的有机物有甲醚和乙醇。甲醚 (CH_3-O-CH_3) 分子中的 6 个氢原子处于相同的化学环境, 在核磁共振谱中只会出现在一个位置上出现特征峰; 乙醇 (CH_3-CH_2-OH) 分子中存在三种处于不同化学环境的氢原子, 在核磁共振谱中代表这三种氢原子核磁性的特征峰共有三组, 出现在不同的位置上。有机化合物的核磁共振谱提供了有机化合物结构的重要信息。对核磁共振谱的分析, 有助于我们进一步认识有机物的结构。

红外光谱是利用有机化合物分子中不同基团的特征吸收频率不同, 测试并记录有机化合物对一定波长范围的红外光吸收

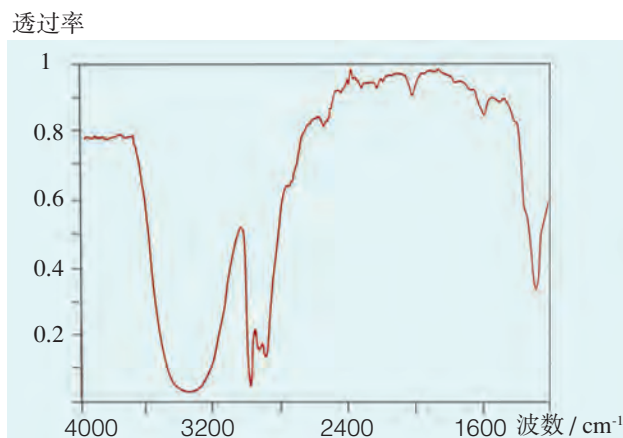


图 1-11 乙醇的红外光谱图

^① 为简明起见, 对实际的核磁共振谱图作了简化处理。

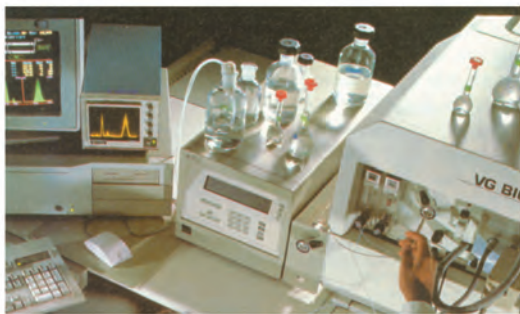
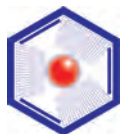


图 1-12 质谱仪

情况。根据对红外光谱的分析,可以初步判断该有机化合物中具有哪些基团。

测定有机物的组成和结构的现代分析方法,还有质谱法和紫外光谱法等。其中质谱法是用高能电子束轰击有机物分子,使之分离成带电的“碎片”,并根据“碎片”的某些特征谱分析有机物结构的方法。



拓展视野

诺贝尔化学奖与物质结构分析

历史上许多科学家因在物质结构分析方面的突出贡献而获得诺贝尔化学奖。2002年诺贝尔化学奖授予了美国科学家芬恩(J. B. Fenn)、日本科学家田中耕一(Koichi Tanaka)和瑞士科学家维特里希(K. Wuthrich),以表彰他们发明对生物大分子进行识别和结构分析的方法所作出的巨大成就。

“看清”DNA、蛋白质等生物大分子的真面目曾经是科学家们的梦想,如今这一梦想已成为现实。芬恩和田中耕一发明了“对生物大分子的质谱分析法”;维特里希发明了“利用核磁共振技术测定溶液中生物大分子三维结构的方法”。前一项成果解决了“看清”生物大分子是“谁”的问题,后一项成果则解决了“看清”生物大分子是“什么样子”的问题。这些分析方法可对溶液中的蛋白质进行分析,因而能对活细胞中的蛋白质进行分析,获得“活”蛋白质的结构。1985年,科学家利用这种方法第一次绘制出蛋白质的结构图。

自人类基因组图、水稻基因组草图以及其他一些生物基因组图成功绘制后,生命科学和生物技术已进入后基因组时代。这一时代的重点课题是研究蛋白质的结构和功能,破译基因怎样控制和合成蛋白质,蛋白质又是如何发挥生理作用等。在这些课题中,判定生物大分子的“身份”,“看清”它们的结构非常重要。因此,三位诺贝尔化学奖得主发明的分析方法,对生物化学的发展将发挥重要作用。

资料卡

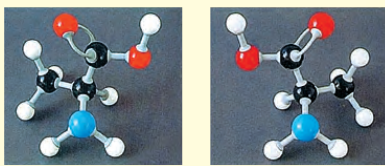
手性分子

在化学物质的“海洋”中，是否存在分子组成和原子连接方式完全相同的两种分子，由于分子中的原子在空间排列不同，而互为同分异构体？是否存在两种分子，它们犹如一个人的左右手，其中一只手只有在镜像中才能与另一只手完全重叠？

研究发现，在丙氨酸 (CH_3CHCOOH) 分子中有 1 个

$$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

碳原子分别连有 4 个不同的原子或原子团 ($-\text{H}$ 、 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$)，当这 4 个原子或原子团以不同的空间排列方式与该碳原子相连时，就会得到如图 1-14 所示的两种分子，分别命名为 D-丙氨酸和 L-丙氨酸。这两种分子犹如人的左右手，它们互为镜像且不能重叠。我们把像 D-丙氨酸和 L-丙氨酸分子这样，分子不能与其镜像



L-丙氨酸

D-丙氨酸

图 1-14 手性分子丙氨酸的结构模型

重叠者，称为手性分子 (chiral molecule)；两个互为镜像且不能重叠的异构体称为对映异构体 (enantiomer)；与 4 个不同的原子或原子团相连的碳原子称为手性碳原子 (chiral carbon atom)。

这些物质还具有神奇的光学特性。当一束偏振光通过它们时，光的偏振方向将被旋转，被旋转的角度称旋光度。L-丙氨酸可使偏振光向右旋转，D-丙氨酸则可使偏振光向左旋转。

镜像，不仅仅是你熟悉的一个生活现象。

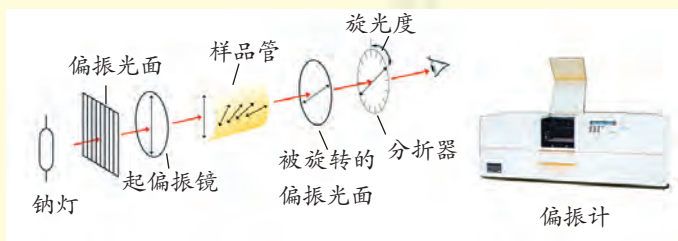


图 1-15 用于测手性化合物旋光性的偏振计及其原理



图 1-13 左右手的镜像关系

有机化学反应的研究

设计并合成新的有机化合物是有机化学的重要研究内容。通过有机化学反应,科学家们已经成功合成大量具有特殊功能的有机化合物。在已颁发的诺贝尔化学奖中,有40多项获奖项目的研究内容涉及有机化合物的合成和有机化学反应的研究。有机化学反应需要什么条件、受哪些因素的影响、反应机理(reaction mechanism)^①如何等等,这些都是科学家们研究的课题。研究有机反应,能够帮助我们更好地应用有机化合物,使有机化合物更好地造福人类。



交流与讨论

美国化学家科里(E. J. Corey)多年来致力于有机合成方法的研究,创立了有机化合物合成的“逆合成分析理论”,并于1990年获得诺贝尔化学奖。请查阅有关资料,结合实例讨论“逆合成分析理论”的应用。

同学们熟悉的甲烷与氯气在光照条件下发生的卤代反应,其反应机理已经研究清楚,这是一个自由基链反应。氯气分子在光照或加热条件下形成氯原子,即氯自由基($\text{Cl}\cdot$);氯自由基与甲烷分子发生碰撞时,从甲烷分子中夺得一个氢原子,生成氯化氢分子,甲烷则转变为甲基自由基($\text{CH}_3\cdot$);甲基自由基与氯气分子发生碰撞时,从氯气分子中夺得一个氯原子,生成一氯甲烷分子,氯气分子转变为氯自由基($\text{Cl}\cdot$)……在甲烷的光氯代反应中,氯气每吸收1个光子,将会生成数千个氯甲烷分子。有机反应种类繁多,涉及不同的反应机理。研究反应机理,有助于我们更好地认识反应的实质,更恰当地运用有机反应。

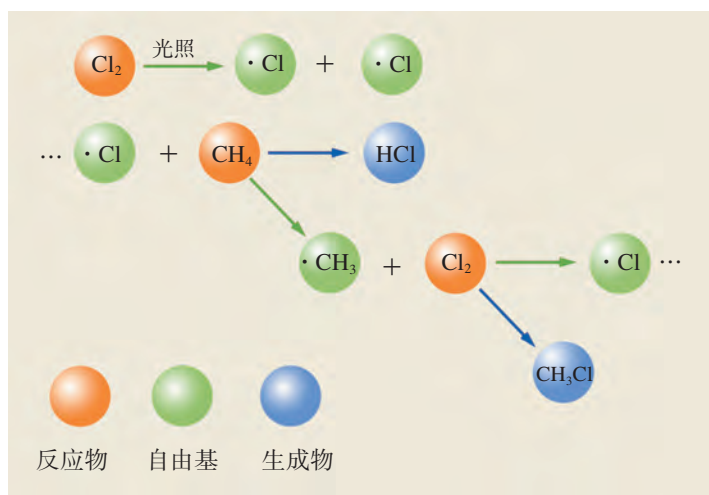


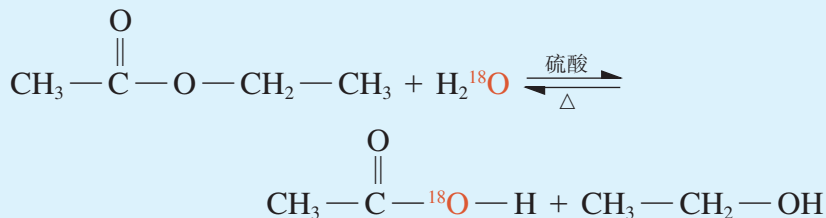
图 1-16 Cl_2 与 CH_4 的反应机理

^① 反应机理又称反应历程,指反应物转变为生成物所经历的过程。

问题解决



将乙酸乙酯与 H_2^{18}O 混合后，加入硫酸作催化剂，乙酸乙酯在加热条件下将发生水解反应。下面是该反应的化学方程式：



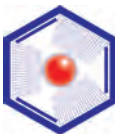
1. 根据产物中 ^{18}O 的分布情况，你能判断出乙酸乙酯在发生水解时分子中的哪个共价键发生了断裂？

2. 请你说说同位素示踪法研究化学反应时运用了同位素的哪些性质。

3. 你还知道其他可用同位素示踪法研究的化学反应吗？请举例说明。

同位素示踪法 (isotopic tracer method) 是科学家经常使用的研究化学反应历程的手段之一。匈牙利化学家海维西 (G. C. de Hevesy) 因为在运用同位素示踪法研究化学反应历程方面贡献突出，获得了 1943 年诺贝尔化学奖。

拓展视野



不对称合成

对映异构现象在天然物质中广为存在。由于这些异构体与普通化合物反应时表现出相同的性质，在很长一段时间里，人们不能有效地合成所需要的对映异构体，只能先合成包含所需化合物的混合物，再从得到的混合物中分离出所需物质，这样既浪费了资源，又破坏了环境。直到美国科学家夏普雷斯 (K. B. Sharpless)、日本科学家野依良治 (Ryoji Noyori) 和美国科学家诺尔斯 (W. S. Knowles) 实现了对映异构体的不对称合成，才使合成得到的有机化合物几乎都是所需要的对映异构体，他们因此获得了 2001 年诺贝尔化学奖。不对称合成方法的发现，改变了自有机合成出现以来合成手性分子的方法，促进了化学学科的发展，给制药和化工行业带来了巨大的影响和良好的经济效益。

练习与实践

1. 某有机物在氧气中充分燃烧,生成等物质的量的水和二氧化碳。则该有机物的组成必须满足的条件是()

- A. 分子中 C、H、O 的个数比为 1 : 2 : 3
- B. 分子中 C、H 的个数比为 1 : 2
- C. 该有机物的相对分子质量为 14
- D. 该分子中肯定不含氧元素

2. 请设计实验方案区分己烷、溴乙烷、乙醇三种液态有机物。

3. 某同学为测定维生素 C 中碳、氢的质量分数,取维生素 C 样品研碎,称取该试样 0.352 g,置于铂舟并放入燃烧管中,不断通入氧气流。用酒精喷灯持续加热样品,将生成物先后通过无水硫酸铜和碱石灰,两者分别增重 0.144 g 和 0.528 g,生成物完全被吸收。试回答以下问题:

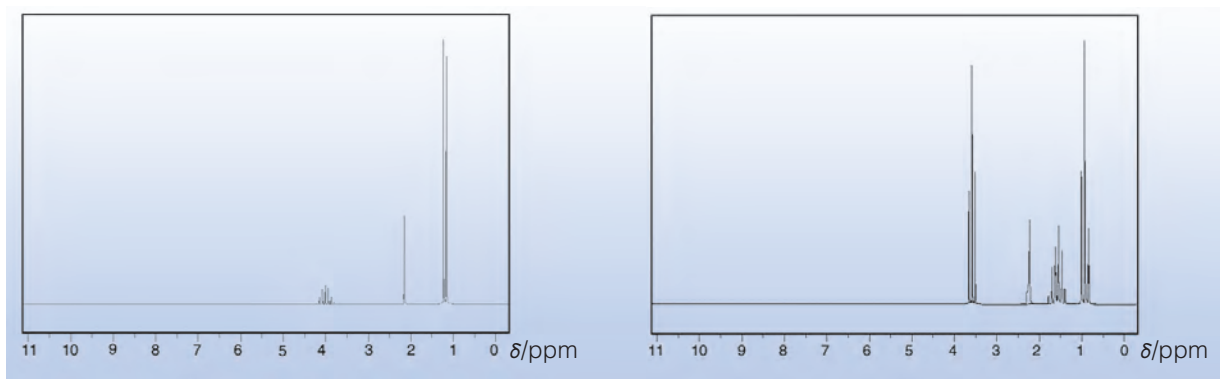
(1) 维生素 C 中碳的质量分数是_____, 氢的质量分数是_____。

(2) 维生素 C 中是否含有氧元素? 为什么?

(3) 如果需要你确定维生素 C 的分子式,你还需要哪些信息?

4. 举例说明基团理论、同位素示踪法、现代物质结构分析方法在有机化学研究中的应用。

5. 下列两幅谱图是结构简式为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 和 $\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\text{C}}\text{HCH}_3$ 的两种有机化合物的 ^1H 核磁共振谱图。请判断哪一幅是 $\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\text{C}}\text{HCH}_3$ 的 ^1H -NMR 谱图,并说明理由。



A

B

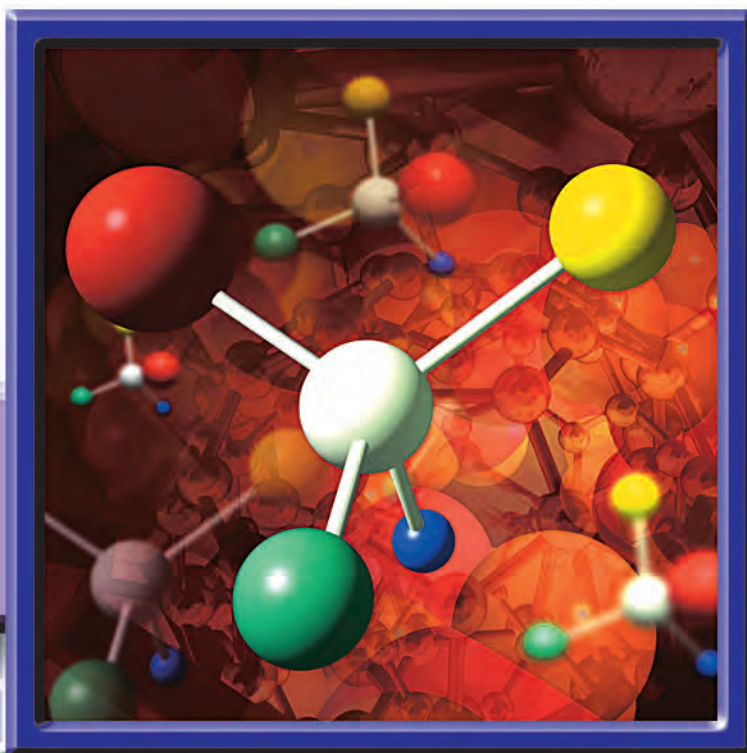
回顾与总结

学完本专题内容，你可以参考以下问题或线索，进行知识整理和总结。

1. 你知道有机化合物在日常生活中有哪些重要应用？
2. 有机化合物与人类的生命活动有何关系？
3. 以无机物为原料能否合成得到有机物？试举例说明。
4. 研究有机化合物的组成有哪些常用的方法？研究有机化合物的组成有何意义？
5. 请列举有机化合物中常见的基团。
6. 研究有机化合物结构的意义是什么？你知道哪些现代物质结构分析方法？
7. 化学方程式与反应历程（即反应机理）的关系是什么？请举例说明。
8. 与无机物比较，有机物在组成、结构方面有哪些特征？请举例说明。
9. 学完本专题内容，你对有机化学的发展和有哪些新的认识？

本专题作业

1. 某化合物6.4 g在氧气中完全燃烧,只生成8.8 g CO_2 和7.2 g H_2O 。下列说法正确的是()
 - A. 该化合物仅含碳、氢两种元素
 - B. 该化合物中碳、氢原子个数比为1:4
 - C. 无法确定该化合物是否含有氧元素
 - D. 该化合物中一定含有氧元素
2. 已知胰岛素含硫的质量分数为3.4%,相对分子质量为5 734,则每个胰岛素分子中所含硫原子数为多少?
3. 查阅有关资料,了解因研究有机化学而获得诺贝尔化学奖的某一位科学家的生平及其所作出的贡献。将你查阅到的资料与同学们交流,并将自己的感受写成一份报告。
4. 测定有机化合物结构的现代方法有哪些?试结合实例加以说明。
5. 某仅由碳、氢、氧三种元素组成的有机化合物,经测定其相对分子质量为90。取该有机化合物样品1.8 g,在纯氧中完全燃烧,将产物先后通过浓硫酸和碱石灰,两者分别增重1.08 g和2.64 g。试求该有机化合物的分子式。



- **第一单元**
有机化合物的结构
- **第二单元**
有机化合物的分类和命名

第一单元 有机化合物的结构

组成有机化合物的元素主要有碳、氢、氧、氮、硫等。有些有机化合物分子仅包含几个原子，而有些却包含成千上万个原子。组成上的差别是造成有机化合物性质差异的重要因素之一。人们还发现，有些分子组成存在差异的有机化合物，它们的性质却较为相似；有些分子组成完全相同的物质，它们的性质却有明显的差异。研究表明，产生上述情况的主要原因与有机化合物的结构密切相关。

有机物中碳原子的成键特点

任何有机化合物都含有碳元素，碳原子通过共价键结合形成的碳链或碳环构成了绝大多数有机化合物的基本骨架。在有机化合物分子中，碳原子总是形成4个共价键，碳原子之间可以形成碳碳单键（ $C-C$ ）、碳碳双键（ $C=C$ ）和碳碳叁键（ $C\equiv C$ ）等，碳原子与氢原子之间只能形成碳氢单键（ $C-H$ ），碳原子与氧原子之间则可以形成碳氧单键（ $C-O$ ）或碳氧双键（ $C=O$ ）。



化学史话

有机化合物的三维结构

19世纪中叶前，人们对有机化合物结构的认识一直停留在二维空间。随着有机合成技术和分析技术的发展，大量同分异构体被合成和发现，人们对有机化合物结构的认识才逐步深入。当时人们认为二取代甲烷（如 CH_2R_2 ）有两种异构体，但是人们始终只能合成得到一种二取代甲烷。直到1874年，年仅22岁的荷兰化学家范特霍夫（J. H. Van't Hoff）提出了碳原子成键的新解释，才成

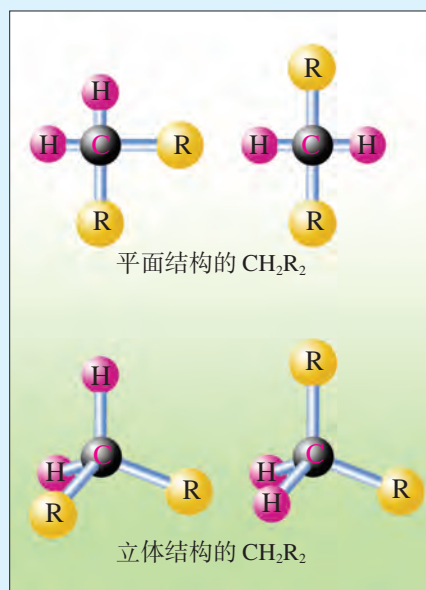


图2-1 范特霍夫提出对有机化合物结构的三维认识，开辟了立体化学研究领域

成功地解决了这个困扰化学家多年的问题。

就在范特霍夫发表上述观点后不到两个月，法国化学家勒贝尔（J. A. Le Bel）用其他推理方法得到了相同的结论，这表明科学发现有其可遵循的规律。

你知道范特霍夫和勒贝尔提出的立体化学理论为什么能解决困扰 19 世纪化学家们的难题吗？

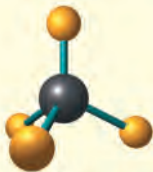
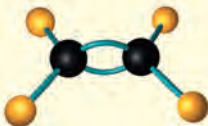




交流与讨论



请结合已经学过的知识对下列问题展开讨论。

1. 请搭建甲烷、乙烯和乙炔的分子结构模型，并填写表 2-1。

表 2-1 甲烷、乙烯和乙炔分子的组成、结构和空间构型

有机物	甲烷	乙烯	乙炔
分子式			
结构式			
球棍模型			
比例模型			
分子的空间构型			

2. 我们已经认识的有机化合物中，有些含有氧元素。你能写出乙醇和乙酸分子的结构式吗？

3. 研究发现，有机化合物分子的形状与碳原子的成键方式关系密切。你能归纳出其中的规律吗？请与同学交流你总结得到的规律。

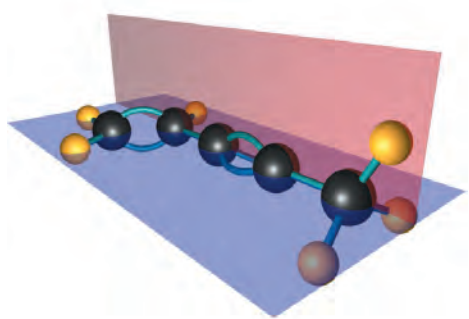
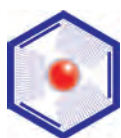


图 2-2 有机物中碳原子的成键取向

研究表明,当1个碳原子与其他4个原子连接时,这个碳原子将采取四面体取向与之成键。当碳原子之间或碳原子与其他原子之间形成双键时,形成该双键的原子以及与之直接相连的原子处于同一平面上。当碳原子之间或碳原子与其他原子之间形成叁键时,形成该叁键的原子以及与之直接相连的原子处于同一直线上。在烃分子中,仅以单键方式成键的碳原子称为**饱和碳原子**,以双键或叁键方式成键的碳原子称为**不饱和碳原子**。



拓展视野

杂化轨道理论与有机化合物空间构型

科学家根据多电子原子中电子的能量差异和运动区域的不同,认为核外电子分别处在不同的轨道^①(orbital)上运动,并用s、p、d、f来表示不同形状的轨道。电子在

原子核外的运动状态,可以通过其运动轨道所处的电子层、轨道的形状、轨道的伸展方向以及电子的自旋状态四个方面去描述。

碳原子核外的6个电子中2个电子占据了1s轨道,2个电子占据了2s轨道,2个电子占据了2p轨道。^②

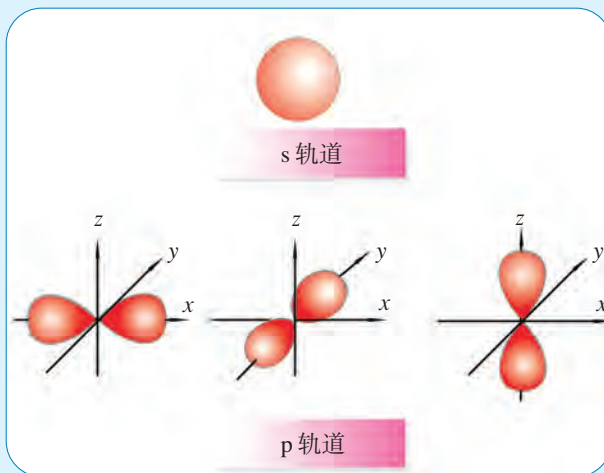


图 2-3 s 轨道和 p 轨道的示意图

① 这里说的电子运动的轨道(简称原子轨道)与宏观物体的运动轨道不同,它是指量子力学描述电子在原子核外空间运动的主要区域。

② 1s表示处于第一电子层(K层)的s轨道,2s表示处于第二电子层(L层)的s轨道,2p表示处于第二电子层(L层)的p轨道。

碳原子处于能量最低状态时只有2个未成对电子。但是,研究表明,在有机化合物分子中,碳原子总是能形成4个共价键,使其最外层达到8电子稳定结构。碳原子是如何形成4个共价键的呢?原来,当碳原子与其他原子形成共价键时,碳原子最外层的原子轨道会发生杂化,使碳原子核外具有4个未成对电子,因而能与其他原子形成4个共价键。

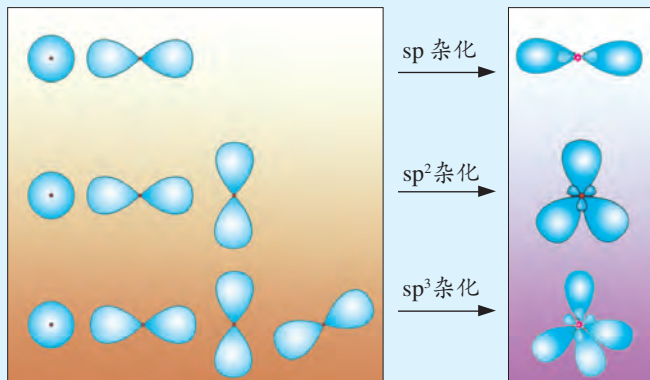


图 2-4 碳原子的几种杂化轨道形状示意图

杂化方式不同,所形成分子的空间构型也不同。表 2-2 表示的是几种简单有机分子中碳原子轨道的杂化方式以及分子的空间构型。

表 2-2 几种简单有机分子中碳原子轨道的杂化方式

有机分子	CH ₄	CH ₂ =CH ₂	CH≡CH	C ₆ H ₆
碳原子轨道的杂化方式	sp ³	sp ²	sp	sp ²
分子的空间构型	正四面体	平面	直线	平面

通常情况下,碳原子与碳原子之间、碳原子与氢原子之间形成的单键都是σ键;碳原子与碳原子之间、碳原子与氧原子之间形成的双键中,一个价键是σ键,另一个是π键;碳原子与碳原子之间形成的叁键中,一个价键是σ键,另两个是π键。苯分子中的化学键较为特殊,碳原子与氢原子之间形成σ键,而在碳原子与碳原子之间除了形成一个σ键以外,6个碳原子还共同形成大π键。

有机物结构的表示方法

有机化合物的分子式能够直观地反映出有机化合物分子的组成,但是它不能表示这些原子之间的连接情况。了解分子中原子相互连接的情况,对我们研究有机化合物的性质十分重要。在有机化学中,常用结构式(structural formula)、结构简式(condensed structural formula)以及键线式(bond-line formula)来表示有机化合物分子的结构。



观察与思考

表2-3列出了一些有机化合物分子的结构式、结构简式和键线式,你认为这些表示有机化合物分子结构的方法各有哪些优缺点?

表 2-3 一些有机化合物分子的结构式、结构简式和键线式

物质名称 分子式	结构式	结构简式	键线式
戊烷 C_5H_{12}	$ \begin{array}{cccccc} & H & H & H & H & H \\ & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -C & -C-H \\ & & & & & \\ & H & H & H & H & H \end{array} $	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ 或 $CH_3(CH_2)_3CH_3$	
丙烯 C_3H_6	$ \begin{array}{ccc} & H & H & H \\ & & & \\ H & -C & -C & =C-H \\ & & & \\ & H & & \end{array} $	$CH_3-CH=CH_2$ 或 $CH_3CH=CH_2$	
乙醇 C_2H_6O	$ \begin{array}{ccc} & H & H \\ & & \\ H & -C & -C-O-H \\ & & \\ & H & H \end{array} $	CH_3-CH_2-OH 或 CH_3CH_2OH	
乙酸 $C_2H_4O_2$	$ \begin{array}{ccc} & H & O \\ & & \\ H & -C & -C-O-H \\ & & \\ & H & \end{array} $	$CH_3-\overset{O}{\parallel}C-OH$ 或 CH_3-COOH 或 CH_3COOH	

信息提示

书写结构简式的注意点

1. 表示原子间形成单键的“—”可以省略。如乙烷结构式中 C—H、C—C 中的“—”均可省略，其结构简式可写为 CH₃—CH₃、H₃C—CH₃、CH₃CH₃ 等。

2. “C=C”和“C≡C”中的“=”和“≡”不能省略。如乙烯的结构简式可写为 CH₂=CH₂、H₂C=CH₂

等，而不能写为 CH₂CH₂。但是，醛基 ($\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$)、羧基 ($\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$) 则可进一步简写为 —CHO、—COOH。

3. 准确表示分子中原子成键的情况。如乙醇的结构简式可写为 CH₃CH₂OH、HO—CH₂CH₃ 等。

结构式能完整地表示出有机化合物分子中每个原子的成键情况，但对于结构比较复杂的分子而言，采用结构简式或键线式表示有机化合物分子结构，能够删繁就简，有利于我们把握有机化合物分子的结构特征。键线式只要求表示出碳碳键以及与碳原子相连的基团，图式中的每个拐点和终点均表示一个碳原子，比结构简式更为简单明了。

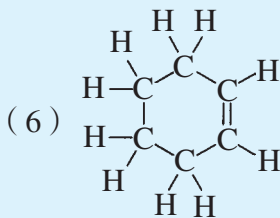
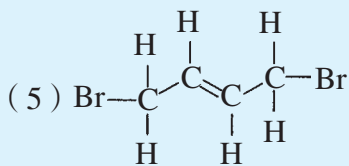
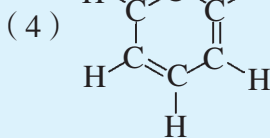
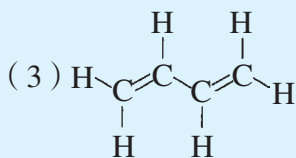
问题解决



结构式、结构简式和键线式是表示有机化合物分子结构的三种常见图式。你能写出下列有机化合物分子的结构简式和键线式吗？

(1) 丙烷

(2) 丙酸



同分异构体

有机化合物分子中通常含有较多的原子。分子内部原子的结合顺序、成键方式等不同,就会产生分子式相同而结构不同的现象,即同分异构现象(isomerism)。具有同分异构现象的化合物互称为同分异构体(isomer)。同分异构现象普遍存在于有机化合物中。



活动与探究

对下列问题的探究,可以帮助我们进一步认识产生同分异构现象的原因。

1. 在前面的学习中,我们已经认识了一些同分异构体。由此,请你说说产生同分异构现象的原因。

2. 搭建分子结构模型,可以帮助我们更好地认识分子中原子的空间位置关系,加深我们对同分异构体的认识。请尽可能多地搭建具有下列分子组成的有机化合物结构模型,并填写下表。

分子式	可能具有的结构简式
C_2H_6	
C_3H_8	
C_4H_{10}	
C_5H_{12}	
C_4H_8	

3. 根据上述探究,请回答以下问题:

- (1) 产生同分异构现象的本质原因是什么?
- (2) 是不是每种分子都具有同分异构体?

同分异构体虽然具有相同的分子组成,但其性质却存在差异,其本质原因是同分异构体具有不同的结构。例如,乙酸(CH_3COOH)和甲酸甲酯(HCOOCH_3)互为同分异构体,前者易溶于水且具有酸性,后者难溶于水且没有酸性;再如,戊烷(C_5H_{12})共有三种同分异构体,这三种戊烷^①(如图 2-5)的沸点各不相同。

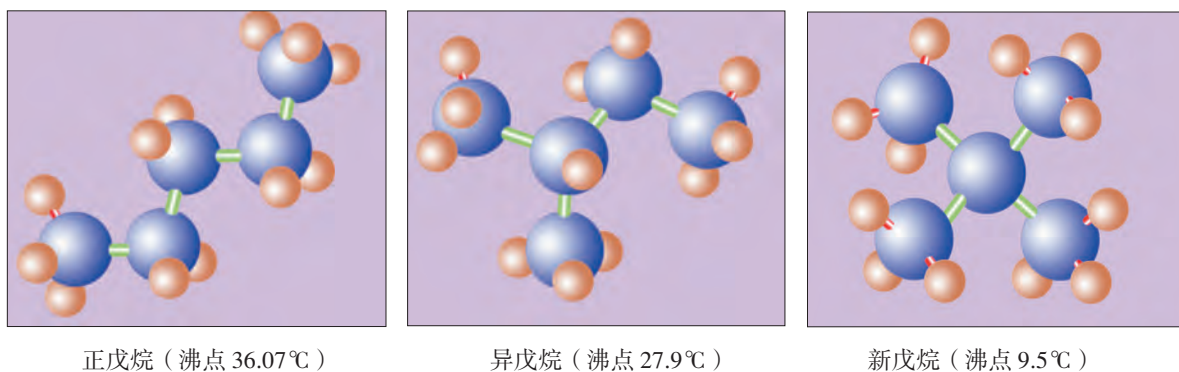
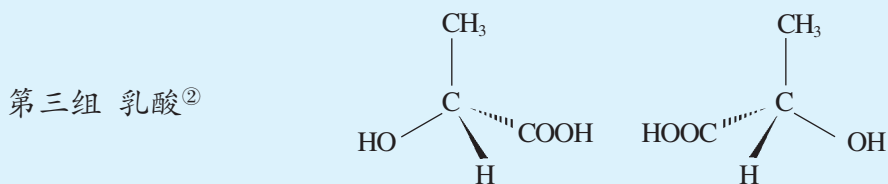
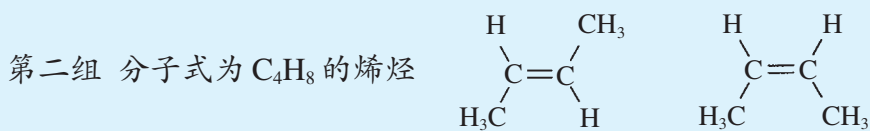
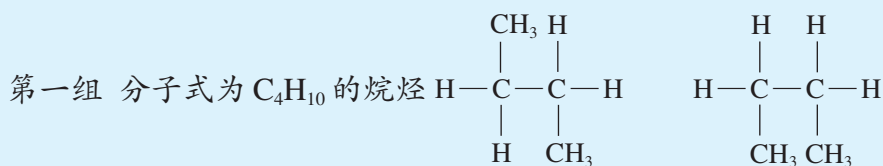


图 2-5 戊烷的三种同分异构体结构模型

交流与讨论



请仔细观察下面三组有机分子结构,它们是同分异构体吗?为什么?请与同学交流你的想法。



^① 戊烷三种同分异构体的命名方法请参见本书第 32 页。

^② 表示乳酸分子空间结构的图式叫楔形式。该图中,“—”表示成键的两个原子都在纸面内;“\”表示成键的两个原子一个在纸面内,另一个在纸面上方;“\”表示成键的两个原子一个在纸面内,另一个在纸面下方。

信息提示

碳碳双键的特点

原子之间通过电子云的重叠可以形成共价键。在碳碳单键中，电子云的重叠出现在成键原子核的连线上。当成键碳原子沿成键方向发生相对旋转时，成键碳原子间的电子云重叠程度不发生变化，该单键不会断裂。

在碳碳双键中，除了在两个成键碳原子原子核的连线上出现电子云重叠形成一个共价键外，在这两个碳原子以及与这两个碳原子相连的4个原子所处平面的上方和下方也会出现电子云的重叠，形成另一个共价键。当两个碳原子沿成键方向发生相对旋转时（如图2-6），前者的电子云重叠程度不发生变化，该共价键不会断裂，而后者的电子云重叠程度减少甚至不再重叠，这个共价键将会断裂。

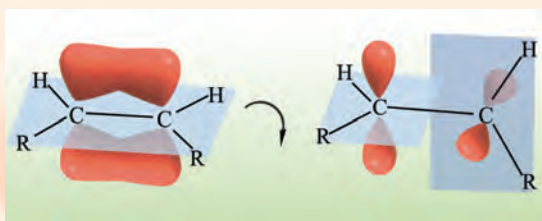


图 2-6 双键相对旋转时键会断裂

在有机化合物中，还有一类异构现象被称为立体异构。立体异构又可分为顺反异构和对映异构（如图2-7）。图2-7中的2-丁烯存在顺反异构，甲基在双键同一侧的，称为顺式；甲基在双键两侧的，称为反式。乳酸存在对映异构，两种分子互为镜像。

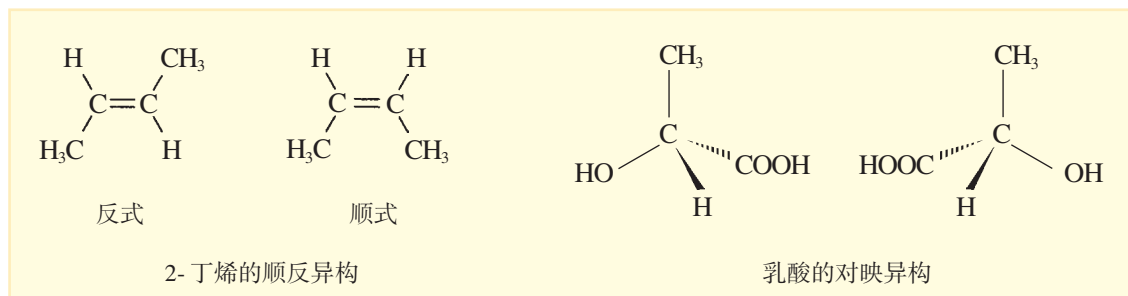
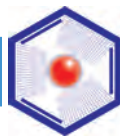


图 2-7 立体异构

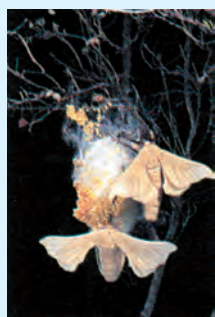
拓展视野



立体异构与生命活动

立体异构现象广泛存在于自然界中,立体异构和生命现象有着紧密的联系。

某些昆虫的信息素具有一个或多个碳碳双键,它们通常存在顺反异构。一种叫蚕蛾的热带蛾类,雌蛾会分泌出“蚕蛾醇”(如图2-8a)吸引同类雄蛾。蚕蛾醇有多种顺反异构体,图2-8中的b是其中的一种,它们中只有a能传递相关信息。



蚕蛾

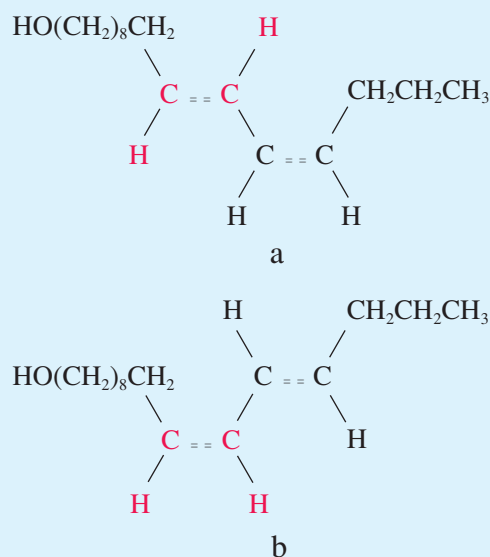


图 2-8 蚕蛾信息素及其同分异构体的结构

我们能在昏暗的光线下看见物体,离不开视网膜中一种叫“视黄醛”的有机化合物。顺式视黄醛吸收光线后,就转变为反式视黄醛(如图2-9),并且从所在蛋白质上脱离,这个过程产生的信号传递给大脑,我们就看见了物体。

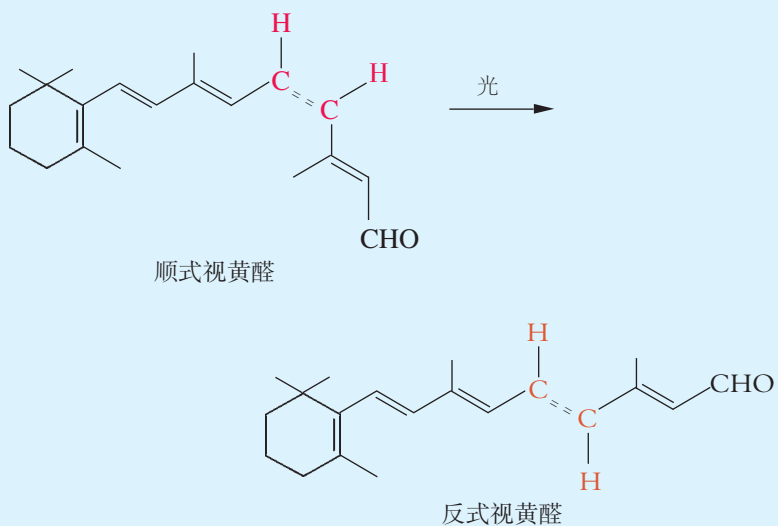


图 2-9 顺式、反式视黄醛的结构简式

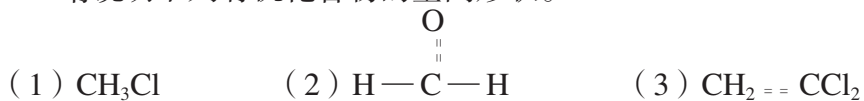
同样，生命体对手性分子也有着神奇的识别能力。很多药用化学物质都存在互为镜像的异构体，其中的一种药效较好，而另一种药效较差甚至可能是有害的。

练习与实践

1. 填表。

结构式	结构简式	键线式
$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - \text{O} & - \text{C} & - \text{C} - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} $		
$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{O} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} - \text{H} \\ & & & & & & & \\ & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \end{array} $		
$ \begin{array}{ccccccc} & & & \text{H} & & & & \\ & & & & & & & \\ & \text{H} & - & \text{C} & - & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & - & \text{C} & = & \text{C} & - & \text{C} & = & \text{C} - \text{H} \\ & & & & & & & & \\ & & & \text{H} & & & \text{H} & & \end{array} $		

2. 请说明下列有机化合物的空间形状。



3. 下列分子式表示的物质，哪些具有同分异构体？



4. 某烷烃的相对分子质量为 86，它共有 5 种同分异构体，写出这 5 种同分异构体的结构简式和键线式。

第二单元 有机化合物的分类和命名

人类目前认识的有机化合物已达数千万种,并且每年还在以百万种的速度增加。按照一定的标准对有机化合物进行分类,是研究数目众多的有机化合物的一条重要途径。同时,我们还需要建立一套完整的有机化学命名体系来区分每一种有机化合物。

有机化合物的分类

对有机化合物进行科学的分类能使繁杂的有机化学知识系统化,能帮助我们加深对有机化合物结构与性质之间关系的认识,有助于人们探索有机化合物转化的条件以及转化所遵循的规律,使人类能够获得更多生活、生产和社会发展所需要的各种有机化合物。

交流与讨论



1. 分子式为 C_3H_8O 的有机化合物有几种同分异构体? 写出它们的结构简式。

我们已经知道乙醇与乙酸在一定条件下能发生酯化反应。在上述 C_3H_8O 的异构体中,你认为哪些能发生酯化反应? 它们与乙醇在结构上存在哪些共同点?

2. 通过前面的学习,我们已经对乙醇和乙酸的性质有了一些认识。表 2-4 列出了与乙醇、乙酸化学性质相似的部分有机化合物。请仔细观察这些有机化合物的结构简式,分析它们的结构,从中你能得到什么启示?

表 2-4 与乙醇、乙酸化学性质相似的部分有机化合物

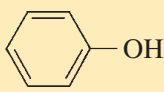
与乙醇化学性质相似的部分有机化合物	与乙酸化学性质相似的部分有机化合物
CH_3CH_2-OH	CH_3-COOH
CH_3-OH	$H-COOH$
$CH_3CH_2CH_2-OH$	CH_3CH_2-COOH
$CH_3CH_2CH_2CH_2-OH$	$CH_3CH_2CH_2-COOH$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2-OH$	$CH_3CH_2CH_2CH_2-COOH$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-OH$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2-COOH$
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-OH$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2-COOH$

表 2-4 中列出的与乙醇化学性质相似的有机化合物属于醇类，它们的分子中都含有羟基（—OH），可以简单地记为 R—OH，醇类的化学性质与羟基密切相关。与乙酸化学性质相似的有机化合物属于羧酸（R—COOH），它们的化学性质与羧基（—COOH）密切相关。像醇分子中的羟基和羧酸分子中的羧基这样，反映一类有机化合物共同特性的原子或原子团叫做**官能团**（functional group）。

在分子组成上，表 2-4 中列出的与乙醇化学性质相似的有机化合物之间都相差一个或若干个“CH₂”原子团，而与乙酸化学性质相似的有机化合物之间也都相差一个或若干个“CH₂”原子团。我们把这些结构相似、分子组成相差一个或若干个“CH₂”原子团的有机化合物互相称为**同系物**（homolog）。

信息提示

有机化合物中常见的官能团

官能团符号	官能团名称	典型有机化合物	物质名称	所属类别
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \end{array}$	碳碳双键	CH ₂ = CH ₂	乙烯	烯
—C≡C—	碳碳叁键	CH≡CH	乙炔	炔
—X	卤素原子	CH ₃ CH ₂ —Cl	氯乙烷	卤代烃
—OH	羟基	CH ₃ CH ₂ —OH	乙醇	醇
		 —OH	苯酚	酚
—O—	醚键	CH ₃ CH ₂ —O—CH ₂ CH ₃	乙醚	醚
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—H} \end{array}$	醛基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—H} \end{array}$	乙醛	醛
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—} \end{array}$	羰基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_3 \end{array}$	丙酮	酮
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—OH} \end{array}$	羧基	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—OH} \end{array}$	乙酸	羧酸
—NH ₂	氨基	CH ₃ —NH ₂	甲胺	胺

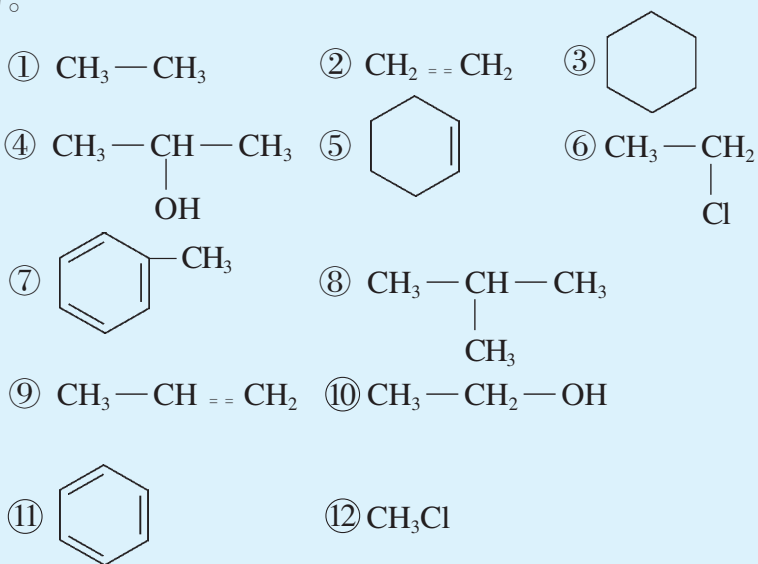
同系物具有相同的官能团,这是它们化学性质相似的本质原因。同系物还具有相同的通式 (general formula), 如链烷烃的通式为 C_nH_{2n+2} , 链状饱和一元羧酸的通式为 $C_nH_{2n}O_2$ 。

根据官能团对有机化合物进行分类,是有机化学中常用的分类方法。用这种分类方法可以将烃分为烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃等,可以将烃的衍生物分为卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、羧酸、酯和胺等。

问题解决



从不同的角度,化合物可被分成不同的类别。例如,按照物质组成的不同,无机化合物可以分为酸、碱、盐、氧化物等。下面共有 12 种有机化合物,请你设想一个分类依据,将它们分为不同的类别,填入下表,并与同学交流你分类的理由。



分类依据	有机化合物

我们可以从不同的角度对有机化合物进行分类。例如,把不含有苯环的有机化合物称为**脂肪族化合物**,把含有苯环的有机化合物称为**芳香族化合物**;根据有机化合物分子中的碳原子是连接成链状还是环状,把有机化合物分为**链状化合物**和**环状化合物**。

有机化合物的命名

有机化合物的种类繁多, 结构复杂。即使是具有相同分子组成的有机化合物, 仍有可能存在多种异构体。因此, 需要从有机化合物的组成和结构出发建立一套科学、完整的有机化学命名体系, 使有机化合物的名称能准确地反映该有机化合物的组成和结构。



交流与讨论

许多药品的有效成分是有机化合物, 在药品的说明书上一般要给出药品的商品名、俗名、化学名、分子式和结构式等。请你选择一种药品, 查阅它的说明书, 并与同学交流你对药品名称的看法。

名称是有机化合物的重要标识之一。英文文献中经常使用的是IUPAC^①命名法, 中文文献中通常采用系统命名法。名称较长的有机化合物一般使用俗名, 一些常见的简单有机化合物亦可采用习惯命名法命名。

习惯命名法又称普通命名法, 在命名简单有机化合物时比较方便。如对烷烃的命名, 当分子中碳原子总数在10以内时, 用天干——甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸表示; 大于10时, 则用中文数字表示。同时, 为了区分同分异构体, 在名称的最前面加一些词头表示, 如“正”

表示直链烃, “异”表示具有 $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$ 结构的异构体, “新”表示具有 $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-$

结构的异构体。一些烷烃的习惯命名如表 2-5 所示。

表 2-5 一些烷烃的习惯命名

结构简式	名称	结构简式	名称	结构简式	名称
CH_4	甲烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	正己烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	正十一烷
CH_3CH_3	乙烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	正庚烷	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$	异丁烷
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	丙烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	正辛烷	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$	异戊烷
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	正丁烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	正壬烷	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	异己烷
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	正戊烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	正癸烷	$(\text{CH}_3)_4\text{C}$	新戊烷

^① International Union of Pure and Applied Chemistry, 国际纯粹与应用化学联合会。

再如,对于简单的醇, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ 命名为正丙醇, $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{OH}$ 命名为异丙醇, $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2-\text{OH}$ 命名为新戊醇等。

信息提示

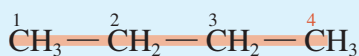
有机物中的基

从有机物分子中去掉一个一价基团后剩余的原子团叫一价基(简称基),常见的一价烷基有 $-\text{CH}_3$ (甲基)、 $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ (乙基)等。除了一价基以外,还有二价基[亚基,如 $-\text{CH}_2-$ (亚甲基)]、三价基[次基,如 $-\overset{|}{\text{C}}\text{H}-$ (次甲基)]等。烃分子中去掉一个或几个氢原子后剩余的呈电中性的原子团叫做**烃基**。

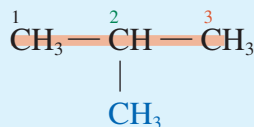
根据 IUPAC 命名法并结合中文特点,中国化学会制定了《有机化学命名原则》^①,该命名原则又称系统命名法。

观察与思考

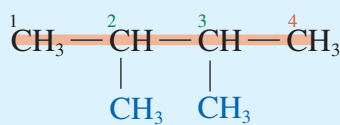
下面是四种烷烃的结构简式以及系统命名法的名称,请根据这些烷烃的结构和所提供的信息,查阅有关资料,思考采用系统命名法命名有机化合物时需要考虑哪些因素?



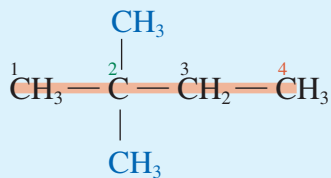
丁烷



2-甲基丙烷



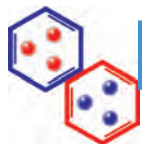
2,3-二甲基丁烷



2,2-二甲基丁烷

用系统命名法命名有机化合物的基本思路是先将有机化合物分为母体和取代基两部分,再将取代基全部假想为氢原子以命名母体,然后确定取代基的名称和位置。命名的基本方法是以母体名称作为主体名,并按规定的要求注明取代基或官能团的数目和位次,得到有机化合物的名称。用系统命名法命名的有机化合物名称通常包括取代基位置、数目和名称以及母体的名称。

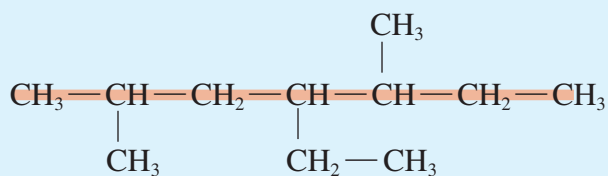
^① 在给有机化合物命名时要遵循 1980 年修订后的命名原则。



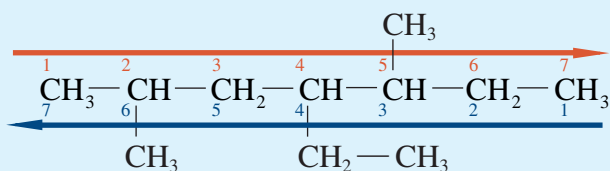
整理与归纳

1. 通过下面的活动,我们将学习如何正确地用系统命名法命名烷烃。

(1) 选母体。选择包含碳原子数最多的碳链作为主链,将支链视为氢原子,所得烷烃即为母体。在系统命名法中,没有支链的烷烃仍采用天干或中文数字直接命名为某烷。例如,下图所示的烷烃中最长的碳链有7个碳原子,母体命名为庚烷。



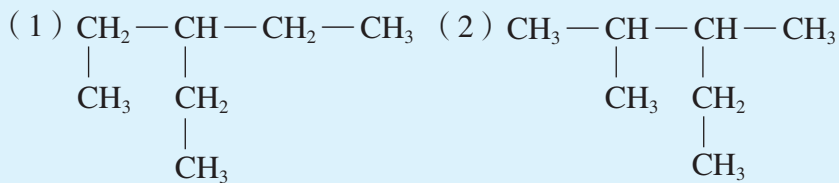
(2) 编序号。以靠近支链的一端为起点,将主链中的碳原子用阿拉伯数字编号,以确定支链的位置。例如,在上面的烷烃中,如果从左向右编号(下图红色箭头所示),甲基处于2位和5位,乙基处于4位;如果从右向左编号(下图蓝色箭头所示),甲基处于3位和6位,乙基处于4位。两者相比较,从左向右编号可以使结构较乙基简单的甲基位次较低,因此应选择从左向右的顺序给碳链编号。



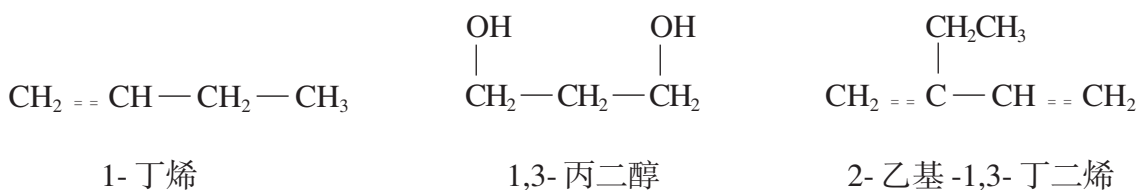
(3) 写名称。在写名称时,需要使用短横线“-”、逗号“,”等符号把支链的位置、支链的名称以及母体的名称等联系在一起。一般情况下,阿拉伯数字与中文文字之间用“-”隔开,如“2-甲基丙烷”。当具有几个相同的支链时,则将这些支链合并表示,在支链名称前加上“二”、“三”、“四”等表示支链的个数;表示支链位置的阿拉伯数字之间则用逗号“,”间隔开,如“2,3-二甲基丁烷”。如果有机化合物具有多种支链,则要按照命名原则所规定的“次序规则”,按顺序先后列出支链。上面的烷烃应该命名为“2,5-二甲基-4-乙基庚烷”^①。

^① 该名称读作“2位5位两个甲基4位乙基庚烷”。

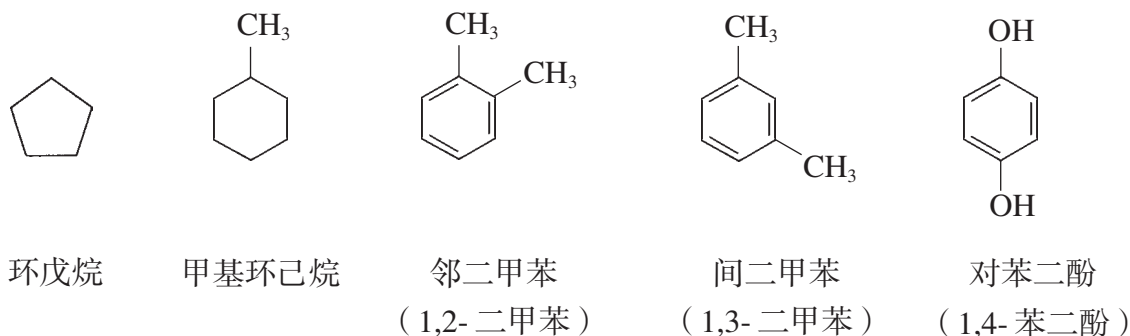
2. 请根据示例, 用系统命名法命名下列两种烷烃:



学好烷烃的命名是学习其他有机化合物命名的基础。在给其他有机化合物命名时, 一般也需要经过选母体、编序号和写名称三个步骤。在选母体时, 如果官能团中没有碳原子, 则母体的主链必须尽可能多地包含与官能团相连接的碳原子; 如果官能团含有碳原子, 则母体的主链必须尽可能多地包含这些官能团上的碳原子。在编序号时, 应尽可能让官能团或取代基的位次最小。下面是一些常见有机化合物及其系统名称。



在命名环状化合物时, 通常选择环作为母体。下面是几种常见的含有脂环或苯环的化合物的结构和名称。



在一些复杂的有机化合物中, 往往存在多种官能团。这些物质的命名较为繁琐, 命名时需要遵循多条规则。这些规则在《有机化学命名原则》中均有详细说明, 命名的基本思路与前面介绍的命名原则基本一致。

练习与实践

1. 写出下列物质的分子式。

- (1) 分子中含有 5 个碳原子的链状单炔烃。
- (2) 分子中含有 18 个氢原子的链烷烃。
- (3) 分子中含有 6 个碳原子的单环烷烃。
- (4) 分子中含有 7 个碳原子的链状单烯烃。

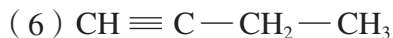
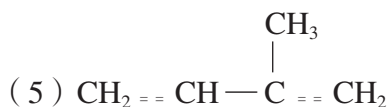
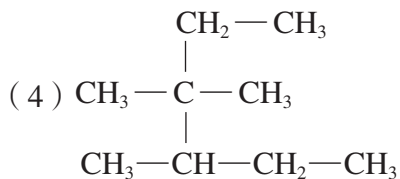
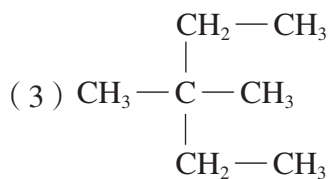
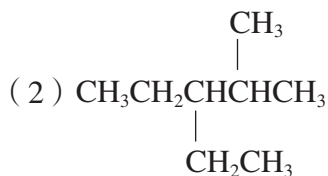
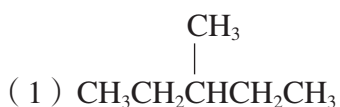
2. 下列各组中的两种有机化合物，可能是相同的物质、同系物或同分异构体等，请判断它们之间的关系，并说明理由。

- (1) 2-甲基丁烷和丁烷
- (2) 新戊烷和 2,2-二甲基丙烷
- (3) 间二甲苯和乙苯
- (4) 1-己烯和环己烷

3. 写出下列物质的结构简式。

- (1) 2,3-二甲基戊烷
- (2) 2-甲基-3-乙基戊烷
- (3) 1,1,3-三甲基环己烷
- (4) 3-甲基-2-戊烯
- (5) 2,2-二甲基-3-乙基庚烷
- (6) 2,3-二甲基-1-丁烯

4. 用系统命名法给下列有机化合物命名。



5. 用系统命名法给丁烷 (C_4H_{10})、戊烷 (C_5H_{12}) 的各种同分异构体命名。

回顾与总结

学完本专题内容，你可以参考以下问题或线索，进行整理和总结。

1. 有机化合物具有哪些共同的性质？请举例说明。
2. 在有机化合物中碳原子一般以哪类化学键跟其他原子结合？列表比较碳碳单键、碳碳双键、碳碳叁键之间的差异。
3. 有机化合物的空间形状与其分子内原子的成键方式是否存在联系？请举例说明。
4. 什么是同分异构现象？所有有机化合物分子都存在同分异构体吗？
5. 什么是立体异构？请举例说明。
6. 你能用哪些方法表示有机化合物的结构？请以几种你熟悉的有机化合物为例，分别用结构式、结构简式、键线式表示它们的结构。
7. 研究有机化合物的分类有什么意义？根据官能团可以将有机化合物分为哪些类别？
8. 你能写出常见官能团的符号和典型代表物的名称、结构简式吗？
9. 为什么要给有机化合物命名？你知道常见有机化合物的习惯名称吗？你会用系统命名法给简单有机化合物命名吗？

本专题作业

1. 填写下表中的空白:

结构简式	键线式	名称
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$		
		3-甲基戊烷
		1,3-二甲苯
$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$		

2. 请说明下列有机化合物中的所有碳原子是否能处于同一平面上。

- (1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (2) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3$
 (3) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ (4) $(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH} = \text{CHCH}_3$

3. 具有下列分子组成的物质, 哪些具有同分异构体(不考虑立体异构)? 分别写出这些有机化合物的结构简式。

- (1) C_3H_6 (2) C_4H_{10} (3) CH_2O (4) $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

4. 用系统命名法命名下列有机化合物。

- (1) $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ (2) $\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2\text{CH}_3$
 (3) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ (4) $\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_2\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_2\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_2\text{CH}_3$

5. 某链状单烯烃的分子中含有 8 个氢原子, 写出其所有同分异构体的结构简式。

3 专题

常见的烃



- 第一单元
脂肪烃
- 第二单元
芳香烃

第一单元 脂 肪 烃

烃 (hydrocarbon) 是一类十分重要的有机化合物, 可以分为脂肪烃和芳香烃 (简称芳香烃)。属于脂肪族化合物的烃为脂肪烃, 其分子中一定不含有苯环; 属于芳香族化合物的烃为芳香烃, 其分子中一定含有苯环。根据脂肪烃的结构, 人们把含有双键或叁键等不饱和键的脂肪烃称为不饱和脂肪烃, 简称**不饱和烃** (unsaturated hydrocarbon); 把不含不饱和键的脂肪烃称为饱和脂肪烃, 简称**饱和烃** (saturated hydrocarbon)。



富含胡萝卜素的瓜果



玫瑰的香味物质包含萜烯



香蕉成熟过程中放出的乙烯使花凋谢

图 3-1 植物中含有的烯烃

脂肪烃的性质



交流与讨论

- 请根据图 3-2 提供的信息与同学讨论以下问题。
 - 烷烃的沸点与其分子中所含有的碳原子数之间有什么样的关系?
 - 什么样的烷烃在常温常压下为气态?

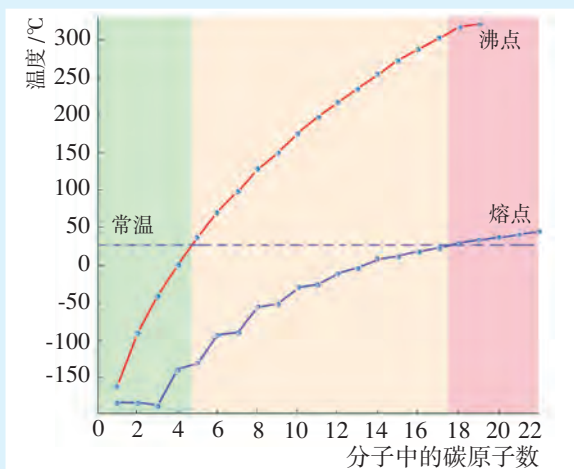
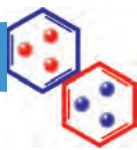


图 3-2 直链烷烃的熔点和沸点

- 查阅有关烷烃、烯烃、炔烃物理性质方面的资料, 将你所了解到的信息与同学交流。

脂肪烃包括烷烃(alkane)、烯烃(alkene)、炔烃(alkyne)等。烷烃是饱和烃,烯烃和炔烃是不饱和烃。正是由于在烯烃和炔烃分子中含有不饱和键,造成了它们与烷烃在化学性质上存在较大区别。

整理与归纳

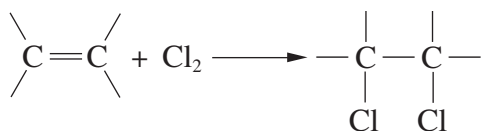


我们已经学习了甲烷、乙烯、乙炔的一些化学性质。请把你所知道的有关甲烷、乙烯、乙炔的化学性质填入下表。

物质	化学性质	化学方程式
甲烷		
乙烯		
乙炔		

甲烷在光照条件下与氯气或溴蒸气能发生卤代反应,其他的烷烃在一定条件下也能发生卤代反应。烷烃发生卤代反应时,其分子中的氢原子将被卤素原子代替。像烷烃的卤代反应那样,有机化合物分子中的某些原子或原子团被其他原子或原子团所代替的反应称为**取代反应**(substitution reaction)。

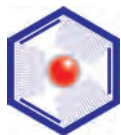
加成反应(addition reaction)是构成有机化合物不饱和键的两个原子与其他原子或原子团直接结合而生成新物质的反应。当烯烃与卤素单质发生加成反应时,烯烃分子中的碳碳双键中的一个键断裂后,原先形成双键的两个碳原子再分别与一个卤素原子结合形成新的共价键。



同样,炔烃也能发生加成反应。当把乙炔气体通入溴的四氯化碳溶液中时,溶液的颜色逐渐褪去。溴的四氯化碳溶液常用于检验有机物分子中是否存在碳碳双键或碳碳叁键。



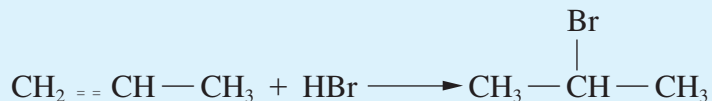
烯烃和炔烃除了能与卤素发生加成反应外,它们还能与氢气、水、卤化氢等物质在一定条件下发生加成反应。利用烯烃和炔烃的加成反应,工业上可以获得醇类、醛类和卤代烃等物质。



拓展视野

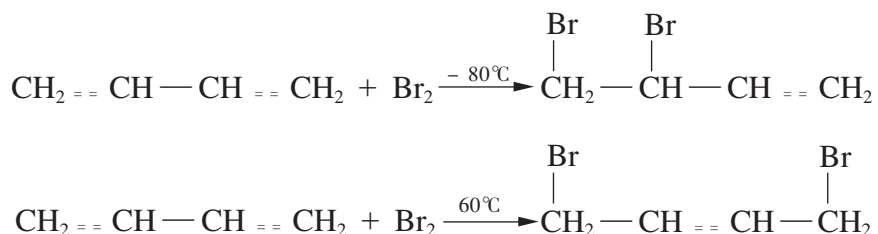
烯烃的不对称加成

丙烯和溴化氢分子都不对称,在不同的条件下丙烯与溴化氢发生加成反应时有可能得到两种不同的加成产物。通常情况下,丙烯与溴化氢反应主要得到2-溴丙烷。



研究发现,当不对称烯烃与卤化氢发生加成反应时,通常“氢加到含氢多的不饱和碳原子一侧”,即遵循马尔可夫尼可夫(V. V. Markovnikov)规则(简称马氏规则)。

分子中含有多个双键的烃称为多烯烃。研究发现,1,3-丁二烯、2-甲基-1,3-丁二烯(异戊二烯)等分子的结构中,单双键是交替出现的。像这样一类单双键交替出现的分子,在发生加成反应时表现出一些特殊性。例如,1,3-丁二烯与溴单质就有可能发生下列两种加成反应:



温度较低时所发生的加成反应被称为1,2-加成,温度较高时所发生的加成反应被称为1,4-加成。



图 3-3 由加聚反应获得的高聚物

一些具有不饱和键的有机化合物可以通过加成反应得到高分子化合物,这类反应称为**加聚反应**(addition polymerization reaction)。加聚反应是获得高分子材料的重要途径之一,人们日常生活中经常接触到的聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS工程塑料、顺丁橡胶等材料,以及一些重要新型材料如导电高聚物等都是通过加聚反应得到的。天然橡胶(聚异戊二烯)则是在三叶橡胶树体内发生加聚反应生成的。

问题解决



思考下列问题可以帮助我们进一步认识加聚反应。

1. 写出由丙烯获得聚丙烯的化学方程式。在生成物中，不断重复的结构单元叫链节，写出聚丙烯的链节。
2. 1, 3-丁二烯可以通过1, 4-加成得到高分子化合物，生成物是一种重要的合成橡胶。写出该反应的化学方程式。
3. 请总结加聚反应的特点，并与同学交流你的想法。

脂肪烃的来源与石油化学工业

脂肪烃与现代人类生活的关系非常密切。人类使用的能源中，脂肪烃提供了60%以上。脂肪烃还是最重要的基础有机原料。

你知道吗



你知道人类社会所需要的大量脂肪烃的来源吗？你知道为什么石油是“工业的血液”吗？你知道以石油和天然气为原料可以生产哪些日常用品吗？

人类使用石油和天然气的主要目的是获得能源和化工原料。石油是一种黄绿色至黑褐色的黏稠液体，主要是由气态烃、液态烃和固态烃组成的混合物，其中还含有少量不属于烃的物质。石油的组成成分随产地不同有所不同。我国黑龙江出产的石油以烷烃为主，新疆、辽宁和山东出产的石油主要由烷烃和环烷烃组成，台湾出产的石油则以芳香烃为主。成分的差别导致不同地区出产的石油的密度、黏度、凝固点等存在较大差异。天然气的主要成分是甲烷，但不同产地的天然气成分差别也较大，我国四川的天然气中甲烷的含量高达95%以上，而有些地区的天然气中则含有较多的乙烷、丙烷、丁烷等，甲烷只占85%左右。



图 3-4 石油的开采和加工

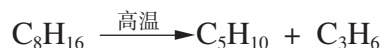
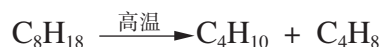
资料卡

石油化学工业

石油化学工业是国民经济的重要支柱之一,它是以石油和天然气为原料,生产石油产品和石油化工产品的工业。石油经过炼制可以得到石油产品,主要包括各种燃料油(汽油、煤油、柴油等)、润滑油以及液化石油气、石油焦炭、石蜡、沥青等。对一些石油产品和天然气进行一步或多步化学加工可以获得石油化工产品,主要包括乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯等基本化工原料以及大约200多种有机化工原料和合成材料(塑料、合成纤维、合成橡胶)等。广义的石油化工还包括氨、尿素以及硝酸的生产。

石油的主要成分是烷烃。利用烷烃沸点的不同,可对石油加热,使其汽化,然后再按沸点的不同,分离出不同的馏分,这就是石油的**分馏**(fractionation)。石油分馏得到的每一馏分主要由不同沸点范围的烷烃组成。石油常压分馏可得到石油气、汽油、煤油、轻柴油等馏分,这些馏分中烃的沸点相对较低,分子中所含碳原子数较少。常压分馏中未被蒸发的剩余物叫重油,重油中烃的沸点相对较高,分子中所含碳原子数较多,这部分烃的分离采用减压分馏的方法。在压强较低时,重油中的烃会在较低温度下汽化,这就避免了升高温度带来的使烃分解和损害设备等情况的发生。石油的减压分馏可以得到重柴油、润滑油、石蜡、燃料油等馏分,未被汽化的剩余物质为沥青。

轻质油和**气态烯烃**(如乙烯、丙烯和丁二烯)是经济价值较高的重要石油化工产品,但是石油的常压、减压分馏得不到烯烃,得到的轻质油产量也不高。在石油加工中,常利用具有较长碳链的烃在高温下发生反应生成短碳链烃来获得较多的轻质油和**气态烯烃**。这些变化可以使长碳链变短,同时生成烯烃。



利用与上述反应类似的一系列反应,可以由重油获得轻质油,解决石油分馏所得汽油、煤油和柴油等轻质油的产量低的问题,该过程称为**裂化**(cracking)。使用催化剂的裂化称为**催化裂化**(catalytic cracking),不使用催化剂的裂化称为**热裂化**(thermal cracking)。利用同样的反应原理,可以由轻质油生产**气态烯烃**,以此为目的的石油加工称为**裂解**(pyrolysis),又称深度裂化。

在石油的加工中,还有催化重整和加氢裂化等工艺,它们都是为了提高汽油等轻质油品质的石油加工工艺。催化重整还是获得芳香烃的主要途径。

调查研究

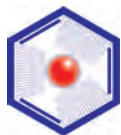


请同学们查阅资料,调查身边使用石油制品的情况,交流石油制品对人们生活的影响。



图 3-5 石油及石化产品的一些应用

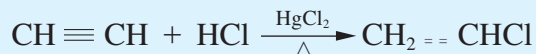
人类在关注石油化学工业发展的同时,要警惕石油化工及其产品对生态环境产生的不良影响。发展绿色石油化工成为当今的一种潮流,已经引起全世界的广泛关注。目前,科学家正在积极探索“全合成、零排放”的绿色化学工艺,开发对环境友好的产品、控制设备和仪器。



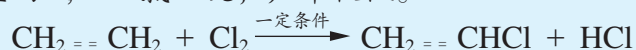
氯乙烯的生产工艺

聚氯乙烯(PVC)树脂的用途十分广泛,它是当前产量最大的树脂之一。氯乙烯是聚氯乙烯的单体,目前它主要有五种生产工艺。

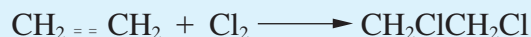
1. 乙炔氢氯化法。这是生产氯乙烯最早的方法,需使用氯化汞作催化剂。此法由于乙炔的生产成本高、乙炔氢氯化所用催化剂毒性大而受到限制。到2000年,我国大约一半的氯乙烯是用这种方法获得的。



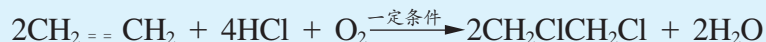
2. 乙烯直接氯化法。这是石油化工发展后以石油产品为基础开发的生产工艺。此法的最大缺点是伴随反应生成了大量的1,2-二氯乙烷,产率较低。



3. 乙烯氯化裂解法。这是为解决乙烯直接氯化法存在的问题而开发的生产工艺,此法产率高。



4. 乙烯氧氯化法。此法不使用氯气而使用氯化氢对乙烯氯化。

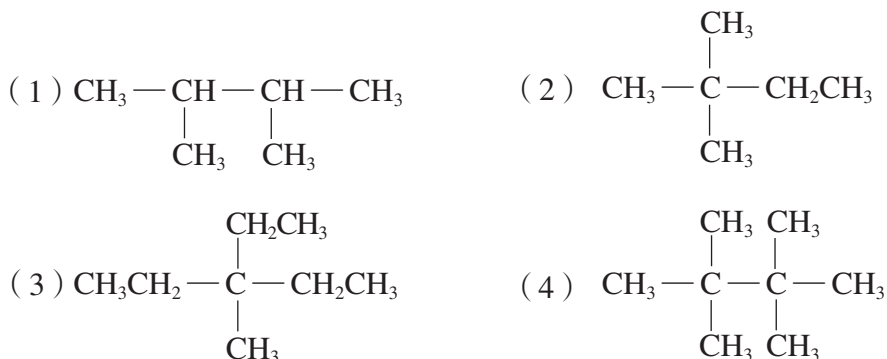


5. 乙烯氯化平衡法。比较方法3和方法4,可以发现,方法3产生氯化氢,方法4消耗氯化氢。如果将两种方法结合起来,让方法3和方法4的第一步按照一定的比例生产,可以使氯化氢变为中间产物,这是目前世界上生产氯乙烯的主要方法。不久的将来,我国的氯乙烯生产将主要采用这种方法。

练习与实践

1. 一支试管中盛放了两种已分层的无色液体。请同学们设计简便的方法, 检验出哪一层是水层, 哪一层是有机层。

2. 下列烷烃发生一氯取代后, 分别能得到几种异构体(不考虑立体异构)?



3. 请写出下列反应的化学方程式:

- (1) 乙炔与氢气用镍作催化剂在加热条件下发生加成反应生成乙烷。
- (2) 乙烯与水用硫酸作催化剂在加热条件下发生加成反应。
- (3) 1-丁烯与氢气用镍作催化剂在加热条件下发生加成反应。
- (4) 环己烷与溴的四氯化碳溶液在光照条件下反应生成一溴取代产物。

4. 写出下列物质发生加聚反应所得产物的结构简式:

- (1) 1,1-二氯乙烯
- (2) 丙烯
- (3) 2-甲基-1,3-丁二烯

5. 2-甲基-1,3-丁二烯与溴发生加成反应时能得到几种产物? 请写出它们的结构简式。

6. 请列举日常所见的石油化工产品, 从中选择一个, 调查它的生产过程和行业现状。

7. 某同学做了以下探究实验: 在甲、乙两只塑料袋中分别放入 4 粒成熟程度接近的生葡萄, 向甲中又放进一粒熟葡萄, 将两只塑料袋袋口扎紧。经过一段时间的观察, 该同学发现两只塑料袋中的生葡萄变熟所需时间长短不同。

- (1) 请指出哪只塑料袋中的生葡萄先成熟, 并说明理由。
- (2) 结合所学化学知识, 设计简单易行的葡萄保鲜方案。

第二单元 芳香烃

芳香族化合物最早是指那些从各种天然的香树脂、香精油中提取而来并且具有香味的物质，但随着研究的深入，人们发现这些物质中大多数含有苯环结构。目前已知的很多芳香族化合物并不具有芳香气味，而且仅凭气味作为分类依据并不合适，所以这个名称早已失去原来的意思。但由于习惯，“芳香族化合物”的名称仍被沿用下来，用于表示含有苯环的有机化合物。芳香烃或芳烃（arene）是芳香族碳氢化合物的简称。

苯的结构与性质

在芳香烃中，苯（benzene）的结构最简单，苯环是芳香族化合物最基本的结构单元。通过苯的¹H核磁共振谱图，我们可以发现，苯分子中的6个¹H核的核磁性完全相同，说明6个氢原子所处的化学环境完全相同，苯的化学性质也说明了这一点。

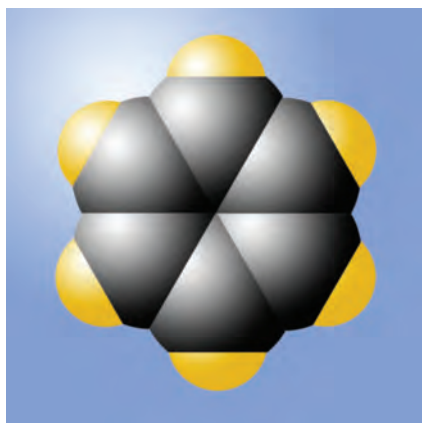


图 3-6 苯分子的比例模型

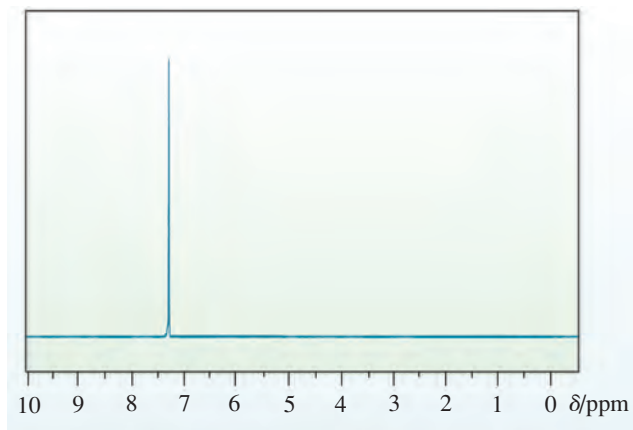
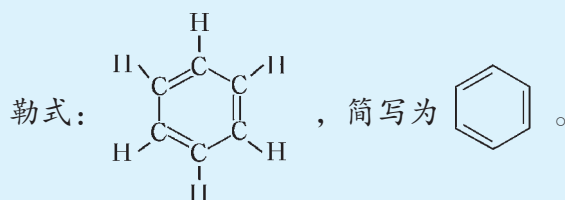


图 3-7 苯的¹H核磁共振谱图



交流与讨论

苯分子结构的确定经历了漫长的历史过程。1866年，德国化学家凯库勒（F. A. Kekule）提出了苯环结构，称为凯库勒式：

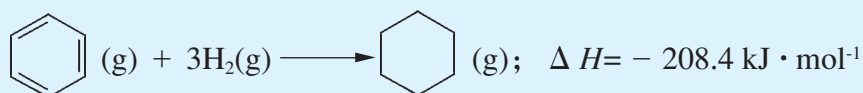
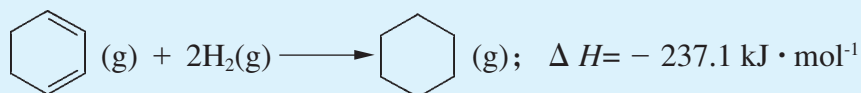
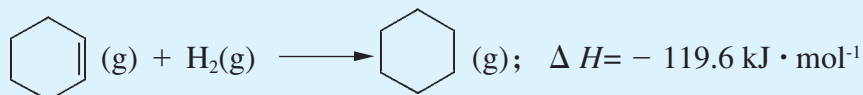


现在,人们已经知道:

(1) 苯的一取代产物只有一种,二取代产物共有三种。

(2) 苯不能通过化学反应使高锰酸钾酸性溶液、溴的四氯化碳溶液褪色。

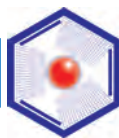
(3) 碳碳双键加氢时总要放出热量,并且放出的热量与碳碳双键的数目大致成正比。苯在镍等催化下可与氢气发生加成反应生成环己烷,所放出的热量比环己二烯与氢气加成生成环己烷的还要少。



根据以上事实,说说你对苯环结构的认识。

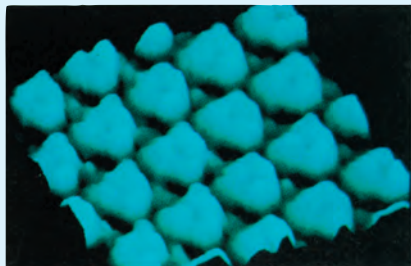
苯分子中的6个碳原子和6个氢原子都处于同一平面上,为平面正六边形结构。大量的实验事实表明,在苯分子中并不存在独立的碳碳单键(C—C)和碳碳双键(C=C),也就是说,苯的凯库勒式结构不能全面反映苯的结构,但习惯上人们仍普遍采用凯库勒式表示苯以及苯环的结构。

拓展视野



苯环的大π键

苯分子中,每个碳原子都采取 sp^2 杂化方式分别与1个氢原子、2个碳原子形成 σ 键。6个碳原子除了通过6个 σ 键连接成环外,每个碳原子还分别提供1个p轨道和1个电子,由6个碳原子共同形成大 π 键(如图3-8)。苯分子中



扫描隧道显微镜观察到的苯分子

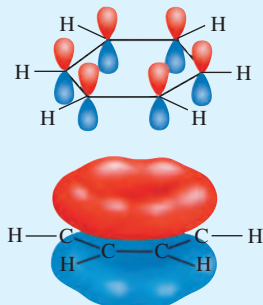
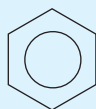


图 3-8 苯分子结构示意图

C—C—H 和 C—C—C 的键角均为 120° 。

苯分子中碳碳键的键长都是 $1.40 \times 10^{-10} \text{ m}$ ，既不同于碳碳单键的键长 ($1.54 \times 10^{-10} \text{ m}$)，也不同于碳碳双键的键长 ($1.34 \times 10^{-10} \text{ m}$)，这说明在苯分子中，碳原子之间形成的化学键既不是单键，也不是双键。正是由于苯环上6个碳原子共同形成了大 π 键，使得苯环的结构变得十分稳定。苯的氢化热偏低说明了苯环结构相当稳定。基于苯环的成键特点，苯环的结构又常用

表示。



观察与思考

1. 仔细观察下列实验，记录实验现象。

【实验1】如图3-9所示，在三颈烧瓶中加入少量铁粉，向三颈烧瓶上的一个滴液漏斗中加入5 mL 苯和1 mL 液溴的混合物，另一个滴液漏斗中加入30 mL 10%的氢氧化钠溶液，锥形瓶中注入蒸馏水，干燥管中加入碱石灰，连接好仪器，检查装置气密性。先向三颈烧瓶中加入苯和液溴的混合物，观察三颈烧瓶和锥形瓶中出现的现象。反应完毕后，向三颈烧瓶中加入氢氧化钠溶液，观察三颈烧瓶中生成物的状态。

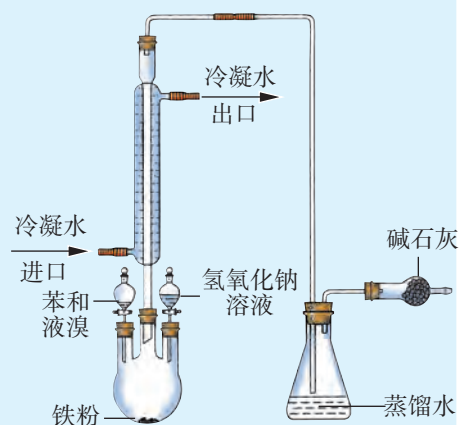


图3-9 苯的溴化实验装置

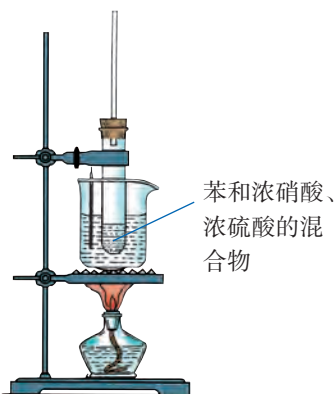


图3-10 苯的硝化实验装置

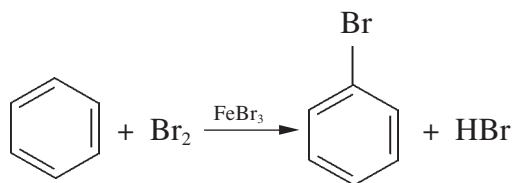
【实验2】在试管中将1.5 mL 浓硝酸和2 mL 浓硫酸混合均匀，冷却到 50°C 以下，在不断振荡下，逐滴加入约1 mL 苯，并注意避免使混合物的温度超过 60°C 。塞上带有导管的橡皮塞，在 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 的水浴中加热几分钟(如图3-10)。反应完毕后，将混合物倒入盛有水的烧杯中，观察生成物的状态。

2. 请填写下表。

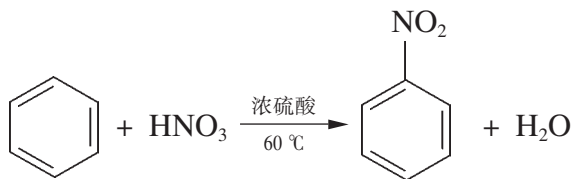
实验	实验现象	结论
实验 1		
实验 2		

3. 请说说实验 1 获得溴苯的反应属于取代反应的依据。

在三氯化铁作催化剂时, 苯与氯单质、溴单质可发生取代反应, 生成一卤代苯、二卤代苯等。生成的二卤代苯主要是邻位和对位取代产物。



苯与浓硝酸、浓硫酸的混合物在 60 °C 时生成一取代产物硝基苯, 当温度升高至 100 ~ 110 °C 时则生成二取代产物间二硝基苯。



在催化剂镍作用下, 苯与氢气能在温度为 180 ~ 250 °C、压强为 18 MPa 的条件下发生加成反应, 这是工业上得到环己烷的主要方法。

苯的一系列化学性质说明, 苯环的结构比较稳定, 发生取代反应相对比较容易, 而发生苯环结构被破坏的加成反应和氧化反应则困难得多。

芳香烃的来源与应用

芳香烃最初来源于煤焦油中。随着石油化学工业的兴起, 现代工业生产中芳香烃主要来源于石油化学工业中的催化重整和裂化。在芳香烃中, 作为基本有机原料应用得最多的是苯、甲苯和对二甲苯等。



调查研究

苯是生产苯酚、硝基苯、苯胺、环己烷、二氯苯、氯苯、苯乙烯等重要有机化合物的原料。通过这些有机化合物又可生产多种合成树脂、合成纤维、染料、医药、洗涤剂、合成橡胶、炸药等。请查阅有关资料，了解苯的用途，并与同学交流你掌握的资料。

苯的同系物只有一个苯环，它们可以看成是由苯环上的氢原子被烷基代替而得到的。苯环上可以连接1~6个烷基。

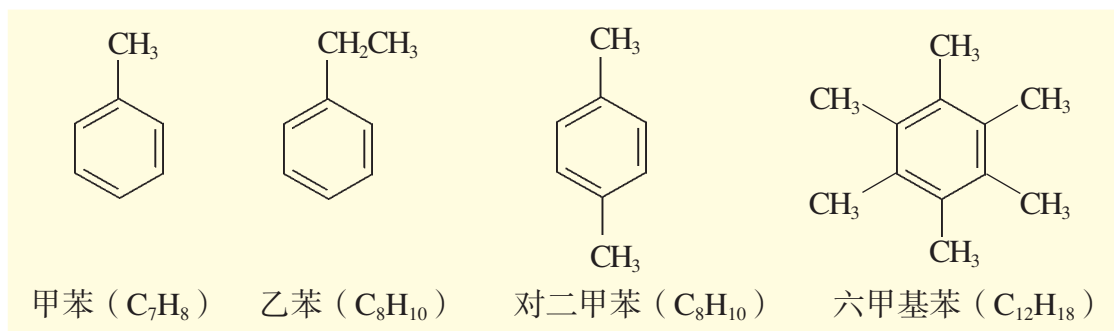


图 3-11 苯的几种同系物的结构简式



观察与思考

下列实验能帮助我们认识苯的同系物的性质。

1. 取一支试管，向其中加入2 mL 甲苯，再加入3~5滴高锰酸钾酸性溶液，振荡试管，必要时可稍稍加热，观察实验现象。
2. 取一支试管，向其中加入2 mL 二甲苯，再加入3~5滴高锰酸钾酸性溶液，振荡试管，必要时可稍稍加热，观察实验现象。

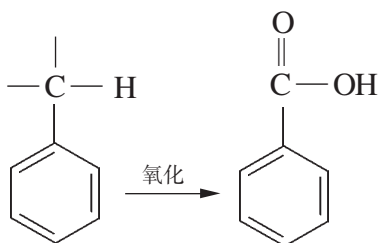
根据以上实验现象，你能得出什么结论？

信息提示

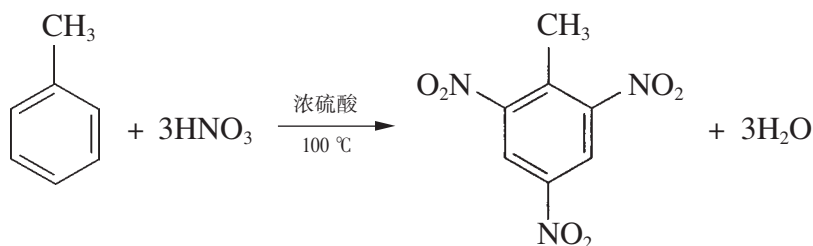
影响化学反应速率的条件

常见的影响化学反应速率的条件有温度、浓度、压强、催化剂等。一般情况下，升高温度、增大反应物浓度、增大压强以及使用催化剂都可以加快化学反应速率。

苯的同系物中, 如果与苯环直接连接的碳原子上连有氢原子, 该苯的同系物就能够使高锰酸钾酸性溶液褪色, 与苯环相连的烷基通常被氧化为羧基。

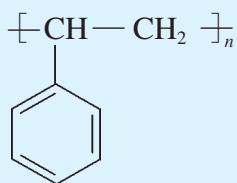


甲苯等物质也能发生卤代、硝化等取代反应, 也能与氢气等物质发生加成反应。例如, 甲苯与浓硝酸、浓硫酸的混合酸在 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 时主要获得邻硝基甲苯和对硝基甲苯两种一取代产物, 而在 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 时则能获得不溶于水的淡黄色针状晶体 2,4,6-三硝基甲苯, 简称三硝基甲苯。三硝基甲苯是一种黄色烈性炸药, 俗称 TNT, 常用于国防和民用爆破。

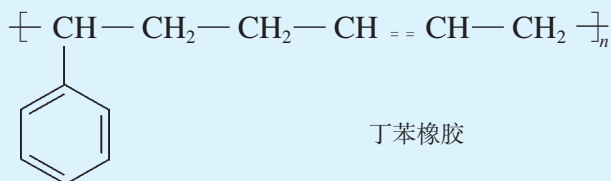


乙苯的用途

乙苯是制苯乙烯的原料, 苯乙烯是制聚苯乙烯、丁苯橡胶 (在合成橡胶中产量最大) 的原料。在石油化工生产中, 通过石油的催化重整等加工处理得到的乙苯的量较少。工业上主要采用乙烯和苯合成乙苯, 再由乙苯脱氢制得苯乙烯。苯乙烯加聚可以得到聚苯乙烯, 苯乙烯与丁二烯加聚可以得到丁苯橡胶。

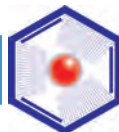


聚苯乙烯

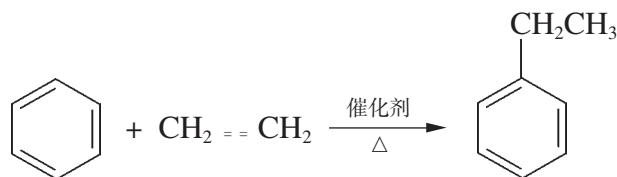


丁苯橡胶

拓展视野



工业上，乙苯、异丙苯主要通过苯与乙烯、丙烯反应获得。



该反应过去采用的催化剂是无水三氯化铝，它的腐蚀性较大，而且还需要加入强腐蚀性的盐酸以提高催化效果，反应结束还要使用大量的氢氧化钠中和废酸，生产过程中产生的大量废水、废酸、废渣、废气严重地污染了环境。引入绿色化学工艺后，采用分子筛固体酸作为催化剂，这种催化剂无毒无腐蚀性且可完全再生。新工艺还大大简化了流程，大幅度降低了对环境的污染，取得了显著的经济效益。目前，我国已基本采用该工艺生产乙苯、异丙苯等烷基苯。

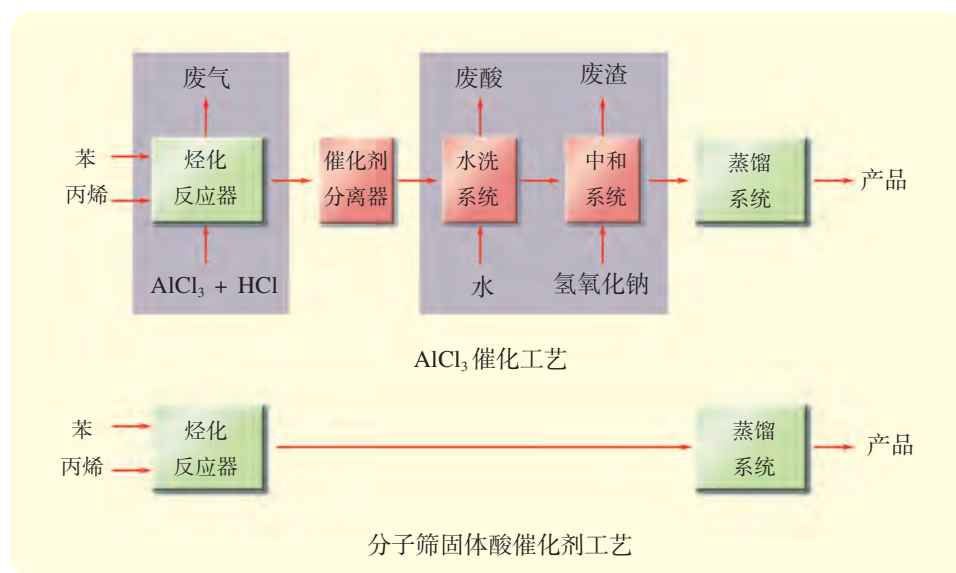


图 3-12 两种生产异丙苯工艺的对比

有些芳香烃分子中含有多个苯环，这样的芳香烃称为多环芳烃。多环芳烃中的苯环有些通过脂肪烃基连接在一起（多苯代脂烃），有些是苯环之间通过碳碳单键直接相连的（联苯或联多苯），还有一些则是苯环之间通过共用苯环的若干条环边而形成的（稠环芳烃）。

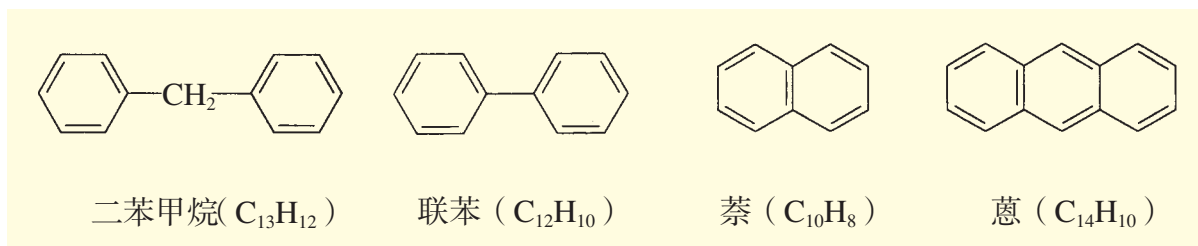
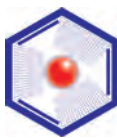


图 3-13 一些简单的多环芳烃的结构简式

拓展视野

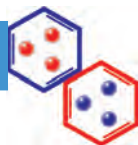


芳香烃对健康的危害

苯是一种应用广泛的有机溶剂，是黏合剂、油性涂料、油墨等的溶剂。短时间内吸入大量苯蒸气可引起急性中毒。急性苯中毒主要表现为中枢神经系统麻醉，甚至导致呼吸、心跳停止。长期反复接触低浓度的苯可引起慢性中毒，主要是对神经系统、造血系统的损害，表现为头痛、头昏、失眠，白血球持续减少、血小板减少而出现出血倾向，甚至诱发白血病。我国规定操作车间内空气中苯的浓度不得超过 $40 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ，居室内空气苯含量平均每小时不得超过 $0.09 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。制鞋、皮革加工业、箱包、家具制造中使用的黏胶剂，喷漆、油漆工作中使用的溶剂都含有苯或苯的同系物，因此从事上述职业的人群要加强防范，避免苯中毒。

人若长期接触或吸入稠环芳烃如萘（俗称卫生球，过去常用来驱虫防霉）等则会致癌。许多稠环芳烃是强烈的致癌物质，如苯并[a]芘等。秸秆、树叶等物质不完全燃烧形成的烟雾中含有较多的稠环芳烃，我国有些省（市）已经禁止焚烧树叶和秸秆。香烟的烟雾中也存在多种稠环芳烃，提醒青少年应珍视生命，远离香烟烟雾的毒害。

整理与归纳



归纳总结烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃的结构特点以及它们的典型化学性质，将你的归纳整理填入下表。

	碳碳键结构特点	化学性质
烷烃		
烯烃		
炔烃		
芳香烃		

练习与实践

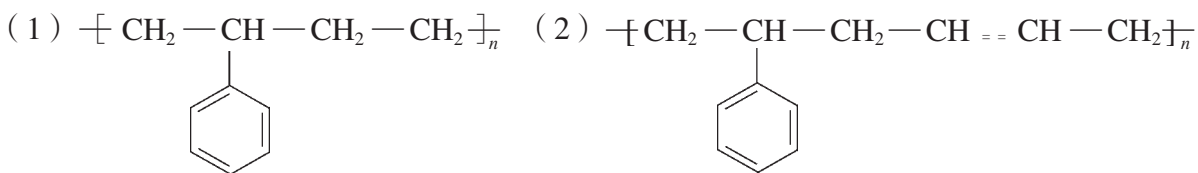
1. 完成下列反应的化学方程式：

- (1) 苯与氯气在三氯化铁为催化剂时发生取代反应。
- (2) 苯与浓硫酸、浓硝酸的混合酸在 100 ~ 110 °C 时发生取代反应。
- (3) 苯乙烯与溴的四氯化碳溶液反应。
- (4) 苯与丙烯在催化剂作用下反应生成异丙苯。

2. 选择适当的试剂区分己烯和苯，写出实验步骤和现象。

3. 某液态芳香烃的相对分子质量为 106，请写出该芳香烃所有可能的结构简式，并用系统命名法命名。

4. 两种或两种以上具有不饱和键的化合物之间也能通过加聚反应形成高分子化合物（参见第 53 页“拓展视野”中“乙苯的用途”）。请写出下列高分子化合物的单体。



5. 萘、蒽、菲（）是比较简单的稠环芳香烃。请回答以下问题：

(1) 在一定条件下，萘与浓硫酸、浓硝酸的混合酸作用可以得到两种萘的一硝基取代物，写出这两个反应的化学方程式。

(2) 蒽和菲之间存在何种关系？

(3) 菲的一氯取代产物可能有多少种？写出它们的结构简式。

6. 两种化合物 A 和 B 具有相同的最简式。经测定其分子中只含碳、氢两种元素，且碳元素的质量分数均为 88.9%。已知：化合物 A 和化合物 B 的相对分子质量之比为 1 : 3；A 在常温下为气态，B 为芳香烃；A 能使溴的四氯化碳溶液褪色，充分反应后生成的产物中每个碳原子上均连有一个溴原子；B 与溴单质在溴化铁作催化剂的条件下，不能发生溴代反应。试推断 A 和 B 的结构。

回顾与总结

学完本专题内容，你可以参考以下问题或线索，进行知识整理和总结。

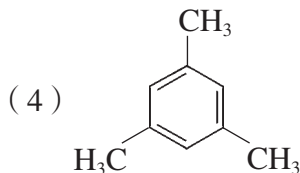
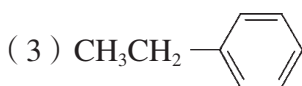
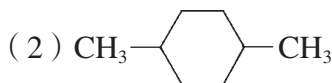
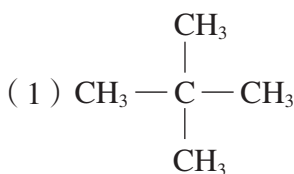
1. 烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃分别有哪些典型的化学性质？请举例说明。
2. 脂肪烃、芳香烃的主要来源有哪些？
3. 脂肪烃、芳香烃在结构和性质上有什么差异？
4. 你能说出取代反应与加成反应的区别吗？
5. 你知道加成反应与加聚反应的关系吗？
6. 为什么称石油为“工业的血液”？对此你有什么认识？
7. 你能列举出石油化工的主要产品吗？你能说出它们的用途吗？
8. 石油的加工处理方法主要有哪些？
9. 你能列举出哪些说明苯环结构稳定的实验事实？这些实验事实分别从哪些方面证明了苯环结构的特殊性？
10. 你知道绿色化学工艺的含义吗？发展绿色化工对人类社会可持续发展有何重要意义？

本专题作业


1. 请从烷烃、烯烃、炔烃和芳香烃中选择 1~2 个代表物, 比较它们的化学性质。
2. 下列分子中的所有原子, 哪些一定处于同一平面? 哪些有可能处于同一平面? 哪些一定不处于同一平面?



3. 指出下列有机化合物的一氯代物分别有几种。



4. 1,3-丁二烯与氢气发生加成反应可能得到几种产物? 请写出它们的结构简式, 并用系统命名法命名。

5. 环辛四烯 (C_8H_8 , ) 分子中碳碳键的键长有两种, 分别为 $1.33 \times 10^{-10} \text{ m}$ (4 个) 和 $1.46 \times 10^{-10} \text{ m}$ (4 个)。

(1) 请在右图中注明键长为 $1.46 \times 10^{-10} \text{ m}$ 的碳碳键。 

(2) 请比较苯和环辛四烯在化学性质上的差异。

6. 某石油化工产品经检验只含碳、氢两种元素, 测得它的相对分子质量为 92, 易使高锰酸钾酸性溶液褪色, 但不能使溴的四氯化碳溶液褪色。该石油化工产品可能是什么物质?

7. 碳元素和氢元素的质量比都是 12 : 1 的三种烃 A、B、C, A 呈气态, B 和 C 呈液态。A、B、C 相对分子质量之比为 1 : 3 : 4。A 和 C 既能使溴的四氯化碳溶液褪色, 又能使高锰酸钾酸性溶液褪色; B 既不能使溴的四氯化碳溶液褪色, 也不能使高锰酸钾酸性溶液褪色。A、C 都能发生加聚反应, A 的加聚产物具有导电性, C 的加聚产物则是使用较为广泛的塑料。

(1) 写出 A、B、C 的分子式。

(2) 写出 A、C 分别加聚所得产物的结构简式。