



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工科基础化学

GONGKE JICHU HUAXUE

第二版

唐和清 主编



化学工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工科基础化学

GONGKE JICHU HUAXUE

第二版



化学工业出版社

北京

化学工业出版社

元 32.00 价 5

本书共分9章,依次介绍了化学物质的基本分类和命名法则、化学物质结构基础、化学热力学和化学动力学基础、溶液化学与离子平衡、电化学与金属腐蚀,以及有机化学的基础知识;还通过介绍基础化学知识在日常生活、能源、环境和生命等领域中的应用,初步完成了相关化学基础知识的网络编织;并选配了11个基本的化学实验,以便进一步提高学生利用化学解决实际问题的能力。本书的编写特点是,以基础概念、基本原理和基本方法为重点,以实际应用为知识点的连接手段,顺应“宽口径、厚基础”的培养模式,初步具备由模块式教学功能,可满足不同的教学课时数要求。

本书的主要适用对象为高等学校非化学和化工类的本科生,也可作为化学与化工类学生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工科基础化学/唐和清主编.—2版.—北京:化学工业出版社,2009.8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-122-06381-6

I. 工… II. 唐… III. 化学-高等学校-教材 IV. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第144324号

责任编辑:宋林青
责任校对:徐贞珍

文字编辑:陈 雨
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张18½ 彩插1 字数495千字 2009年8月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着科学与技术的飞速发展，化学也从一门传统的古老科学发展成为一门极具活力、对人类社会的进一步发展具有决定性作用的现代科学。化学的应用伙伴——化学工程也经历了与化学相似的快速发展。化学与化工从相互分离到再次融合；并且化学与众多其它工业相互渗透，构成了目前新的化学蓝图。且不说化学与化工自身对人类的重要性，单说它们对其它科学与技术的支撑就知其地位。高科技影响着人类生活的方方面面，而许许多多的高科技都与化学紧密相关。众所周知，信息科学、生命科学和材料科学是 21 世纪的三大支柱性学科。然而，如果将其中的“化学”成分去掉，这些学科也就无法担当大任了。正是由于这一重要性，非化学化工类的普通工科专业的大学生也必须学习基本的化学知识，以备将来在工作岗位上利用掌握的化学知识为自身的专业工作提供更好的创新机会。

本书通过第一版的使用，在一线教师和广大学生的共同努力下，取得了良好的教学效果。借着这次入选为“十一五”国家级规划教材的机会，我们在第一版的基础上进行了修订。在内容和体系上，基本保持了第一版的格局，但在一些具体内容和先后次序方面进行了合理的调整，增强了其可读性。另外，适当地增加了每一章的习题量，以有利于学生的复习与提高。

第一版的参编者金名惠教授由于退休而不再参与修订版的工作，在此特别感谢金名惠教授的大力支持和重要贡献。为了更好地完成修订工作，我们增加了一些新的参编人员，他们主要负责的编写内容如下：刘宏芳、刘列炜（第 2 章）；郭兴蓬、陈振宇（第 3 章）；齐公台（第 5 章和第 6 章）；王芹（第 7 章）；邱于兵（第 8 章）；董泽华（第 9 章和附录）。唐和清负责了第 1 章和第 4 章的编写以及全书的统稿。在编写和修订过程中，得到了化学工业出版社编辑的大力支持和具体指导，特此感谢。

编 者

2009 年 5 月于华中科技大学

第一版前言

化学是一门基础学科，也是一门中心学科，一门应用性非常强的学科。在人类社会发展史上，特别是在近两百年来，化学得到了飞速发展，在许多方面得到了自我完善，为人类社会的进步发挥了巨大的作用。在 21 世纪的今天，化学将更深入地影响人类社会的方方面面，在国民经济和现代化建设中占有越来越重要的地位。它将与信息、生命、新能源、新材料、空间、海洋、环境等学科紧密相连，并发挥更大的作用。因此，一个普通的当代人必须掌握基础的化学知识，一个 21 世纪的科技工作者更必须有化学知识的武装。本教材的目的就是为了给广大的非化学化工类的理工科大学生提供基础的化学知识。

化学知识的领域很广，本教材并不打算将其各个方面都作详细地介绍，而只是选择一些基础、最重要的内容，为广大学生展现一幅化学世界的美景图。全书共分 9 章。第 1 章绪论简单地介绍化学对人类生活的影响、化学物质的基本分类及其简单命名法则。第 2 章物质结构基础讨论了物质的状态、原子和分子的结构、元素周期律及各元素的基本化学性质。第 3 章化学热力学初步将主要讨论化学热力学和化学平衡问题，重点介绍与化学反应中质量和能量守恒、反应的方向和限度相关的基本规律。第 4 章溶液化学与离子平衡重点讨论溶液的形成、简单体系的相平衡、稀溶液的通性、水溶液中的酸碱平衡、溶解-沉淀平衡和配离子解离平衡，还简单介绍了表面化学和胶体化学的初步知识。第 5 章化学动力学初步介绍化学反应速率、速率方程、碰撞理论、过渡状态理论、活化能、反应分子数和反应级数等基本概念，探讨物质浓度、温度、催化剂等反应条件对化学反应速率的影响规律，阐明某些特征反应的基本动力学特征，以及阿仑尼乌斯公式的应用。第 6 章电化学基础与金属腐蚀主要讨论化学反应产生电功（电池）和电功引起化学反应（电解）两个问题，在介绍氧化还原反应的基础上，着重讨论电极电势及其在化学上的应用，介绍化学电源、电解的应用、电化学腐蚀及其防护的原理。第 7 章有机化学基础介绍了有机化合物的基本特性、结构特点、有机反应的基本类型和基本有机物的制备方法。第 8 章化学的应用主要介绍基础化学知识在日常生活、能源、环境和生命等领域中的应用，试图完成相关化学基础知识网络的编织。第 9 章基础化学实验重点介绍 10 个基本的化学实验。通过这些化学实验，可以初步掌握一些基本的化学操作、化学实验过程的设计以及实验数据的处理，是对所学的基本化学理论知识综合运用与实践。

在本教材的编写过程中，编者力图重点介绍基本概念、基本原理、基本方法和主要应用。“宽口径、厚基础”已经成为中国大学教育的基本方针，这使得基础化学的教学课时数可在一个相当大的范围内变化。本教材以精练的语言叙述，尽量减少学时，各专业可以视情况所需对教学内容进行必要的增补。

本教材的参编人员都是多年担任工科基础化学课程教学任务的教师，他们是金名惠（第 2 章）、郭兴蓬（第 3 章）、齐公台（第 5 章和第 6 章）、王芹（第 7 章）、邱于兵（第 8 章）、董泽华（第 9 章和附录）。唐和清负责了第 1 章和第 4 章的编写以及全书的统稿。在编写过程中，得到了化学工业出版社的大力支持和具体指导，特此感谢。

限于作者水平，不妥之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

唐和清

2005 年 4 月于华中科技大学

目 录

第 1 章 绪论	1		
1.1 化学与化学工业	1	本章小结	9
1.2 化学与生活	2	思考题	9
1.3 化学与非化工类工业	3	习题	9
1.4 一般化学物质的分类与命名	4	习题答案	9
第 2 章 物质结构基础	10		
2.1 物质的状态	10	2.3.2 共价键	29
2.1.1 气体	10	2.3.3 金属键	36
2.1.2 液体	11	2.3.4 分子间力和氢键	39
2.1.3 固体	12	2.3.5 晶体结构	42
2.1.4 等离子体	12	2.4 元素化学	47
2.1.5 中子态 (选读材料)	13	2.4.1 金属元素	48
2.1.6 液晶 (选读材料)	13	2.4.2 非金属元素	55
2.2 原子结构和元素周期律	14	本章小结	58
2.2.1 原子的基本结构	14	思考题	59
2.2.2 多电子原子核外电子的运动状态	19	习题	61
2.2.3 元素周期律	23	部分思考题答案	63
2.3 化学键与分子结构	28	部分习题答案	64
2.3.1 离子键 (ionic bond)	28		
第 3 章 化学热力学初步	66		
3.1 热力学术语和基本概念	66	3.4.1 熵与热力学第二定律和热力学 第三定律	76
3.1.1 系统和环境	66	3.4.2 化学反应的自发性	78
3.1.2 相	66	3.4.3 吉布斯函数变与化学反应进行的 方向	79
3.1.3 状态和状态函数	67	3.5 化学反应进行的程度——化学平衡	83
3.1.4 热力学能	67	3.5.1 化学平衡	84
3.1.5 过程和途径	67	3.5.2 化学平衡的移动	87
3.1.6 热和功	68	3.6 非平衡系统的热力学简介 (选读内容)	89
3.2 化学反应中的质量守恒和能量守恒	68	3.6.1 开放系统的熵变	90
3.2.1 化学反应质量守恒定律	68	3.6.2 自组织现象	90
3.2.2 热力学第一定律	69	3.6.3 耗散结构简介	91
3.3 热化学	70	本章小结	92
3.3.1 反应热的测量	70	思考题	93
3.3.2 化学反应的反应热与焓	71	习题	93
3.3.3 q_p 与 q_v 的关系和盖斯定律	72	习题答案	97
3.3.4 热化学方程式	74		
3.3.5 化学反应反应热的计算	74		
3.4 化学反应进行的方向	76		

第 4 章 溶液化学与离子平衡	99
4.1 液体以及由液体构成的多组分体系	99
4.1.1 分子间力与液体的某些性质	99
4.1.2 溶液的形成和性质	100
4.2 稀溶液的通性	102
4.2.1 非电解质稀溶液的通性	102
4.2.2 电解质溶液的通性	105
4.2.3 有关溶液通性的计算	105
4.2.4 溶液依数性的实际应用	106
4.3 相平衡	107
4.3.1 纯物质的相图	107
4.3.2 混合物的相图	109
4.4 溶液中的酸碱平衡	111
4.4.1 酸碱理论简介	111
4.4.2 酸碱的解离平衡	112
4.4.3 缓冲溶液及其应用	114
4.5 配离子的解离平衡	116
4.6 溶液中的沉淀溶解平衡	117
4.6.1 溶度积规则	117
4.6.2 沉淀的生成与溶解	118
4.6.3 沉淀溶解平衡应用	118
4.7 表面化学与胶体溶液	121
4.7.1 表面张力	121
4.7.2 吸附现象	121
4.7.3 润湿与接触角	122
4.7.4 表面活性剂	123
4.7.5 乳化与破乳	124
4.7.6 胶体	125
本章小结	130
思考题	130
习题	131
思考题答案	133
部分习题答案	134
第 5 章 化学动力学初步	136
5.1 化学反应速率的定义	136
5.2 影响化学反应速率的因素	137
5.2.1 浓度对反应速率的影响	137
5.2.2 温度对反应速率的影响	139
5.3 化学反应速率的基本理论	141
5.3.1 碰撞理论	141
5.3.2 过渡状态理论	142
5.4 催化作用与催化剂	143
5.5 化学平衡的本质	144
5.6 复合反应动力学	145
5.6.1 链反应	145
5.6.2 酶催化反应	145
5.6.3 光化学反应	146
本章小结	146
思考题	147
习题	147
部分习题答案	149
第 6 章 电化学基础与金属腐蚀	151
6.1 氧化还原反应与氧化还原平衡	151
6.1.1 氧化还原反应	151
6.1.2 氧化还原平衡	151
6.2 原电池与电极电势	151
6.2.1 原电池	151
6.2.2 电极和电极电势	153
6.2.3 影响电极电势的因素——电极电势的能斯特方程式	156
6.2.4 电极电势的应用	158
6.2.5 不可逆电极的反应过程	160
6.2.6 极化和超电势	160
6.3 化学电源	162
6.3.1 一次电池	163
6.3.2 二次电池	164
6.3.3 燃料电池	165
6.4 电解	166
6.4.1 电解池	166
6.4.2 分解电压	167
6.4.3 电解产物	168
6.4.4 电解的应用	168
6.5 金属的腐蚀与防护	171
6.5.1 化学腐蚀	171
6.5.2 电化学腐蚀	172
6.5.3 金属腐蚀的防止	173
本章小结	174
思考题	175
习题	175
部分习题答案	177
第 7 章 有机化学基础	178
7.1 有机化合物概述	178
7.1.1 有机化合物和有机化学	178
7.1.2 有机化合物的特点	178
7.1.3 有机化合物的分类	180

7.1.4 有机化合物的命名	181	7.4.1 烯烃和炔烃的合成	196
7.2 有机化合物的结构	182	7.4.2 卤代烃的合成	197
7.2.1 有机化合物的异构现象	183	7.4.3 醇的合成	198
7.2.2 有机化合物的结构分析	187	7.4.4 醚的合成	199
7.3 有机化学反应基本类型	188	7.4.5 醛、酮的合成	199
7.3.1 有机化学反应的分类	188	7.4.6 羧酸的合成	200
7.3.2 取代反应	189	7.4.7 胺的合成	201
7.3.3 加成反应	191	本章小结	202
7.3.4 氧化、还原反应	193	思考题	203
7.3.5 消除反应	195	习题	203
7.3.6 缩合反应	196	部分习题答案	205
7.4 基本有机化合物的合成	196		
第 8 章 化学的应用	207		
8.1 化学与日常生活	207	8.3.2 自然环境污染	225
8.1.1 纤维和纺织品	207	8.3.3 化学与环境保护	233
8.1.2 食物中的营养物质	209	8.4 化学与生命	239
8.1.3 日用化工产品	210	8.4.1 生命的本质	239
8.2 化学与能源	213	8.4.2 生命体中的重要有机物	240
8.2.1 世界能源结构与现状	213	8.4.3 基因与遗传信息	245
8.2.2 煤炭及其综合利用	215	8.4.4 生物膜	246
8.2.3 石油与天然气	218	8.4.5 氧自由基与人体健康	247
8.2.4 核能(原子能)	219	8.4.6 药物设计	248
8.2.5 节能与新能源	221	本章小结	249
8.3 化学与环境	224	思考题	249
8.3.1 环境与生态平衡	224		
第 9 章 基础化学实验	250		
实验 1 化学反应热效应的测定	250	实验 7 从茶叶中提取咖啡因	269
实验 2 温度对反应速率的影响与活化能的测定	252	实验 8 印刷电路板的制作	271
实验 3 溶液的配制和酸碱滴定	255	附注	273
实验 4 乙酸解离度和解离常数的测定	257	实验 9 钢铁的磷化	273
附 pH 计的使用	259	实验 10 白色原料——立德粉的制备	274
实验 5 铁氧体法处理含铬电镀废水	263	附注	276
实验 6 分光光度法测定钢中的锰含量	265	实验 11 金属铝的表面处理——阳极氧化法	276
附 分光光度计的使用	267		
附录	279		
附录 1 我国法定计量单位	279	附录 6 一些物质的溶度积 $K_{sp}(25^{\circ}\text{C})$	282
附录 2 一些基本物理常数	280	附录 7 标准电极电势	282
附录 3 一些弱电解质在水溶液中的解离常数	280	附录 8 一些共轭酸碱的解离常数	283
附录 4 我国土壤环境质量标准 (GB 15618—1995)	281	附录 9 我国生活饮用水卫生标准 (GB 5749—85)	283
附录 5 一些配离子的稳定常数 K_f 和不稳定常数 K_i	281	附录 10 标准热力学函数 ($p^{\ominus}=100\text{kPa}$, $T=298.15\text{K}$)	284
参考文献	288		

第 1 章 绪 论

【学习提要】 化学世界无边无际、奥妙无穷。作为一门中心学科，化学与人类的工业生产活动和日常生活紧密相关。本章将简单介绍现代化学的定义、化学物质的基本分类及其名称等入门知识。

每一个人都处身于化学之中，无论是个人还是群体都无法逃逸出化学的世界。进入小学，我们开始接触化学；进入中学，我们开始系统地学习化学；进入大学，我们开始研究化学；进入社会，我们将依赖化学、享受化学、使用化学。作为一门研究物质的自然科学，化学研究包括我们人体自身在内的所有物质。随着我们在化学世界的探索，我们将发现化学既能为我们带来无比美妙的世界，也会为我们制造许许多多的困境和陷阱。我们依靠化学，它会为我们制造新的物质，创造美好的家园，我们滥用它，它则可能给我们的地球带来灭顶之灾。中学化学课程中描述的化学世界，也许我们还记忆犹新。然而，世界在发展，科学在进步，化学在延伸，我们对化学的传统了解已经不能满足我们对现代生活的追求，我们必须站在更高的层次上了解化学，而这又需要我们首先了解化学的基本定义，了解化学物质的基本分类。

1.1 化学与化学工业

化学是什么？通常，我们认为化学是研究物质的组成、结构、性质、相互关系和变化规律的基础自然科学。这个简单的传统定义似乎无法完全说明现在不断发展的化学学科。然而，要为不断发展的化学给出一个完整的定义却十分困难。根据化学与其它学科的相互联系、化学的发展性以及化学学科描述程度的可变性，徐光宪教授提出了一维、二维、三维直至多维的定义。随着维数的增大，所给出的定义对化学的描述越来越详细，层次越来越高，当然，其定义的本身也越来越复杂。因此，本书采用比较简单的一维定义。根据化学的一维定义，21 世纪的化学是研究泛分子的科学。所谓的泛分子包含以下 10 个层次的内涵：①原子层次（例如碱金属原子的 Bose-Einstein 凝聚态）；②分子片层次（例如 CH_3 、 CH_2 、 CH 等一价、二价和三价分子碎片）；③结构单元层次（例如芳香化合物的母核、高聚物的单体、蛋白质中的氨基酸以及蛋白质中的 α -螺旋和 β -片层等高级结构单元）；④分子层次（在分子层次研究元素周期律、单分子光谱、单分子监测和控制、分子的激发态和吸附态等）；⑤超分子层次（超分子是通过非共价键的分子间作用力结合起来的分子或分子物质微粒）；⑥高分子层次；⑦生物分子层次；⑧纳米分子和纳米聚集体层次（例如碳纳米管、纳米金属、微乳、胶束、反胶束、气溶胶、纳米微孔结构、纳米厚度的膜、固体表面的有序膜、单分子分散膜等）；⑨宏观聚集体层次（包括固体、液体、气体、等离子体、溶液、熔融体、胶体、表面、界面等）；⑩复杂分子体系及其组装体的层次（包括复合和杂化分子材料，分子开关和分子晶体管等分子器件，分子马达和分子计算机等分子机器，燃料电池和太阳能电池等宏观组装器件）。

过去，人们虽然能够感受到化学世界的魔幻境界，但传统化学会造成环境污染也似乎成

为了定论。为了消除化学品生产过程中可能产生的污染，“绿色化学”和“清洁生产”正在逐步普及。随着现代科学与技术的发展，随着人类社会对环境保护意识的增强，化学在不断认识世界和改造世界的同时，又开始了“保护世界”，这导致了造成污染的传统化学向绿色化学的必然转变。“绿色蔬菜”、“绿色食品”等构成的“绿色世界”无一不与绿色化学形成千丝万缕的联系。

化学工业包含了所有在生产过程中以化学过程为核心内容和关键步骤的工业，人们比较熟悉的化学工业有硫酸工业、氯碱工业、塑料工业、橡胶工业、石化工业等。还有许多工业，通常不被称为化学工业，但它们的核心工艺却是化学过程。例如，能源工业、冶金工业。

化学工业实际上就是化学在工业活动中的直接应用。考虑到化学的发展，化学的定义在不断发展。出于同样的考虑，也可以给化学工业一个更富于包容性的定义：化学工业泛指所有以化学过程实现其全部或部分生产目的的工业。这样的话，人们就更加容易地理解化学正在与数理学科、生命学科、材料学科、能源学科、地球和生态环境学科、信息学科、纳米技术学科、工程技术学科、系统学科、哲学和社会科学等学科发生渗透、交叉和融合。这既是化学学科发展的趋势之一，也是普通工科类学生必须加强基础化学知识学习的原因。

1.2 化学与生活

化学知识以及化学品本身在人们日常生活中的应用非常广泛，以至于每个人都不可能离开化学。换句话说，化学与人们的衣食住行密切相关。

衣，其基本构成物为纤维。纤维或者来自于传统棉、麻类植物的天然纤维，或者来自于人工合成的化学纤维，今后还可能来源于由遗传基因工程所创新物种产生的天然纤维，其生产、加工和使用过程均包含许多化学过程。布料的印染依赖于印染化学；印染业产生的环境破坏问题需要环境化学来解决。在衣物的洗涤过程中，滥用洗涤剂会损害衣物的颜色与寿命，甚至损害人体健康。

在高科技领域，高分子发光材料和显示材料引人注目。人们期待着在不久的将来，可以将电视机制在衣物上，从而随时随地可以观看电视并进行可视通信。还有一类服装，要求内层吸汗和透气性良好，而外层则不怕雨淋。要达到这一目的，表面化学的知识是必不可少的。

食，民之天。食品化学为人们提供安全和营养保证。食品的非安全性可能来自两个方面：一个是人们对某些食品的化学组成与性质了解不足；另一个是化学药品特别是农药类化学品的广泛使用，使许多天然食品受到有毒化学品的污染，使许多加工食品受到过量添加剂的污染。食品添加剂的滥用给我们的日常生活带来过严重的危害，正因为如此，前不久出现了这样一条手机短信：“从大米里我们认识了石蜡；从火腿里我们认识了敌敌畏；从咸鸭蛋里我们认识了苏丹红；从火锅里我们认识了福尔马林；从银耳里我们认识了硫黄；从奶粉里我们认识了三聚氰胺”。暂且不管商家的道德底线，我们必须做到自己能够构筑防线。化学知识可以帮助人们控制甚至消除这种食品污染。另外，对这类污染的监测，也主要通过化学方法完成。

住，涉及两个基本部分，家具与建筑物。现代化的家具与房间都采用了现代化的制造方法。与传统的制造方法相比，这里所谓的现代化制造方法广泛使用黏结剂、防腐剂、涂料。“浸透”了这些化学品的家具和墙面可能常年不断地向房内释放甲醛等有害气体。这些室内有害气体成了人类的隐形杀手。对室内有害气体的监测，需要化学；在源头上控制这种污染，也需要化学；要消除已经存在的这种污染，更离不开化学。

行,是人类的基本活动。自行车可以加快人们的行进速度,自行车体在制作过程中至少采用了电镀与涂料,相关的化学知识对自行车的保护是必不可少的。小汽车是现代化的代步工具,它与化学的关系就更为密切了。且不说一般性的车体保护,装饰性的特种涂料、具有电致变色功能的美丽窗、电动汽车的新型化学电源,都是化学与其它高科技技术结合而成的新领域。至于在天空中的飞机,就更是遍布化学了。

简而言之,为了保证自身的生活安全,为了提高自身的生活质量,人们需要最基本的化学知识。

1.3 化学与非化工类工业

从化学学科形成之初,到科学技术高度发展的当今,甚至到遥远的未来,化学与许多其它学科紧密相连,并将其根系深深地植于人类活动的许多领域,因此,也常常把化学看作一门中心学科。图 1-1 显示出了化学的中心学科地位。根据人们的传统认识,有些学科基础知识离不开化学,甚至建筑在化学知识基础之上,这些学科往往又被称为近化学类学科,例如药学、农学、环境科学等。这里我们称这些学科为与化学发生第一层次学科交叉的学科。还有更多门类的学科,其基础知识似乎与化学无关,但其最新发展已经离不开化学的支撑,甚至于在这些学科的许多前沿领域中化学发挥着决定性的作用。例如,能源学科、材料学科、信息学科、纳米技术学科、工程技术学科等。我们称这些学科为与化学发生第二层次学科交叉的学科。随着各门科学的不断发展,所谓的第一层次交叉和第二层次交叉的学科之间的分类并无明显的差别。

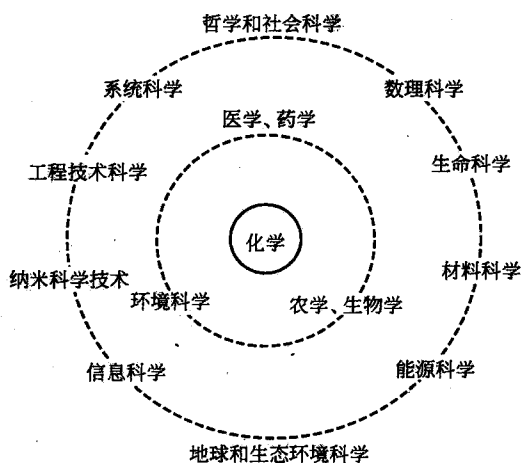


图 1-1 化学的中心学科地位

由于化学与众多的其它学科发生相互渗透与交叉,化学学科将渗透进那些其它学科支撑的非化工类专业。这种相互渗透一方面要求化学家和化学工程师们在掌握扎实的化学和化工基础知识的基础上,还要具有宽广的知识面和多学科的基础,另一方面要求非化学与化工类专业的科学家与工程技术人员有良好的化学知识基础。本书正是应后者的需要,为一般工科类大学生提供基础化学教育。一般工科类大学生在完成自身专业知识体系的构筑之前,容易产生化学与自身所处的学科和专业无关的想法。如果我们看看下面的例子,或许我们就会修正这一观点。

① 机械制造类行业中,拉拔、轧制、磨削等加工过程最为常见,为了提高加工效率、防止工件变形,润滑剂的使用是不可避免的;为了提高传动效率、减少能耗、延长部件的服

役寿命,同样也离不开润滑剂。无论是油基液体润滑剂、水基液体润滑剂,还是固体润滑剂,它们都是由多种添加剂构成的复杂化学体系,其研究内容构成了机械与化学的界面——摩擦化学的基本内容。以电动汽车为主体的电动运载工具,是目前世界各国极为重视的新产业之一。就目前情况而言,对电动汽车开发与制造起决定作用的与其说是机械制造技术,还不如说是化学电源技术。

② 能源工业中,传统的火力发电、燃煤动力、燃油动力都产生明显的环境污染,核能利用体系的不安全性往往与设备材料的电化学腐蚀有关,这些问题的解决也主要依靠化学方法。在新能源开发中,无论无机型太阳能电池,还是有机型太阳能电池,其核心的光电换能材料的制造均依赖化学方法;燃料电池在今后各行各业中将占据的重要地位已经无需多言,其核心是电化学过程;氢作为理想的洁净能源,将构筑未来“氢经济”的基础,而真正的具有使用价值的氢制造过程将依赖于光电解水催化制氢体系的开发。

③ 建筑行业为现代社会创造了大量的基础设施,然而由于建筑材料与所处环境发生化学作用而引起的建筑设施遭受腐蚀破坏的实例报道并不鲜见。“解铃还需系铃人”,要解决这个问题,实现对基础设施的保护,还得依靠化学的方法。

④ 信息行业是当今社会发展最为迅猛的行业之一,“分子导线”、“分子晶体管”、“DNA 计算机”等许许多多备受关注的最前沿领域,如果要突破,离开了化学也是绝对不可能的。

以上寥寥数语,也能告知人们当今的生活与工作已浸没在化学的海洋之中,作为一门中心学科,化学无时不在影响(或者帮助,或者阻碍)着人们的工作与生活。因此,作为非化学化工类的普通工科大学生,需要也必须掌握一些相关的化学基础知识。

1.4 一般化学物质的分类与命名

物质是化学的研究对象。所有的物质都由一些基本的分子或化合物组成。根据美国《化学文摘》的记录,已知的分子或化合物,在 1900 年底为 55 万种,1970 年底为 237 万种,到 2003 年已达 4500 万种,显然,这一数量还会急剧增大。数量如此之多的化学物质具有个性,也具有共性。为了方便,有必要对化学物质进行基本分类。

一种物质之所以能与另外的物质相互区分,是因为它具备自身的性质。这些性质可以分为物理性质和化学性质。在不改变组成的条件下,物质表现出的性质称为物理性质,包括颜色、形状、延展性、导电性等;在给定条件下物质发生组成变化时所显现出来的性质称为化学性质,例如酸碱度、反应活性等。复杂的物质可以由更基本的化学物质组成,这些化学物质的组成由它们的种类及其相对含量来描述。化学的主要任务之一是研究物质的变化。在变化中,如果物质不改变组成,这种变化叫物理变化;如果发生组成上的改变,则为化学变化。

如图 1-2 所示,如果采用物理的方法能够将一种物质分成两种或者两种以上简单物质,那么这种物质称为混合物(mixture),否则称为纯净物(substance)。有些混合物可能像清亮透彻的食盐水,整体上完全均一,这些混合物被描述为单相的(homogeneous);有些混合物可能像浑浊的泥浆、乳白的牛奶或者散乱的砂石堆一样,这些混合物被描述为多相的(heterogeneous)。对于一纯净物质,如果不能采用化学的方法将其分解,则表明它由单种原子构成,是单质(element);如果能采用化学的方法将其分解,则表明它包含两种或者两种以上的原子,是化合物(compound)。

化合物可以进一步分为无机和有机化合物。无机化合物包括所有不含碳的化合物、碳的氧化物以及碳酸盐。根据分子中化学键的特点,无机化合物还可分为酸、碱、盐等简单无机化合物与配位化合物。单质往往被归类于简单无机物。有机化合物则包括除碳的氧化物和碳

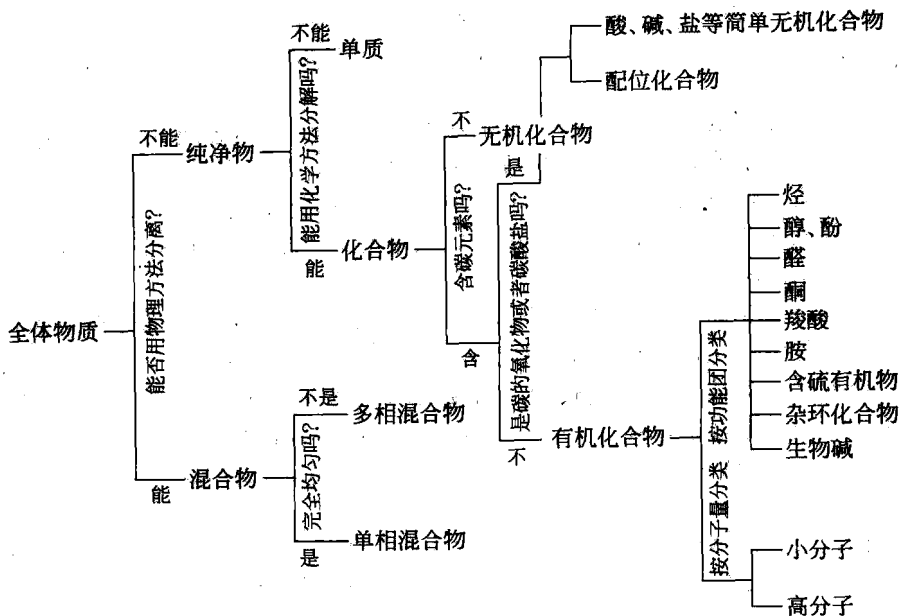


图 1-2 物质的简单分类

酸盐之外的所有含碳化合物。硅烷通常作为有机化合物看待。根据分子量的大小，有机化合物又可分为有机小分子化合物与有机高分子化合物。前者是有机化学研究的主要内容，后者则构成高分子化学研究的主要对象。在有机化学中，通常根据分子中的功能团将有机化合物分成烃、醇、酚、醛、酮、羧酸、胺、含硫有机物、杂环化合物、生物碱等类别。

每一种化学物质（单质或化合物）都有其标准命名，许多化合物还有其俗名。无论是为了学习，还是为了研究与工作，掌握化学物质的基本命名法则是非常有必要的。这里介绍的命名法则主要针对比较简单的化合物。对于复杂的化合物，其命名规则也更为复杂，本书中不作要求。

(1) 简单无机物的命名 金属元素与非金属元素或者非金属元素与非金属元素形成的化合物通常命名为“某化某”，在次序上，英文名称则是先列出氧化数为正数的金属或非金属元素的名称，再列出氧化数为负数的非金属元素名，且后者的词尾要变为-ide；化学式中含多个同种原子时，再用数词标记；当某元素可能存在多种氧化态时，应在此元素之后利用小括号和罗马数字加以标记，氧化数为+1时，则省略。例如，NaCl，氯化钠，sodium chloride；CO，一氧化碳，carbon monoxide；CO₂，二氧化碳，carbon dioxide；Fe₃O₄，四氧化三铁，ferric oxide，或氧化铁(III)，iron(III)oxide；SnO，氧化锡(II)，tin(II)oxide，或氧化亚锡，stannous oxide；SnO₂，氧化锡(IV)，tin(IV)oxide，或氧化(高)锡，stannic oxide。

根据酸根中有无氧的存在，无机酸可分为无氧酸和含氧酸。无氧酸主要包括盐酸、氢硫酸、氢氟酸等。它们的命名规则是根据其化学式的书写次序自然地命名为“氢某酸”，例如，HF，氢氟酸，hydrofluoric acid；HCl，氢氯酸（通常称为盐酸），hydrochloric acid；HBr，氢溴酸，hydrobromic acid；HI，氢碘酸，hydroiodic acid；H₂S，氢硫酸，hydrosulfuric acid；HCN，氢氰酸，hydrocyanic acid。含氧酸主要包括硫酸、硝酸、氯酸等。其命名法则也较为简单，针对酸根中的中心原子直接称为“某酸”，此时中心原子的氧化数等于它在元素周期表中的族数；当中心原子可能出现多种氧化态时，则用“次”、“亚”、“高”等表示其不同的氧化数。例如：H₂CO₃，碳酸，carbonic acid；H₃PO₄，磷酸，phosphoric acid；

H_2SO_3 , 亚硫酸, sulfurous acid; H_2SO_4 , 硫酸, sulfuric acid; HClO , 次氯酸, hypochlorous acid; HClO_2 , 亚氯酸, chlorous acid; HClO_3 , 氯酸, chloric acid; HClO_4 , 高氯酸, perchloric acid.

对于以氢氧化物形式存在的碱,一般称为“氢氧化某”,当金属元素可能存在多种氧化态时,应在此元素之后利用小括号和罗马数字加以标记,氧化数为+1时,则省略。例如, NaOH , 氢氧化钠, sodium hydroxide; $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 氢氧化铁(II), iron(II)hydroxide, 或氢氧化亚铁, ferrous hydroxide; $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 氢氧化铁(III), iron(III)hydroxide, 或氢氧化高铁, ferric hydroxide.

由无氧酸与氢氧化物反应生成的盐类,其命名法则与二元化合物的命名基本相同,而由含氧酸与氢氧化物反应生成的盐类通常称为某酸某。对于二元酸,其氢原子可能只有一部分被金属原子所取代,形成所谓的酸式盐,需要用数词指明。例如, Na_2S , 硫化钠, sodium sulfide; NaHS , 硫氢化钠, sodium hydrogen sulfide; Na_3PO_4 , 磷酸钠, sodium phosphate; Na_2HPO_4 , 磷酸一氢钠, disodium monohydrogen phosphate; NaH_2PO_4 , 磷酸二氢钠, monosodium dihydrogen phosphate.

(2) 配位化合物的命名 配位化合物由中心原子以及与之以配位键相结合的配体组成。所谓中心原子,指的是在配位化合物中,与配体发生配位结合并占据配位化合物分子中心的原子(或离子)。中心原子通常为金属原子。配体指的是与中心原子以配位键相结合的原子、原子团(或离子)。配体中与中心原子直接结合的原子称为配位原子。与中心原子相结合的配位原子的个数称为配位数。无论是中心原子、配体,还是配位化合物,它们可以是中性的,也可以是带电荷的;所带电荷可以是正电荷,也可以是负电荷。

书写配位化合物的化学式时,先写中心原子,然后写配体。当有电荷状态不同的配体共存时,按阴离子、阳离子、中性配体的次序排列;当存在两种以上电荷状态相同的配体时,按配体化学式的第一个元素符号在英文字母表中先后次序列出;配体含多个原子时,其化学式写在小括号内。中心原子的氧化数可以省略,也可以用小括号中的罗马数字标示,并在数字前面加“+”或“-”表示其正负氧化数(符号“+”通常省略)。无论是配离子,还是中性配合物,其全体的化学式都必须写在方括号内;若为配离子,其电荷数在方括号的右上标出。配离子形成配合物盐类时,其写法与普通盐类化合物的写法相同:配阴离子相当于酸根,而配阳离子相当于金属阳离子。另外,复杂的配体常用惯用符号的略写形式。例如: $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ (ethylenediamine, 乙二胺)略写成 en; ethylenediaminetetraacetate 略写成 EDTA。

命名时,有以下几条基本规则:

① 中心原子与配体的前后次序为先配体后中心原子。

② 中心原子的氧化数在中心原子之后于小括号中用罗马数字给出,负值的氧化数还需前置“-”,氧化数为零时则用阿拉伯数字0。

③ 配位体的先后次序遵循配体英文名称的字母表次序,而与电荷无关,且表示配体数目的接头词不计入配体名称内排序。其中文名称中,配位体的先后次序与英文名称相同。

④ 英文命名时,阳离子配体和中性配体保持原有名称不变,阴离子配体在其词尾加上“-o”;中文命名时,各配体均保持原有名称不变。例如: $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3^+$, 2-aminoethylammonium, 2-氨基乙铵; $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$, ethylenediamine, 乙二胺; CN^- , cyano-, 氰。不过,本规则存在例外: H_2O , aqua, 水; NH_3 , ammine, 氨; CO , carbonyl, 羰基; NO , nitrosyl, 亚硝基。

⑤ 配体的个数用接头词(数词)表示,个数为1时则省略。对于简单的配体,采用接头词 di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, octa- 分别表示二,三,四,五,六,七和八;对于复杂的配体,为了避免与配体名称中表示基团数目的接头词相混同,采用 bis-,

tris-, tetrakis-, pentakis-, hexakis-, heptakis-, octakis-依次相应地表示二, 三, 四, 五, 六, 七和八, 并将配体的名称写入小括号内。中文名称内, 数字的使用与配体的复杂程度无关, 但对于复杂的配体, 同样采用小括号加以区分。

⑥ 配离子的词尾与普通无机盐类化合物的相类似。配阴离子相当于酸根, 其词尾为-ate ion, 配阳离子无特殊词尾变化。中性配合物自然也无特殊词尾变化。

一些具体的实例如下:

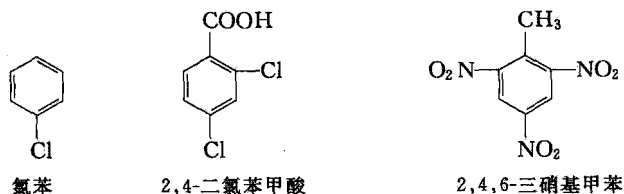
$[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$	tetraaquadichlorochromium(III) ion	四水二氯合铬(III)离子
$\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$	potassium hexachloroplatinate(IV)	六氯合铂(IV)酸钾
$[\text{CrCl}(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$	pentaamminechlorochromium(III) sulfate	硫酸五氨一氯合铬(III)
$\text{NH}_4[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{NO}_2)_2(\text{NH}_3)_2]$	ammonium diamminedinitrooxaltocobaltate(III)	二氨二硝基一草酸合钴(III)酸铵

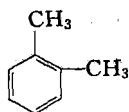
(3) 有机化合物的命名 命名原则: 根据国际上通用的系统命名法, 首先确定有机化合物的分子主链, 即最长的碳链, 在由分子主链构成的母体化合物名称的基础上, 添加反映取代基情况的接头词或接尾词, 从而构成有机化合物的名称。通常根据不同类型的取代基将有机化合物分成不同的类别, 其命名也是如此。如果一个物质有多种类型的取代基, 那么它可能具有不同的名称。

① 直链饱和烃 直链饱和烃通常称为烷烃, 其通式可用 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 表示。命名时, 直接以所含的碳原子个数(n)称为某烷: 当碳原子个数不超过 10 时, 习惯上用甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸依次代表一至十的数字; 当碳原子个数超过 10 时, 则直接采用中文数字, 例如, $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ 的名称为十二烷。英文名称由希腊数词的接头词与表示烷烃的结尾词-ane 构成。例如, C_6H_{14} (己烷) 的名称为 hexane, $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (十二烷) 的名称为 dodecane。但对于 $n=1$ 到 $n=4$ 的情况来说, 则采用惯用的数字接头词, 属于例外, 即 CH_4 (甲烷) 的名称为 methane, C_2H_6 (乙烷) 为 ethane, C_3H_8 (丙烷) 的名称为 propane, C_4H_{10} (丁烷) 的名称为 butane。当直链饱和烷烃的最末端失去一个氢原子形成取代基时, 称为(某)烷基, 英文名称的词尾由-ane 改为-yl。例如, $-\text{CH}_3$ 为甲(烷)基(methyl)。

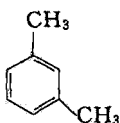
② 支链饱和烃 命名方式为在最长碳链名上添加表示支链上取代基的接头词。为了标记支链的位置, 要在主链上从一端到另一端标出位置的序号, 依次用阿拉伯数字标记, 标记序号时要求使第一个支链位置的序号数为最小。有多个同一取代基存在时, 在取代基名称之前相应地加上 di-(二)、tri-(三)、tetra-(四) 等数词。例如, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, 2-甲基-6,6-二乙基壬烷, 2-methyl-6,6-diethylnonane。

③ 芳香烃 对于分子中含有苯环等芳香环的化合物, 其命名规则是将苯环等芳香环部分看做母体化合物, 然后将整个分子看做母体化合物的衍生物。当母体化合物为芳香烃时, 大多采用惯用名称。例如, 苯(benzene)、萘(naphthalene)、蒽(anthracene)、菲(phenanthrene)等。苯失去 1 个氢原子生成取代基, 称为苯基, phenyl。芳烃衍生物的主要命名原则是将苯环或芳环看做取代基, 例如, $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$, 苯甲酸; $\text{C}_6\text{H}_5-\text{SO}_3\text{H}$, 苯磺酸; 当苯环或芳环上存在取代基时, 将苯环或芳环上的碳原子依次用阿拉伯数字编号, 使不饱和键、官能团或取代基的位次具有最小的数目; 当苯环上存在两个相同的取代基时, 也可用“邻”(ortho)、“间”(meta)、“对”(para) 分别表示三种不同相对位置的构造异构体; 萘环上 1,4,5,8 位情况相同, 叫做 α 位, 而 2,3,6,7 位情况相同, 叫做 β 位。下面是一些命名实例:

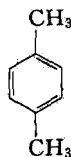




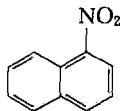
邻二甲苯或 1,2-二甲苯



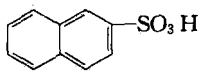
间二甲苯或 1,3-二甲苯



对二甲苯或 1,4-二甲苯



α -硝基萘或 1-硝基萘



β -萘磺酸或 2-萘磺酸

④ 不饱和烃 对于烯烃，选定含有碳碳双键的最长碳链为主链，与某烷相类似，称此主链代表的化合物为某烯，英文名称的词尾由烷烃的 -ane 改变为烯烃的 -ene。类似的，对于具有碳碳三键的烃，称之为某炔，英文名称的词尾相应地变为 -yne。双键或者三键的位置用阿拉伯数字表示，其数值应尽可能小。例如， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2=\text{CH}_2\text{CH}_3$ ，2-庚烯，2-heptene。不饱和键处于末端时，其位置标记省略。

⑤ 含卤素化合物 命名时，在烃的名称上加上卤素元素的接头词，并用阿拉伯数字和中文数字分别表示出卤素取代原子的位置与数目。氟、氯、溴、碘的英文接头词分别为 fluoro-, chloro-, bromo- 和 iodo-。也可以采用卤化烃基的形式命名，英文名称为在烃基名之后加上 fluoride, chloride, bromide 或 iodide。

⑥ 含羟基化合物 羟基与烷基结合生成醇 (alcohol)，与芳香环结合则生成酚 (phenol)。命名时都是以母体化合物为基础，称为某醇或某酚；英文名称则是将母体化合物名的词尾 e 去掉，再加上 -ol。当存在命名法上具有优先权的其它功能团时，或者当羟基存在于支链上时，则采用羟基 (hydroxy) 命名。还有一种方式，即在代表母体化合物的基团名之后，加上 alcohol (醇)。例如， $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ ，2-丙醇 (2-propanol) 或者异丙醇 (isopropyl alcohol)。

⑦ 醛类化合物 与烃类化合物的命名相似，称为某醛，英文名称则是将烃词尾的 e 去掉，再加上 -al，也可以是在去掉 -CHO 原子团的母体化合物的名称后添加 -carbaldehyde。当存在命名法上具有优先权的其它功能团时，醛原子团用醛基 (formyl) 表示。

⑧ 酮类化合物 有两种命名方式。其一，与烃类命名相似，称为某酮，英文名称则是将母体化合物名的词尾 e 去掉，再加上 -one，并用数字表示出与 $=\text{O}$ 结合的碳原子的位置及羰基的位置。例如， $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ ，2,4-戊二酮。其二，用羰基两侧的烃基并列命名，称为某某酮，英文名则是在两个并列的烃基名之后添加 ketone。例如， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ，2-丁酮 (2-butanone) 或甲乙酮 (methylethyl ketone)。

⑨ 醚类化合物 通常用氧原子两侧的烃基并列命名，称为某某醚。例如， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$ ，甲乙醚； $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ，二乙醚，一般简称为乙醚。

⑩ 含羧基化合物 与烃类命名相似，称为某酸。英文名称的构成法是将母体化合物名的词尾 e 去掉，再加上 -oic acid；或者在母体化合物的名称后添加 -carboxylic acid。许多羧酸都有惯用名。例如， HCOOH ，甲酸 (methanoic acid) 或蚁酸 (formic acid)； CH_3COOH ，乙酸 (ethanoic acid) 或醋酸 (acetic acid)。

⑪ 酯类化合物 按照生成酯的酸和醇的名称而叫做某酸某酯。例如， $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$ ，甲酸乙酯。

⑫ 胺类化合物 与烃类命名相似，称为某胺，英文名称则是在烃基名之后添加 amine。也可以用氨基 (amino-) 表示 $-\text{NH}_2$ 。

◆ 本章小结

1. 基本概念

化学、化学工业、中心学科、化学性质、物理性质、纯净物、混合物、绿色化学、清洁生产、标准命名法。

2. 简单物质的命名法则

(1) 给简单无机物进行命名时,通常将无机物分为单质、金属元素与非金属元素或非金属元素与非金属元素之间构成的简单化合物、酸、碱、盐等若干类。一般情况下,单质直接以其元素名称命名;简单化合物被称为某化某;酸、碱和盐的名称则基本遵循某酸、氢氧化某、某酸某的规则。

(2) 给配合物进行命名时,需重点注意配离子在配合物分子中的角色,按照简单化的优先原则,正确处理不同配体的先后次序。

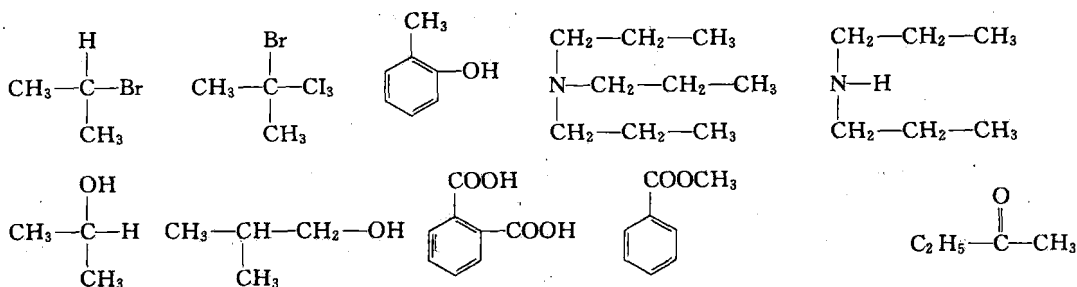
(3) 给有机化合物进行命名时,首先要确立最主要的官能团,然后确定碳主链,再确定取代基的位置和数量,最后根据官能团的类别进行命名。

◆ 思考题

1. 化学在人类生活中的基本地位如何?
2. 根据科学的整体性与局部性的特点,讨论化学科学与其它科学之间的相互联系。
3. 一般化学物质的命名法中有哪些普遍规律可循?
4. 在课堂之外的日常生活中,你如何感知化学的存在?
5. 结合自身的专业特点,预测本专业中有哪些领域与化学密切相关。

◆ 习题

1. 完成下列物质的命名:



2. 写出下列无机化合物的分子式或有机化合物的结构式:

甲乙胺、乙酸甲酯、乙二醇、甲丙醚、苯乙烯、硫酸亚铁铵、高氯酸锂、苯甲酸钠、二硫化碳、铁氰化钾

3. 从自身所学的工科专业出发,调查并选定至少一个与化学有紧密关系的主题,写出一份 1000 字以上的课外研究报告(报告的形式不限,可集体合作完成)。
4. 利用网络跟踪明星化学品,例如:三聚氰胺、瘦肉精、苏丹红、孔雀绿,并从分子结构的观点出发,简单分析它们为什么能够被某些商家包装为明星。

◆ 习题答案

1. 2-溴丙烷; 1,1,1-三碘-2-溴-2-甲基丙烷; 2-甲基苯酚; N,N,N -三丙胺; N,N -二丙胺; 2-丙醇; 2-甲基丙醇; 邻苯二甲酸; 苯甲酸甲酯; 2-丁酮
2. $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_3$, $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$, $\text{HO} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{OH}$, $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$, LiClO_4 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$, CS_2 , $\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_4]$