



谨以此书献给复旦大学建校100周年

DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE FOUNDING OF FUDAN UNIVERSITY

高等学校教材

现代化学原理

上册

金若水 王韵华 芮承国 编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是根据大学理科一年级普通化学课程的教学基本要求而编写的,全面系统地阐述了化学原理和化学基本知识,适当反映学科发展和科技进步的最新成果,内容丰富。全书分上下两册出版,上册含4篇:物质和化学反应、化学和能、物态、化学反应原理;下册含2篇:结构和成键、元素化学。每章后有小结和综合练习题。

本书可作为高等学校理科各专业化学基础课教材,也可供相关专业选用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代化学原理.上册/金若水,王韵华,芮承国编.北京:
高等教育出版社,2003.8
ISBN 7-04-011975-7

I. 现... II. ①金...②王...③芮... III. 化学-
高等学校-教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 035478 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	中国青年出版社印刷厂		
开 本	787×1092 1/16		
印 张	33.5	廉 次	2003年8月第1版
字 数	820 000	印 次	2003年8月第1次印刷
插 页	2	定 价	55.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

编者的话

这是一本为大学一年级学生编写的普通化学教材,取名现代化学原理是因为本书的主要任务在于向学生介绍当代化学所涉及的某些最普遍的化学原理。

按传统观念,化学是一门经验科学,学习化学首先必须具备许多化学基础知识,其中有些是要记忆、要背诵的。毫无疑问,经验对化学来说是非常重要的。然而,到了20世纪末期,化学已经由描述科学发展成为一门理解科学。在现代人看来,大量化学现象是可理解的,不少化学知识可以通过一定的规律去把握。而要理解化学现象,就必须把握一些有关物质构造和化学反应的普遍原理。在大学一年级开设普通化学课程,目的就是为了使刚入学的新生能对现代化学的基本概念和基本原理有一定的了解,以便他们在学习后继化学课程时,能运用这些基本原理去理解各种化学现象并会学习更深入的理论知识。本教材就是为配合这门课程编写的。考虑到一年级学生缺乏系统的化学知识,教材力求从现实生活中经常遇到的或者学生在中学化学中已经了解的化学现象出发,提高到化学基本原理,而后引导学生运用这些原理去处理那些尚未接触过的化学问题,使他们在把握化学基本原理的同时学到新的化学知识。

现代化学知识在爆炸式地发展,每年都要出现上百万种新化合物,那么多的化学知识是不能靠“死记硬背”的方法去掌握的。所以,学习化学的关键在于掌握科学的求知方法,树立严谨认真的科学态度。历史地看,每个化学问题都有其提出和解决的过程,有时甚至有不同观点的争论,还有不少问题至今没有最终解决,让学生了解这些历史对于他们把握科学的方法论是有益的。所以,本书在编写过程中,尽可能追溯各类问题的历史渊源,使大家知道科学的研究方法、仔细的实验观察和正确的理论思维在化学发展中的重要性。

普通化学涉及的知识面很广,而且又互有联系。哪些内容先讲,哪些内容后讲,没有划一的规定。本书是按我们在复旦大学化学系二十几年的教学过程中逐步形成的教学体系编写的,全部内容分为:物质和化学反应,化学和能,物态,化学反应原理,结构和成键,元素化学等既互相联系而又保持其相对独立性的六篇。

第一篇 物质和化学反应。主要讲述化学的物质对象和它们的化学变化。这部分涉及大量化学基本概念,有些概念学生在中学化学中已经学过,但不完善。这一部分是起衔接中学和大学化学教学的作用。把学生由单纯接受知识引导到科学思维,在我们看来,在书中保留这个最基础的部分是必要的。

第二篇 化学和能。讲的是化学能和其他能量形式的转化。这部分是本书的第一主题,也是第三、第四两篇的理论基础。通过化学反应实现化学能和其他能量形式的转化是化学反应的最基本的特征之一。本书把理想气体模型放在第5章讲述,目的就是在阐明了热运动的分子本性以后,可以顺理成章地讲述热化学以及化学反应的方向问题。

第三篇 物态。物质的化学变化总是和物态变化联系着,许多普通化学教材都把这部分内容作为浅近的知识放在热力学前面介绍。但是物态变化和化学变化遵循着相同的热力学规律,

考虑到物态变化毕竟要比化学变化简单一些,所以本书把物态变化放在第三篇,目的在于让学生能运用第二篇学到的原理处理一些简单的实际问题。

第四篇 化学反应原理。化学主要研究的是物质的化学变化的规律性,所以这是本书的重点。

第五篇 结构和成键。本书按物质的构造分为原子核,原子的电子结构,化学键和分子结构,晶体结构四个层次介绍。这是本书的第二主题。物质的化学变化归根结底由物质的内部结构决定着,要了解物质的化学现象必须有物质结构的知识。有的普通化学教材先介绍物质的结构再讲反应,有其优点。但是现代物质结构原理离不开量子观念,上来就讲这些,学生接受有一定困难。为处理好这对矛盾,本书先在第一篇第3章浅近地介绍一点结构和成键的经典知识,而把结构和成键的主要内容相对独立地放在第五篇介绍。

第六篇 元素化学。是向读者介绍一些在化学中比较基本的或者在现代科学技术发展中有重要作用的化学基础知识,内容包括:元素的地球资源和提取;p区和d区金属;非金属;碳和有机物。

为了让读者掌握理论原理以及有关的重要概念,数学语言是必不可少的,但是在采用数学语言时本书尽量避免烦琐的数学推导。有些历史资料和较为深入的内容,用小号字印刷,是为了供有兴趣的读者参考,以求得对问题的全面了解。

学习化学原理是为了解决实际问题,为此各章都配备了大量供读者练习的题目。书中的练习题分两个层次,放在各节后面的部分练习题直接同该节讲述的内容有关,让读者通过做这些题目自我检测对该节内容的掌握程度。各章后面还选编了一些实用性较强的综合练习题,供读者综合训练。由于化学涉及的现象和知识很多,有些在正文不可能全面介绍的内容就反映在练习题中,作为正文的补充,希望读者在做题目的同时获取新的知识。

本书编写过程中,受到复旦大学教务处和化学系领导的大力支持和鼓励,特表示诚挚的谢意。本书采用的逻辑体系是在复旦大学化学系、生物系历年教学中逐步完善的,教材初稿在复旦大学理科基地班使用三届,听取了他们对教材的修改建议,为此要特别感谢他们。最后,还要感谢国内访问学者、华中科技大学同济医学院的孙益量同志花了大量时间校阅全书。

不少问题有待作进一步的推敲,甚至有疏漏和错误之处,恳切期望读者批评指正。

金若水 王韵华 芮承国

2002年12月

目 录

绪论 化学——中心的、实用性和创造性的科学	1
-----------------------------	---

第一篇 物质和化学变化

第 1 章 化学元素和化合物	9	第 3 章 原子价	55
1-1 化学元素和原子	9	3-1 原子的化合价	55
1-2 单质、化合物、分子和离子	12	3-2 元素周期律和元素周期表	58
1-3 物质的质和量	15	3-3 离子键和离子化合物	61
1-4 相对原子质量和相对分子质量	20	3-4 共价键和共价化合物	62
1-5 相对原子质量的现代标度和物质的 量	25	3-5 元素的氧化态	71
1-6 同位素及同位素分子物种的相对质 量	28	小结	74
小结	32	综合练习题	74
综合练习题	32	第 4 章 化学反应和化学计量学	77
第 2 章 气体和分子	36	4-1 化学反应及其特点	77
2-1 气体的宏观性质	36	4-2 化学反应的基本定律和化学方程式	79
2-2 气体定律	38	4-3 水溶液中的离子反应和离子方程式	82
2-3 混合气体——道尔顿定律	46	4-4 化学反应的计量关系	86
2-4 气态物质的相对分子质量	48	4-5 化学计算	89
小结	52	4-6 溶液和溶液中反应的计量学	98
综合练习题	52	小结	101
		综合练习题	101

第二篇 化学和能量

第 5 章 分子和能量	107	6-1 能量及其转化	134
5-1 气体模型	107	6-2 热力学第一定律	142
5-2 分子的速度分布	112	6-3 化学反应的焓变	147
5-3 气体的泻流和扩散	117	6-4 盖斯定律	152
5-4 气体的热容	123	6-5 生成焓	154
5-5 分子的空间分布和熵	126	6-6 原子化焓和键焓	156
小结	131	6-7 压强和温度对反应焓的影响	160
综合练习题	131	小结	162
第 6 章 热化学	134	综合练习题	163

第7章 焓和自由能	167	7-5 化学反应的自由能变化	182
7-1 过程的自发性和焓	167	7-6 自由能和化学平衡	186
7-2 焓变的计算	173	小结	191
7-3 化学反应的标准焓变	177	综合练习题	191
7-4 自由能	180		
第三篇 物 态			
第8章 气态	197	小结	244
8-1 地球的大气层	197	综合练习题	245
8-2 实际气体的行为	205	第10章 溶液	248
8-3 气体的液化和临界状态	215	10-1 概述	248
小结	219	10-2 理想溶液和理想溶液定律	252
综合练习题	219	10-3 非电解质稀溶液的依数性	255
第9章 凝聚态	222	10-4 两种挥发性液体的溶液	261
9-1 液体和固体的结构	222	10-5 离子溶液	267
9-2 相、相变和相平衡	228	10-6 溶解度	272
9-3 相变过程的热力学	235	小结	277
9-4 气-固相平衡和固-液相平衡	238	综合练习题	277
9-5 相图和相律	241		
第四篇 化学反应原理			
第11章 化学平衡通论	283	综合练习题	353
11-1 化学反应的可逆性和化学平衡	283	第13章 水溶液中的离子平衡(二)	
11-2 平衡常数	287	沉淀-溶解平衡	356
11-3 化学方程式和平衡常数表示式的 书写	294	13-1 难溶离子化合物在水溶液中的离子 平衡	356
11-4 气相反应的化学平衡	296	13-2 影响沉淀-溶解平衡的因素	360
11-5 影响化学平衡的因素	301	13-3 沉淀反应	365
小结	307	13-4 沉淀的溶解和抑制	369
综合练习题	307	13-5 难溶金属硫化物	377
第12章 水溶液中的离子平衡(一)		13-6 离子的选择性沉淀	380
酸碱平衡	311	小结	383
12-1 酸碱质子理论	311	综合练习题	384
12-2 水的自解离和强酸、强碱的水溶液	314	第14章 配位化合物	386
12-3 酸碱在水溶液中的相对强度	318	14-1 配位化合物	386
12-4 一元弱酸、弱碱的水溶液体系	321	14-2 配位化合物的立体化学和异构现象	393
12-5 两对一元共轭酸碱平衡的水溶液	331	14-3 配离子在溶液中的稳定性和平衡	401
12-6 多元弱酸和弱碱的水溶液体系	334	14-4 综合平衡	406
12-7 几个实际问题	347	14-5 生命体系中的配合物和配合物的 应用	413
小结	352		

小结	416	用	455
综合练习题	417	小结	464
第 15 章 氧化还原反应和电化学	419	综合练习题	464
15-1 半反应概念	419	第 16 章 化学动力学	469
15-2 电化学电池	424	16-1 化学反应的速率	470
15-3 法拉第定律	433	16-2 速率定律	473
15-4 电功和氧化还原反应的自由能变化	435	16-3 反应机理	479
15-5 元素电势图和元素的氧化态自由能 图	441	16-4 反应速率和平衡	490
15-6 影响电极电势的因素	445	16-5 温度对反应速率的影响	492
15-7 氧化还原反应和电化学的某些应 用	455	16-6 催化作用	499
		小结	504
		综合练习题	505
附录	511		
附录一 物理常数	511		
附录二 化学元素发现年代表	511		
附录三 标准生成焓 标准生成自由能 标准熵(298.15 K)	514		
附录四 元素的标准电极电势图(单位:V)	519		

元素周期表

绪论

化学——中心的、 实用性和创造性的科学

你翻阅此书,也许是出于好奇心,想了解一下:化学究竟是什么?

什么是化学

什么是化学?要一下子把这个问题说明白不那么容易。有时人们会告诉你:化学家干的就是化学。这个答案有一定道理。化学家搞的当然是化学,那是不会错的。但你得注意,化学家活动的天地相当广漠,有的化学家感兴趣的是自然界各种矿物的组成,并设法用它们来提炼各种金属;有的化学家在研究如何把天然存在的煤和石油做成各种化工原料,然后再用它们来生产人们生活所需要的种种塑料和人造纤维;有的化学家致力于合成能医治各种疾病的药物;有的化学家则在研究有利于发展农业的各种化肥和农药;有的化学家在寻求除煤和石油以外的新能源;有的化学家还在研究把砂子做成能放到计算机心脏里去的芯片。一句话,在与我们衣、食、住、行有关的各行各业,到处都有化学家的足迹。尽管化学家们研究的物质对象千变万化,但他们的共同目标是试图解开一个自然之谜:宇宙万物何以会互相变化?这种变化遵循的是什么规律?能不能根据这些规律创造出世间没有的新物质来?

一种物质变成另一种组成、结构和性质完全不同的物质,研究这种变化的学问就是化学。简而言之:化学是一门研究物质的化学变化的科学,它是整个自然科学的一个组成部分。

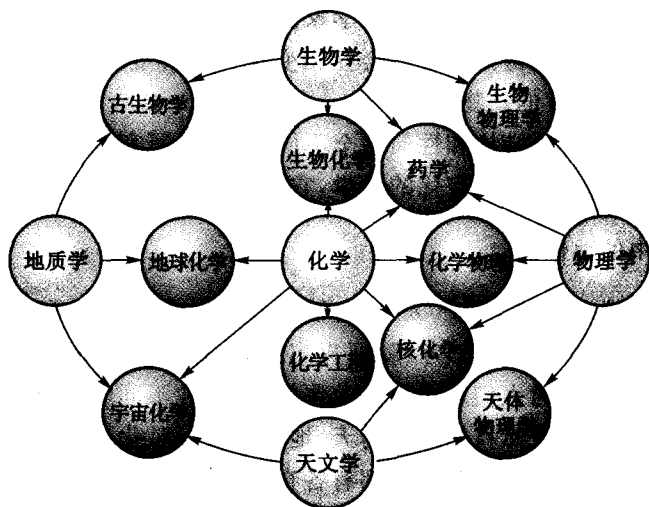
化学在自然科学中的地位

自然科学是人对自然现象的认识。人来到世间,开始对周围发生着种种自然现象感到迷惑不解,然而有了思维能力的人,就要思考,就要提出问题,就试图对各种自然现象作出解释。于是,按生产发展的水平以及当时人们所关心的主要问题,就在不同的历史时期形成了自然科学的各个分支。按传统,人们常把自然科学划分为天、地、生、数、理、化六大学科。除了数学统一地研究现实世界中的数和形的关系外,其他学科都有各自的研究对象。

然而,自然界是统一的,自然界本身没有学科之分,一切自然现象需要人们从不同的侧面去

研究,然后才能取得统一的认识。你可能听到过“盲人摸象”的故事,说的是几个盲人摸一头大象,各人摸到的大象形象都不一样,结果是各云其是,争论不休;其实这几位盲人只要能把各人的感知综合起来,大象的统一形象就出来了。人类对自然的认识,很有点像盲人摸象。人生活在地球上,向周围一看,自己就在中心。所以最早人们普遍相信地球是宇宙的中心,地球外面的东西都在天上,天文学一开始就是一门研究天上星星的位置和它们的运行规律的科学。而地质学则是一门专门研究地球的科学。哥白尼提出日心说后,人们才明白地球也在天上。现代自然科学进一步证明,地球和其他行星一样,遵循着同样的规律围绕着太阳运行,而太阳系只是宇宙空间中无数个“太阳系”中的一个。人们在地球上获得的有关物质的组成和构造的知识,也有助于加深对其他星球上的物质的了解。天和地的学问,不少地方是相通的。物理学是一门研究物体的运动以及它们的热、光、电、磁等性质的科学,其研究的对象大的超过天体,小的比构成原子核的基本粒子还小,但传统的物理学不研究活的对象;而生物学则是一门专门研究活的生命有机体的起源和进化的科学。人们一度认为在死的无机物和活的有机物之间横着一条不可逾越的鸿沟,无机物体的运动靠外来的机械力的推动,而生命有机体的一切活动都由某种非物质的生命力支配着,有机物只能在具有生命力的生物体内产生。维勒(F. Wöhler)用无机化合物氰酸铵合成了尿素以后,把这条鸿沟填平了。现代自然科学不断地证明,“死物”和“活物”的知识,在许多方面也是相通的。自然科学的各个领域可以有完全不同的研究对象,但是它们所获得的知识都是人类认识自然的整个链条中的各个不同的环节。

化学是研究物质的化学变化的科学,只要涉及化学变化,不论是地下的物质还是天上的物质,不论是死的物质还是活的物质,化学都要研究。所以,化学就十分自然地 and 自然科学的各个领域紧密地联系着。自然科学发展的现状表明,它的各个部分正在趋向融合。划分自然科学领域的传统框架已经不可能把现代自然科学的许多研究方向强行纳入某个框框。不愿受传统禁锢的科学家们,大胆地在传统学科的边界线上探索,发现了大量前人无法理解的事情,结果是交叉的、边缘的学科陆续出现和兴起。在化学和其他学科的交汇点上出现的新兴学科就不少。面对着这个令人眼花缭乱的现实,有人惊呼“化学正在被肢解!”。有人却从下面这张联络图中喜悦地发现“化学正处于现代自然科学的中心位置”。



自然科学的中心是什么？谁也不能自己说了算！但这张联络图倒也确实说明了化学是整个自然科学中一个不可缺少的重要环节。化学和自然科学其他领域的这种天然联系和交叉，为化学科学的发展展示了灿烂的前景，同时也暗示了化学科学将面临来自各个学科的强有力的挑战。

20 世纪的化学受惠于物理学的发展。化学家们深刻地感受到，许多物理学定律和理论有助于对化学现象的理解，特别是大量现代的物理学技术和实验手段，大幅度地提高了化学家的活动能力，使化学有可能深入地了解各种物质的结构，并探索结构和性能的关系。物理学和化学的结合无疑是对 20 世纪化学迅猛发展的极大推动。这种结合的另一方面是，化学家所发现的大量具有有趣的物理性质的新物质，也扩大了物理学的研究范围，充实了物理学的内容。化学家和物理学家在实验室的人为控制条件下获得的有关化学反应和核反应的大量研究成果，使得天体物理学家和天文学家有可能利用这些结果去探索在离我们十分遥远的星系上的物质以及在那里发生着的化学变化，以进一步了解宇宙的起源。利用化学键理论和化学热力学的研究成果去考察地球上各种矿物的结构以及在地球表面和地壳中发生的化学变化将有助于地质学了解地壳演变和矿物成因的某些规律性。20 世纪以来，对生命过程起着重要作用的许多生物大分子的结构陆续地被测定，以及对代谢过程的能量机制的深入了解，不可避免地会促使化学家和生物学家联合起来开展对生命现象的化学基础的详细研究。在当代自然科学的发展中，有大量问题要用化学的方法去解决，化学家肩负的责任不轻。

化学是实用性的科学

化学有着悠久的历史，它一开始就是一门和人类生活密切有关的实用性很强的科学。历史地看，化学的前身是炼金术，炼金术以前的化学和手工业者的生产活动密切联系着。生活在旧石器时代的第一个“化学家”发现了如何生火，人类利用天然火的历史可能比学会生火还要久远。我国古代流传着燧人氏钻木取火的故事，说取火的技术是燧人氏发明的。学会取火是人类文明的第一个重大进步。学会了取火，控制了火，人类就开始了与日常生活有关的各种化学实践活动，用火把食物煮熟，用火把粘土烧成陶器和砖块，把高岭土烧成釉陶，把砂子烧成玻璃，最终在用火煅烧铜矿石的过程中，偶然地获得了金属铜。

公元前 7000—6000 年，我国仰韶文化时期已有手制和模制的陶器；新石器时代的晚期，我国已经进入铜、石并用的时代，当时的铜器由红铜锤锻而成；到龙山文化晚期，已经出现酿酒的技术。大约在公元前 4000 年，埃及人已经知道从花卉和昆虫提取颜料并把它们用于染色，在公元前 2500 年左右，埃及人开始用砂和苏打烧制玻璃。大约在公元前 3000 年，居住在底格里斯河和幼发拉底河流域的苏美尔人在冶金技术上已达到青铜时代的最高水平，他们不仅懂得把铜矿石放在火中烧炼可以获得铜，而且还知道用铜和锡炼制质地更硬的青铜合金。青铜工具的出现宣告了石器时代的结束而进入到青铜时代。人类的早期文明的巅峰是炼铁技术的发现，据传最早的炼铁技术是居住在亚美尼亚山区的基兹温达部落在公元前 2000 年发明的，他们把铁矿石和碳混在一起，在猛火中燃烧，获得了金属铁。世界上最早锻造铁器的是位于小亚细亚的赫梯王国，时约公元前 1400 年左右。铁有丰富的矿物资源，尽管炼铁需要更高的温度，炼铁的技术也更复杂，但铁制工具的出现，有力地推动了生产力的发展，它使青铜时代的文明很快解体而进入铁器时代。公元前 770—720 年，春秋战国时期，我国冶炼铸铁的技术已经相当发展，比欧洲要早 1500 年。

人类早期文明就这样和化学的发展紧密地联系着,当时的化学主要是为了满足人们日常生活的需要,本质上是实用性的。这一时期制造陶器、烧制彩釉和玻璃、酿酒、提取颜料和染色、冶炼铜、锡和铁等金属的技术都有很大的发展,从事化学实践活动的大都是技艺精湛的工匠和手工业者。

早期化学的许多发现多多少少带有一些偶然性,大部分是纯经验的。在科学方法指导下的近代化学,以实验为基础,揭示物质的组成和结构,探索物质化学变化的规律,求得对物质的千变万化的性质以及它们如何互相转化的理性认识;但是化学还保留了它的实用性的传统。近代化学形成后的二百多年时间内,已经为人们提供了许多新的药物,为工农业和科学技术的发展提供了大量新的工艺、材料和产品。至今,和人们衣、食、住、行有关的方方面面,都有化学家的贡献。特别是20世纪以来,化学为人类创造的财富是不可估量的。不断发展着的社会需要,正是化学科学的强大生命力。

现代社会的发展,正在对科学技术提出愈来愈高的要求。为了保证人类的身体健康和提高人的生活质量,除迫切需要治疗癌症、艾滋病等致命疾病的特效药物外,许多非致命的疾病也希望能获得更为有效的治疗方法和药剂。建筑业、交通业的发展需要强度更高、抗振性更好的结构材料。现代电子工业和计算机的发展需要各种各样具有特殊的电学和磁学性能的固体材料。光通讯技术的发展又要求提供能用于传送光信息的透明度很高、光损失最小的光纤维材料以及可以开关、放大和储存光信号的光电转换材料。为了增产粮食,一方面要求提供促进作物生长的生长调节物质和营养物质(包括肥料),另一方面要求提供新型的无毒害、高效率的农药,以克服病虫害所导致的粮食损失。现代社会的巨大能量消耗,亟待寻求和开发除煤和石油外的新能源。人类在大规模向自然界索取的同时,把大量无用和有害的物质抛向了环境,使环境遭到严重的污染,环境问题愈来愈成为现代社会的突出问题,如何治理和控制已有的污染物质?如何采用无毒害、无污染的绿色化学工艺干净地生产各种产品?所有这样的问题都提出来了。再加上许多与人类生活密切有关的传统化学工业也需要改革陈旧的工艺、更新产品,以进一步提高经济效益。这些当代社会所面临的实际问题,都直接或间接与化学有关,需要化学去解决或参与解决。

化学是富有创造性的科学

如果自然科学的其他领域主要以自然界现存的物质为研究对象的话,化学不仅要研究自然界本来存在的物质,了解它们的组成、结构和性质,按原来的样子把它们复制出来;还要创制自然界本来没有的,组成、结构和性质完全独特的新物质。所以化学又是一门富有创造性的科学。

自从我们的祖先从矿石中奇迹般地提炼出金属铜和金属铁以后,人们就梦寐以求地想通过化学来实现物质的转变,创造新物质。我国古代的炼丹方士和国外古代的炼金术士就有着这种美好的愿望,他们试图用汞和砷的硫化物烧制出吃了会长生不老的“仙丹”,幻想用某种神秘的药剂,使废铁变成黄金,但是他们不知道物质互相转变的道理,也没有把握物质互相转变的条件,盲目地摸索了将近一千年,最后以失败告终。近代化学吸取了炼金术的深刻教训,采用了科学的研究方法,在不到二百年的时间内,把握了物质构造和化学反应的基本原理。现今,人们已经有可能根据化学基本原理,设计和创制各种具有特殊结构和性能的新药物和新材料。据统计,仅1995年一年,化学家创制的新化合物达100万种以上,其中不少可以用作药物或材料,还有不少正在探寻新的用途。随着计算机在化学中的广泛应用以及计算化学的发展,这个步伐将会进一


步加快。

化学发展了几千年,在最近一二百年内取得了飞跃的进步。但化学的天地是如此之大,1987年化学诺贝尔奖获得者莱恩(J. M. Lehn)说,我们今天对化学的了解仍像井中之蛙。此话有理!在化学的领域内还有大量事情要做,还有许多新的东西待人们去发现,去创造!

要在化学领域内从事创造性的活动,掌握化学的基本原理至关重要!那么化学究竟有哪些最基本的原理呢?这不是一二句话能说清楚的。如果你有兴趣,那就顺着后面各章读下去罢!

第一篇

物质和化学变化



本篇共有七章,主要讲述化学的物质对象和它们的化学变化。其内容涉及大量的化学基本概念,有些概念学生在中学已经学过,但还需完善和提高。本篇起到衔接中学化学和大学化学教学的作用。

第 1 章

化学元素和化合物

学习化学,首先必须搞清楚化学的物质对象是什么?

化学是一门研究物质的化学变化的科学,只要涉及化学变化,包括一切无生命物质和有生命物质在内的宇宙万物都是化学的研究对象。用化学家的话来说:化学的物质对象是化学元素和它们的化合物。这就是说,化学元素和化合物是全部化学的物质基础。

所以先得了解一下什么是化学元素?什么是化合物?

1-1 化学元素和原子

● 化学元素

化学元素是造就万物的原材料,或者说是万物的终极成分。

人们总可以用机械的、物理的或化学的方法,把任何一种纯物质或者混合物最终分解为化学元素;而要用这些常规方法把化学元素进一步分解为更简单的物质,就不可能了。

例如海水是一种混合物,主要成分是水 and 食盐。人们可以用加热蒸发的办法把水和食盐分开;再通过电解,把水分解为氢和氧,把食盐分解为氯和钠。然而,至今还不能用这类常规的办法把氢、氧、氯、钠等简单物质分解成更简单的物质。所以,氢、氧、氯、钠这类不能用化学方法进一步分解的简单物质就是化学元素。迄今已经发现的化学元素有 115 种,每种化学元素都有一个特定的符号,叫元素的化学符号。表 1-1 列出了已知化学元素的名称、符号和它们发现的年代。

自然科学中所谓“终极”的物质,都只有相对的意义。实际上,化学元素还有复杂的组成和结构。二百年前,近代化学的先驱拉瓦锡(A. L. Lavoisier)在提出元素概念时就相当谨慎地说:“我们不



A. L. Lavoisier

表 1-1 元素周期表

1 氢 H 1766																	2 氦 He 1895
3 锂 Li 1817	4 铍 Be 1798											5 硼 B 1808	6 碳 C 古代	7 氮 N 1772	8 氧 O 1774	9 氟 F 1887	10 氖 Ne 1898
11 钠 Na 1807	12 镁 Mg 1756											13 铝 Al 1827	14 硅 Si 1823	15 磷 P 1669	16 硫 S 古代	17 氯 Cl 1774	18 氩 Ar 1894
19 钾 K 1807	20 钙 Ca 1808	21 钪 Sc 1879	22 钛 Ti 1791	23 钒 V 1801	24 铬 Cr 1797	25 锰 Mn 1774	26 铁 Fe 古代	27 钴 Co 1735	28 镍 Ni 1751	29 铜 Cu 古代	30 锌 Zn 1637	31 镓 Ga 1875	32 锗 Ge 1886	33 砷 As 1250	34 硒 Se 1817	35 溴 Br 1826	36 氪 Kr 1898
37 铷 Rb 1861	38 锶 Sr 1808	39 钇 Y 1794	40 锆 Zr 1789	41 铌 Nb 1801	42 钼 Mo 1778	43 锝 Tc 1937	44 钌 Ru 1844	45 铑 Rh 1804	46 钯 Pd 1803	47 银 Ag 古代	48 镉 Cd 1817	49 铟 In 1863	50 锡 Sn 古代	51 锑 Sb 古代	52 碲 Te 1782	53 碘 I 1811	54 氙 Xe 1898
55 铯 Cs 1860	56 钡 Ba 1808	57 镧 La 1839	72 铪 Hf 1923	73 钽 Ta 1802	74 钨 W 1783	75 铼 Re 1925	76 锇 Os 1803	77 铱 Ir 1803	78 铂 Pt 1735	79 金 Au 古代	80 汞 Hg 古代	81 铊 Tl 1861	82 铅 Pb 古代	83 铋 Bi 1753	84 钋 Po 1898	85 砹 At 1940	86 氡 Rn 1900
87 钫 Fr 1939	88 镭 Ra 1898	89 锕 Ac 1899	104 Rf 1964	105 Db 1968	106 Sg 1974	107 Bh 1976	108 Hs 1984	109 Mt 1982	110 Uun 1994	111 Uuu 1995	112 Uub 1996		114 Uuq 1998				

镧系	58 铈 Ce 1803	59 镨 Pr 1885	60 钕 Nd 1843	61 钷 Pm 1947	62 钐 Sm 1879	63 铕 Eu 1896	64 钆 Gd 1880	65 铽 Tb 1843	66 镝 Dy 1886	67 钬 Ho 1879	68 铒 Er 1879	69 铥 Tm 1879	70 镱 Yb 1907	71 镱 Lu 1907
锕系	90 钍 Th 1828	91 镤 Pa 1917	92 铀 U 1789	93 镎 Np 1940	94 钚 Pu 1940	95 镅 Am 1945	96 锔 Cm 1944	97 锿 Bk 1950	98 镉 Cf 1950	99 镱 Es 1952	100 镆 Fm 1953	101 钷 Md 1955	102 锘 No 1958	103 铻 Lr 1961

能断言,今天被认为是简单的物质,就是真正简单的物质。我们只能说,某种物质是化学方法不能再分的极限,因为现有的化学知识已不能进一步把它分解了。”所以拉瓦锡认为:如果元素所代表的是构成物体的简单的或不可分的粒子,那么我们就不能知道什么是元素。如果我们把元素概念与化学分析的最终极限联系起来,那么现在用任何方法都不能加以分解的一切物质都是元素。

● 原子

18 世纪末至 19 世纪初,英国的道尔顿 (J. Dalton) 以他非凡的科学洞察力,根据当时已知的事实指出化学元素是由原子构成的,并在 1808 年提出科学的原子假说,认为:一切物质皆有极小的、不可再分的原子所构成。同一种元素的原子,质量和性质相同;不同元素的原子,具有不同的质量和性质。各种元素的原子以简单的整数比结合形成化合物。

这就是说,原子是化学元素的结构单元。道尔顿的原子假说能定量地说明许多化学现象。从此,在化学家的心目中,原子成了构建物质大厦的牢不可破的基石。世间千变万化的物质都是由少数化学元素的原子按不同比例结合起来所构成的。



J. Dalton



● 现代“化学元素”观

毫无疑问,道尔顿的原子概念有它的时代局限性。到 19 世纪末,电子和物质的放射性两大科学发现否定了原子不可再分的观点。20 世纪初人们发现:原子的中心有一个带正电的原子核,周围有一些带负电的电子(e)绕着它运行;原子核又由不带电的中子(n)和带正电的质子(p)两类核子构成。不同数量的质子和中子结合构成了各种各样的原子核;不同的原子核再和在数量上跟质子相等的电子相结合就构成了不同的原子。而一种化学元素实际上是由几种核内质子数相同但中子数不等的原子所构成的。这样就得按原子核的组成对元素重新分类。

按道尔顿的观点,一种原子构成一种元素。为了不和化学中已经形成的元素概念抵触,人们就把每种由一定数量质子和中子构成的原子核所形成的原子物种称为核素;而一种化学元素则可以包含质子数相等而中子数不等的几种核素。例如,元素氢包含了含一个质子的全部核素,元素氦包含了含 2 个质子的全部核素,元素锂包含了含 3 个质子的全部核素。这就是说,原来化学家心目中的化学元素可能是几种质子数相同的核素的混合物。

由于不同元素的原子所含的质子数不同,全部元素就可以按原子核内质子数递增的顺序来排队;人们也就把原子所含的质子数称为元素的原子序数。元素周期表(表 1-1)中,全部元素就是按质子数递增的顺序排列的。属于同一种元素的各种核素,化学性质相似,在元素周期表中占同一个位置,所以质子数相同的各种核素也称同位素。

中子、质子和电子的质量分别为:

表 1-2 第 1~10 号元素的稳定同位素

元 素	同 位 素				
	符 号	质子数	中子数	质量数	核外电子数
H	${}^1_1\text{H}$	1	0	1	1
	${}^2_1\text{H}$	1	1	2	1
	${}^3_1\text{H}$	1	2	3	1
He	${}^3_2\text{He}$	2	1	3	2
	${}^4_2\text{He}$	2	2	4	2
Li	${}^6_3\text{Li}$	3	3	6	3
	${}^7_3\text{Li}$	3	4	7	3
Be	${}^9_4\text{Be}$	4	5	9	4
B	${}^{10}_5\text{B}$	5	5	10	5
	${}^{11}_5\text{B}$	5	6	11	5
C	${}^{12}_6\text{C}$	6	6	12	6
	${}^{13}_6\text{C}$	6	7	13	6
N	${}^{14}_7\text{N}$	7	7	14	7
	${}^{15}_7\text{N}$	7	8	15	7
O	${}^{16}_8\text{O}$	8	8	16	8
	${}^{17}_8\text{O}$	8	9	17	8
	${}^{18}_8\text{O}$	8	10	18	8
F	${}^{19}_9\text{F}$	9	10	19	9
Ne	${}^{20}_{10}\text{Ne}$	10	10	20	10
	${}^{21}_{10}\text{Ne}$	10	11	21	10
	${}^{22}_{10}\text{Ne}$	10	12	22	10