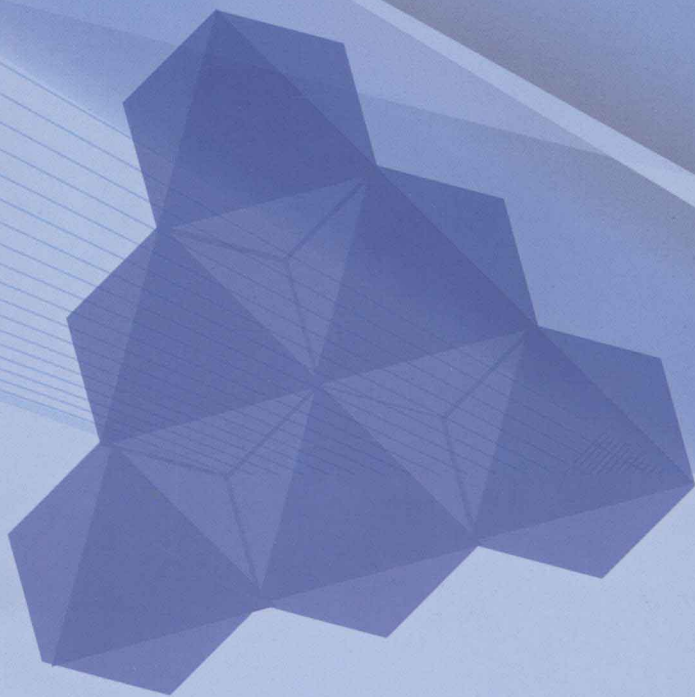




普通高等教育“十二五”规划教材

文科大学化学

王茹 廖立 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

文科大学化学

王 茹 廖 立 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是针对高等学校文科类专业学生普及化学知识,了解化学在社会生活中的应用,认识和学习化学学科的研究方法和思维方式的一本教材。内容涵盖化学与当今社会生活最为密切相关的领域,对一些化学基本理论进行了简单介绍,引出化学在当代社会生活和科学技术发展中的重要作用和地位。全书共7章,包括化学发展简史与物质结构基础、能源中的化学、环境中的化学、化学与人类健康、生命中的化学、材料中的化学和化学实验。各章节后附有适量习题。书后附有常用基本化学数据、历届诺贝尔化学奖获奖简况以及元素周期表。

本书可作为高等学校文科类专业大学化学的教材,也可供化学工作者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

文科大学化学/王茹,廖立主编. —北京:科学出版社,2011

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-031333-1

I. ①文… II. ①王… ②廖… III. ①化学-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103700号

责任编辑:陈雅娴 赵晓霞 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠 / 封面设计:健底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

蓝立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第一次印刷 印张:21 插页:1

印数:1—4 000 字数:490 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

21 世纪高等教育改革的方向是“以人为本、知识传授、能力培养、素质提高、全面协调发展”。基于这一点，在高等院校文科类专业进行自然科学知识教育就成为素质教育的重要内容，而化学学科就其本身的趣味性以及与社会生活密切相关的程度而言，无疑是文理结合、素质教育的最佳切入点。目前很多国内外高等学校已在文科学生中开设大学化学的选修课程。

目前，我国文科类专业的本科生在中学阶段只学习一些基本的化学知识，因此这些专业本科生的化学知识基础和科学素质方面相对较弱。为了适应这些学生的知识背景，达到文理渗透、提高学生科学素质的培养目标，本书的编写力求把复杂的化学知识与生产和生活紧密结合，并将其组织为生动形象的教学内容，帮助学生了解化学科学的基本原理，理解化学家研究问题的思路 and 想法，了解化学从过去到未来在解决人类社会面临的种种难题时所发挥的独特作用，建立科学的世界观和方法论。

本书注重突出以下特点：①尽量降低化学理论的深度和难度；②从人们认识微观世界的角度出发，用认识论和方法论介绍化学发展历史，从而引入物质结构基本理论；③将化学热力学、化学平衡等基本理论以及无机和有机化合物的基本性质分别渗透到能源、环境、材料、生命和人类健康等方面，弱化化学基本理论的同时，力求突出化学对社会发展的影响；④引入新能源、新材料、新的环境治理方法、基因工程等知识，尽可能地反映当前化学的发展趋势和最新成果；⑤增加化学实验内容，本书将化学实验的基本知识和精选的 6 个实验独立列为一章。实验的选择力求体现与社会生活密切相关，既有趣味性，又有可操作性，通过学习可培养学生的科学思维和严谨的科学作风。

全书内容不仅涉及化学，还包括环境、生物、材料的知识点，但又是以化学为基础，互相渗透和交叉，其目的是使学生对化学这门学科的内涵和外延有全面的了解。对不同专业的学生可根据其化学知识背景，教师可选择性地教学。

本书由王茹、廖立任主编。第 1、4 章由廖立和赖雪飞编写，第 2、3、5、7 章由王茹和何泽超编写，第 6 章由谢克难和廖立编写。全书由王茹负责统稿。

四川大学化学学院陈天朗教授为本书提出了宝贵的意见和建议，硕士生高文远为书稿的制图及文字输入付出了辛勤的劳动，在此编者谨向他们表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，书中可能存在许多缺陷甚至错误，请读者多多指正。

编 者

2011 年 6 月于成都

目 录

前言

第 1 章 化学发展简史与物质结构基础	1
1.1 化学发展简史	1
1.1.1 “化学”一词的由来	1
1.1.2 化学的萌芽	1
1.1.3 近代化学理论的创立	5
1.1.4 现代化学的兴起	9
1.1.5 化学的继往开来	21
1.2 物质结构基础.....	23
1.2.1 原子核外电子的运动特性.....	23
1.2.2 元素周期表	25
1.2.3 化学键简介	30
1.2.4 晶体结构	36
1.2.5 化学反应与质量守恒定律.....	40
习题	42
第 2 章 能源中的化学	43
2.1 能源概述.....	43
2.1.1 能源的分类	43
2.1.2 能量的转化	44
2.2 化学热力学基础.....	45
2.2.1 化学热力学的基本概念	45
2.2.2 热力学第一定律	46
2.2.3 化学反应的热效应	47
2.2.4 化学反应的方向与热力学第二定律	49
2.2.5 熵与热力学第三定律	50
2.2.6 吉布斯-亥姆霍兹公式	51
2.2.7 永动机与热力学定律	51
2.3 化石能源.....	53
2.3.1 煤	54
2.3.2 石油	57
2.3.3 天然气	59
2.3.4 可燃冰	59
2.4 化学电源.....	61
2.4.1 干电池	62

2.4.2	蓄电池	62
2.4.3	燃料电池	65
2.5	核能	66
2.5.1	核裂变、核电站	66
2.5.2	核聚变	69
2.6	太阳能	69
2.7	氢能	71
2.7.1	氢的制备	71
2.7.2	氢的储存	72
2.8	其他能源	73
2.8.1	生物质能	73
2.8.2	地热能	73
2.8.3	海洋能	74
2.8.4	风能	75
	习题	75
第3章	环境中的化学	77
3.1	大气环境中的化学	77
3.1.1	大气的组成和层次	77
3.1.2	气体定律	79
3.1.3	大气污染	81
3.1.4	大气污染的防治	93
3.2	水环境中的化学	96
3.2.1	水的基础知识	97
3.2.2	水溶液中的化学平衡	102
3.2.3	水体污染	111
3.2.4	水质指标与水处理	115
	习题	123
第4章	化学与人类健康	126
4.1	化学与健康的关系	126
4.1.1	概述	126
4.1.2	人体中的化学	127
4.1.3	化学元素与人体健康	127
4.2	影响健康的因素	133
4.2.1	吸烟与健康	133
4.2.2	饮酒和健康	134
4.2.3	饮食与健康	134
4.2.4	运动与健康	135
4.3	食品与健康	136
4.3.1	营养与健康	136

4.3.2 食物的污染与毒性	161
4.4 药物与健康	164
4.4.1 杀菌剂	165
4.4.2 助消化药	165
4.4.3 抗生素	165
4.4.4 止痛药与毒品	166
4.4.5 兴奋剂	168
4.5 日用化学品与健康	168
4.5.1 化妆品	168
4.5.2 洗涤用品	171
4.5.3 口腔日用品	173
4.5.4 日用化学品中的不安全因素	174
习题	175
第5章 生命中的化学	177
5.1 生命的物质基础	177
5.1.1 生物的物质组成	177
5.1.2 有机化合物的分类	178
5.1.3 糖类	180
5.1.4 脂类	186
5.1.5 蛋白质	191
5.1.6 核酸	194
5.2 生物体内的化学反应	201
5.2.1 酶	202
5.2.2 生物合成反应	203
5.2.3 人体能源物质的代谢	204
5.2.4 食物的消化	205
5.2.5 糖分解反应	208
5.2.6 自由基	210
5.3 生命过程	211
5.3.1 DNA的复制	213
5.3.2 RNA的生物合成	214
5.3.3 DNA控制下的蛋白质的合成	215
5.3.4 基因	217
5.4 化学仿生学	220
5.4.1 化学仿生学的基本概念	220
5.4.2 酶的人工合成与仿生	221
5.4.3 生物仿生膜的合成	223
5.4.4 昆虫信息素及其人工合成	224
习题	226

第 6 章 材料中的化学	227
6.1 概述	227
6.2 金属材料	227
6.2.1 金属材料概述	227
6.2.2 金属元素通论	228
6.2.3 金属腐蚀与防腐	234
6.2.4 重要金属结构材料.....	238
6.3 无机非金属材料	243
6.3.1 概述	243
6.3.2 新型陶瓷材料	244
6.3.3 耐磨耐高温材料	245
6.3.4 纳米材料	246
6.4 有机高分子材料	249
6.4.1 高分子概述	249
6.4.2 聚合物的结构与性质	256
6.4.3 传统高分子材料	260
6.4.4 新型功能高分子材料	263
6.5 新型复合材料	265
6.5.1 复合材料的发展历史	265
6.5.2 新型复合材料的分类	266
6.5.3 新型复合材料在高技术中的作用	266
6.6 信息材料	267
6.6.1 半导体材料	268
6.6.2 光导纤维	269
6.6.3 化学传感器	270
习题.....	272
第 7 章 化学实验	275
7.1 化学实验室的安全	275
7.1.1 化学实验室的安全规则	275
7.1.2 事故的处理和急救	276
7.2 化学实验基本操作	278
7.2.1 常用仪器的洗涤及干燥	278
7.2.2 实验室用水标准	279
7.2.3 化学试剂的分级及使用	280
7.2.4 试纸的分类及使用	282
7.2.5 加热与冷却	283
7.2.6 液-固分离	285
7.2.7 天平的使用及称量	289
7.2.8 溶液的配制和标定	291

7.3 常用仪器的使用方法	298
7.3.1 pH计的使用	298
7.3.2 分光光度计的使用	299
7.4 水的净化及物质的检测	302
7.4.1 水的净化	302
7.4.2 人体必需微量元素的定性鉴定	303
7.4.3 食品中有害金属离子的鉴定	306
7.4.4 化肥中氮的检测	307
7.5 物质的制备	309
7.5.1 五水硫酸铜的制备	309
7.5.2 人造纤维的制备	311
参考文献	313
附录	315

第 1 章 化学发展简史与物质结构基础

1.1 化学发展简史

自从有人类开始，人类便与化学结下了不解之缘，钻木取火、用火烧煮食物、冶炼青铜器和铁器都是化学技术的应用。正是这些应用，极大地促进了当时社会生产力的发展，成为人类进步的标志。今天，化学作为一门基础学科，在科学技术和社会生活的方方面面正发挥越来越大的作用。从古至今，伴随着人类社会的进步，化学的发展又经历了怎样的历史过程呢？

1.1.1 “化学”一词的由来

化学的英文词 chemistry，法文词 chimie，德文词 chemie，它们都是从拉丁词 chemia 演化而来。它的最早来源已难以查考。从现存资料看，chemia 一词最早在古埃及第四王朝的记载里出现，说明古埃及在西方是化学诞生的地方，也是古代化学极为发达的地方，尤其是在实用化学方面。例如，已有一种古埃及第十一王朝的雕刻表明工人在制造玻璃，可见至少在公元前 2500 年以前，古埃及人就已掌握了玻璃的制造方法；从出土的木乃伊来看，在公元前一二千年时古埃及人已精于使用防腐剂和布帛染色等技术。

汉译名“化学”一词最早见于 19 世纪中叶亚历山大·伟烈亚力主编的《六合丛谈》，并将其定义为研究物质本质变化的学问。“化学”一词容易使人联想到“变化之学”，贴合了化学的定义：化学是一门在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学，是以研究物质的化学变化为主的科学。

1.1.2 化学的萌芽

火—燃烧—是一种化学现象。原始人类从用火之时开始，便由野蛮进入文明，同时也就开始用化学方法认识和改造自然。掌握了火以后，人类开始食熟食；逐步学会制陶、冶铜、炼铁；以后，又懂得了酿造、染色等。这些由天然物质加工改造而成的制品成为古代文明的标志。在这些生产实践的基础上，萌发了古代化学知识。

1. 人类文明的起点——火的利用

火的利用是人类最早有意识地控制和利用化学变化，也是人类支配自然的伟大开端。人类对火的利用分两大阶段：第一阶段是利用天然火；第二阶段是掌握人工取火的技术。

自然界的火屡见不鲜，陨石落地、雷电轰击都能产生熊熊大火。一开始，人类也跟野兽一样对火望而生畏，不敢靠近。然而人类通过长期实践，逐步获得经验：在茫茫黑

夜里，火可以给人光明；在天寒地冻的日子里，火可以给人温暖；在猛兽袭击时，火可以帮助人驱赶它们；那些偶然被火烤焦的动物，味道更加鲜美。于是，原始人逐渐了解火的用途，开始人为地控制它、利用它。有了火，原始人告别了茹毛饮血的生活。从此，人类增进了健康，智力也有所发展，提高了生存能力。



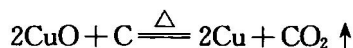
图 1-1 古人类在钻木取火

但是，利用天然火种必须不断添薪加料，还要派专人看护。一旦看护不当或风吹雨淋，火就会熄灭，甚至发生危险而给部落带来重大灾难。因此，人类为了生存，不得不发明人工取火的方法。后来，人类学会了摩擦生火和钻木取火(图 1-1)，从而使火种可以随身携带。于是，人类不再是火种的看管者，而成为能够驾驭火的造火者。

从天然火的利用到人类自己能够控制和产生火是一个飞跃。火是人类用来发明工具和创造财富的武器，人类利用火使猎物变成美味，使黏土变成陶器，使矿石变成金属。正如恩格斯所说：“就世界性的解放作用而言，摩擦生火还是超过了蒸汽机，因为摩擦生火第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物分开。”因此，利用火是人类走向文明的起点。

2. 古代冶金化学——炼铜与炼铁

在所有金属元素中，铜最早被人类广泛利用，无论东方还是西方都如此。在新石器时代后期，人类开始使用金属代替石器制造工具。使用最多的是红铜，但这种天然资源毕竟有限，于是，产生了从矿石冶炼金属的冶金术。人类最先冶炼的是铜矿，约公元前 3800 年，在伊朗地区有人就将铜矿石(孔雀石)和木炭混合在一起加热，得到了金属铜：



自然界铜矿中常含有锡、铅等多种金属氧化物。在用炭还原铜时，它们一起被还原出来：



混入锡的铜称为青铜，其熔点从 1083℃ 降到 800℃，硬度增加一倍，可铸性也大大增强。用青铜制成的兵器硬而锋利，用青铜制成的生产工具也远比红铜好，还出现了青铜铸造的铜币。我国在铸造青铜器上有过很大的成就。例如，商朝后期的“司母戊”鼎(图 1-2)，它是一种礼器，是世界上最大的已出土青铜器。又如，战国时的编钟称得上古代在音乐上的伟大创造。因此，青铜器的出现推动了当时农业、兵器、金融、艺术等方面的发展，把社会文明向前推进了一步，人类文明也从石器时代进入青铜器时代。

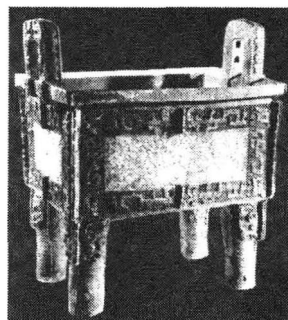
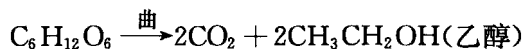
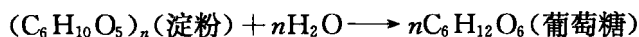


图 1-2 “司母戊”鼎

人类炼铁比炼铜要晚得多，主要因为炼铁的温度比炼铜高得多（铁的熔点为1535℃）。最早被人们利用的是陨铁，被简单加工成器皿，这当然满足不了人们的需要。直到距今2000多年前，东西方的文明古国，如古埃及、古巴比伦、古印度、中国等，才先后掌握炼铁的技术。铁硬且有延展性，被广泛用于制造犁铧、铁锄（一种锄草工具）、铁铤等农具以及铁鼎等器物，当然也用于制造兵器。由于铁比青铜更坚硬，炼铁的原料也远比铜矿丰富，因此，在绝大部分地方，铁器代替了青铜器。人类文明从此进入铁器时代。

3. 古代有机化学工艺——酿酒与制漆

人类最早发明利用的有机化学工艺是酿酒。有趣的是，四大文明古国古埃及、古巴比伦、中国和古印度都在差不多的时间，不约而同地发明了酿酒工艺，这大概与这些国家的农业生产水平接近有关。酒的原料是谷物，用作发酵的催化剂是曲（含酶的酵母）。这是人类最早利用酶催化谷物水解、制作酒精的方法。



我国人民在酿酒工艺上有独特贡献，很早就总结出一整套酿酒经验，包括原料选择、制曲、渣料处理、蒸煮条件、用水标准、设备以及蒸馏技术等。这跟古埃及人用麦制啤酒的经验可算得上是并驾齐驱。

油漆是我国古代的一大发明。在距今4000年前，我国劳动人民就把漆树的汁经简单处理后涂在物体表面，形成一层高聚物的膜，以保护器具不受空气中氧气、水的腐蚀。春秋时期，人们已经把桐油和漆合用，成为油和漆共用的创举。随后又发明在油漆中掺入催干剂和颜料，如加入密陀僧（氧化铅）、土子（二氧化锰）等。这不仅提高了漆器的生产效率，还能制出五颜六色的漆器。1972年，长沙马王堆一号汉墓驮侯夫人墓中出土的漆器，不仅外形图案栩栩如生，而且完好如新，堪称世界奇迹。亚洲其他国家使用的油漆技术均来自我国。欧洲直到17世纪才有漆器，制漆技术也是从我国传去的。

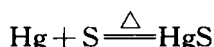
4. 化学的起源——炼丹术与炼金术

当社会发展到一定的阶段，生产力有较大提高后，统治阶级对物质享受的要求也越来越高，皇帝和王公贵族自然而然地产生了两种奢望：第一，希望掌握更多的财富，供他们享乐；第二，当他们拥有巨大的财富以后，总希望能永远享用。于是，便有了长生不老的愿望。例如，秦始皇统一中国以后，便迫不及待地寻求长生不老药，还召集大批方士（炼丹家）日夜为他炼制仙丹——长生不老药。

炼金家的愿望是“点石成金”（用人工方法制造金银）。他们认为，可以通过某种手段把铜、铅、锡、铁等廉价金属转变为金、银等贵金属。像希腊的炼金家就把铜、铅、锡、铁熔化成一种合金，然后把它放入多硫化钙溶液中浸泡。于是，在合金表面便形成了一层硫化锡，它的颜色酷似黄金（现在，金黄色的硫化锡被称为金粉，可用作古

建筑的金色涂料)。这样,炼金家主观地认为已经炼成“黄金”。实际上,这种仅从表面颜色而不从本质来判断物质变化的方法是自欺欺人的,他们从未达到过“点石成金”的目的。

虔诚的炼丹家和炼金家的目的虽然没有达到,但是他们辛勤的劳动并没有完全白费。他们长年累月置身在被毒气、烟尘笼罩的简陋的“化学实验室”中,应该说是第一批专心致志地探索化学科学奥秘的“化学家”。他们为化学学科的建立积累了相当丰富的经验,甚至总结出一些化学反应的规律。例如,我国炼丹家葛洪从炼丹实践中提出:丹砂(硫化汞)烧之成水银,积变(把硫和水银二者放在一起)又还成(变成)丹砂,这是一种化学变化规律的总结,即物质之间可以用人工的方法控制其转变:



炼丹家和炼金家夜以继日地做这些最原始的化学实验,发明了蒸馏器、熔化炉、加热锅、烧杯及过滤装置等。他们还根据当时的需要,制造出很多化学药剂、有用的合金或治病的药,其中很多都是现在常用的酸、碱和盐。为了把实验的方法和经过记录下来,他们还创造了许多技术名词,写下了许多著作。正是这些理论、化学实验方法、化学仪器以及炼丹、炼金著作,开创了化学这门科学的先河。

从这些史实可见,炼丹家和炼金家对化学的兴起和发展是有功绩的,后世之人决不能因为他们“追求长生不老和点石成金”而嘲弄他们,而应该把他们敬为开拓化学科学的先驱。因此,英语中化学家(chemist)与炼金家(alchemist)两个名词极为相近,其真正的含义是“化学源于炼金术”。

5. 古代中国的化学

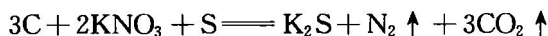
我国是四大文明古国之一,有着灿烂的古代科学文化。而化学这门学科的产生与发展跟人类最基本的生产实践活动是联系在一起的,我国古代劳动人民在历史的长河中积累了许多宝贵的化学知识。

夏末商初,我国进入青铜器时代,青铜的采矿、冶炼、制模、熔铸四个主要工序都有文字记载。春秋战国时期,冶铁业的兴起极大地推动了农业生产的进步,而西欧一些国家直到13世纪末才出现生铁的冶炼。明代宋应星所著《天工开物》中,记载了我国钢铁冶炼的许多工艺技术。除此之外,冶炼黄铜、白铜、锌及“水法炼铜”等都早于世界其他国家。这些都是对化学冶金技术发展的重要贡献。

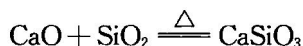
造纸术是世界公认的我国古代科学技术四大发明之一。从化学角度看,造纸术主要是从麻、树皮、竹子等天然植物纤维中,用化学的方法除去杂质,得到较纯的纤维素,再制成纸浆,最后制成纸。我国劳动人民经过长期实践,于公元2世纪初发明了造纸术,并投入生产。后来造纸术向东传至朝鲜、日本,向西传至中亚、阿拉伯、法国、西班牙等国家。纸的发明和传播大大改善了文字记载、保存、传播的条件,对人类文明的发展起了重大的推动作用。

火药是我国古代人民在对炭、硫磺、硝石这三种物质逐步认识的基础上,经过实践

(特别是在炼丹的实践中)发明的。到公元10世纪,我国已将火药用于军事,推动了火药武器的发展。直到1225~1248年,火药经印度传入阿拉伯,14世纪中叶火药才传入欧洲。火药爆炸的化学反应如下:



“China”一词指中国,也指瓷器。早在公元前5世纪,我国就有原始瓷器的制造。劳动人民在长期的实践中,掌握了温度高达1000℃以上的高温烧结技术,这是制瓷的关键。陶瓷烧结过程中发生的主要化学反应是在高温下合成硅酸钙:



此外,我国古代的酿造、染色、油漆、制革等工艺都与化学有着十分密切的关系。英国学者所著《中国的一百个世界第一》一书中,就有14项第一是与化学相关的。我国古代化学方面的辉煌成就,从一个侧面充分证明了中华民族是一个富有聪明才智和创造精神的伟大民族。

1.1.3 近代化学理论的创立

16世纪初,欧洲工业化进程开始萌芽,人们逐渐认识到炼丹术的谬误和虚无,进而转向对物质化学变化本身的研究,以服务于实际生活和工业生产,这为化学成为一门真正的科学奠定了重要的基础。

1. 燃烧的秘密

17世纪以来,欧洲的资本主义生产关系逐渐确定,工业蓬勃发展,冶金、陶瓷、肥皂、玻璃等工业发展很快,人们急需了解燃烧的本质。于是科学家们把注意力集中在探究燃烧的秘密上。

1) 施塔尔与燃素说

1703年,德国医生兼化学家贝歇尔(Becher, 1635—1682)和他的学生施塔尔(Stahl, 1660—1734)(图1-3)共同提出著名的燃素说来解释燃烧现象。他们认为,“燃素是一种很微小的物质,它能穿过稠密的物质。燃素本身既不燃烧又不发光,也不可见。但是,一旦它迅速运动,就能将它的运动传递给接受它的物质粒子,产生火光。火就是一堆燃素的聚集体。”世界一切可燃物或多或少都含有燃素,含燃素多的物质,如油、木炭,燃烧就剧烈,而黄金、石头不含燃素,因此不能燃烧。

1723年,施塔尔在《化学基础》一书中系统地提出燃素是构成物质的一种元素,一切跟燃烧有关的化学变化都可以用燃素说来解释。《化学基础》是燃素说的代表作。

施塔尔认为燃素存在于一切可燃物中,在燃烧过程中释放出来,同时发光发热。燃烧是分解过程:



图1-3 施塔尔
(Stahl, 1660—1734)

可燃物—— 灰烬 + 燃素

金属—— 锻灰 + 燃素

如果将金属锻灰和木炭混合加热，锻灰就吸收木炭中的燃素，重新变为金属，同时木炭失去燃素变为灰烬。木炭、油脂、蜡都是富含燃素的物质，燃烧起来非常猛烈，而且燃烧后只剩下很少的灰烬；石头、草木灰、黄金不能燃烧，是因为它们不含燃素。酒精是燃素与水的结合物，酒精燃烧时失去燃素，便只剩下了水。

空气是带走燃素的必需媒介物。燃素和空气结合，充塞于天地之间。植物从空气中吸收燃素，动物又从植物中获得燃素，所以动植物易燃。

燃素说在初期还是有它的功绩的，那就是化学家有了自己的学说，从而摆脱炼金术玄妙理论对化学界的束缚，所以恩格斯还称赞化学“借燃素说从炼金术解放出来”。

然而，一种学说是否正确必须经得起实践的检验。燃素说在事实面前却吃了败仗。首先，谁也没有看见过燃素，又不能用实验事实证明它的存在。其次，燃素说在许多实验事实面前显得束手无策。例如，燃素说认为燃烧就是燃烧物失去燃素，然而金属燃烧时质量反而增加。又如，石灰石受热失重，只跟放出气体有关而跟燃素存在与否毫无关系。

燃素说尽管是错误的，但它把大量的化学事实统一为一个概念，解释了冶金过程中的化学反应。燃素说流行的 100 多年间，化学家为了解释各种现象，做了大量的实验，积累了丰富的感性材料。特别是燃素说认为化学反应是一种物质转移到另一种物质的过程，化学反应中物质守恒，这些观点奠定了近现代化学思维的基础。

2) 拉瓦锡与氧化说

燃素说这样一种矛盾百出、是非难分的理论，统治化学界达百年之久，使许多明智的学者感到观念非变更不可。

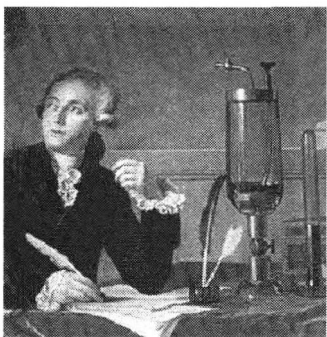
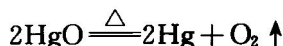
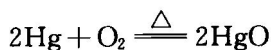


图 1-4 “化学之父”拉瓦锡
(Lavoisier, 1743—1794)

1774 年，英国化学家普利斯特里 (Priestley, 1733—1804) 用聚光镜加热氧化汞得到氧气。当时，他不知道这是氧气。次年 11 月，当他到巴黎讲学时，把这个制氧的实验在法国科学院当众表演，被在场的法国化学家拉瓦锡 (Lavoisier, 1743—1794) (图 1-4) 看到。拉瓦锡由此得到启示，设计出一个具有划时代意义的实验 (图 1-5)。拉瓦锡将少量的汞 (水银) 放入曲颈瓶，连续加热 12 天，结果发现有一部分银白色的液态汞变成红色的粉末，同时容器里空气的体积差不多减少了 $1/5$ 。再把汞表面上所生成的红色粉末 (氧化汞) 收集起来，放在另一个较小的容器里，经过强热后得到汞和氧气，而且氧气的体积恰好等于原来密闭容器里所减少的空气的那部分体积。他把得到的氧气加到前一个容器里剩下的约 $4/5$ 体积的气体里，结果得到的气体同空气的物理性质、化学性质都完全一样。化学反应如下：



至此，拉瓦锡已有足够论据推翻燃素说，同时建立崭新的氧化说。他在论文中指出，燃烧绝不是可燃物放出燃素，而是它跟空气中的氧气发生猛烈的作用，从而放出光和热。空气是混合物，由能维持燃烧的氧气(约占 1/5)和不能维持燃烧的氮气(约占 4/5)混合组成。物质在空气中燃烧必须消耗氧气。金属在空气中加热时，金属跟氧气化合而生成氧化物，因此质量增加。非金属和有机物在空气中燃烧，生成的气态非金属氧化物或水等散逸到空气中，剩下灰烬，因此质量比先前减轻。

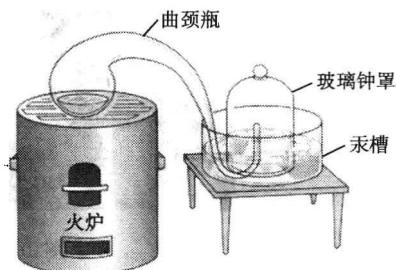


图 1-5 拉瓦锡的氧气证明实验示意图

拉瓦锡氧化说的建立是化学史上的一次伟大革命，也是一个伟大的里程碑。它推翻了统治化学界 100 多年的燃素说，代之以科学的氧化说，从而使化学在科学的道路上迅猛前进。

2. 对物质结构的探索

世界是由物质构成的。但是，物质又是由什么组成的呢？

物质的化学组成是反映物质内化学元素的质与量的范畴，是人们认识化学结构和化学反应的出发点，其基本理论主要是元素学说和原子分子论。

1) 元素学说

元素学说是人类在认识物质组成过程中最早提出的学说，是化学组成理论的基础，也是哲学探讨的重要课题。

自然界复杂繁多的万物是否由少数基本物质即元素构成？万物是否统一于少数几种元素？古代哲学家最早提出了这一问题。公元前 7 世纪左右，西方的自然哲学提出物质结构的思想。希腊的泰利斯认为水是万物之母，万物统一于水；黑拉克里特斯认为，万物是由火生成的；古希腊哲学家亚里士多德在《发生和消灭》一书中，论证物质构造时以四种“原性”作为自然界最原始的性质，它们是热、冷、干、湿，把它们成对地组合起来便形成四种“元素”，即火、气、水、土，然后构成各种物质(图 1-6)。公元前 4 世纪或更早，古代中国人提出了阴阳五行学说，认为万物是由金、木、水、火、土五种基本物质组合而成，而五行则是由阴阳二气相互作用而成的；用“阴阳”这个概念解释自然界两种对立和互相消长的物质势力，认为二者的相互作用是一切自然现象变化的根源。

上面这些元素思想虽然缺乏科学依据，只是主观臆测，而且也还远远不是科学的元素概念，都未能触及物质结构的本质，然而毕竟是从物质世界本身来说明物质世界和寻找统一物，从而体现了一种朴素的唯物主义思想，是物质结构及变化理论的萌芽。

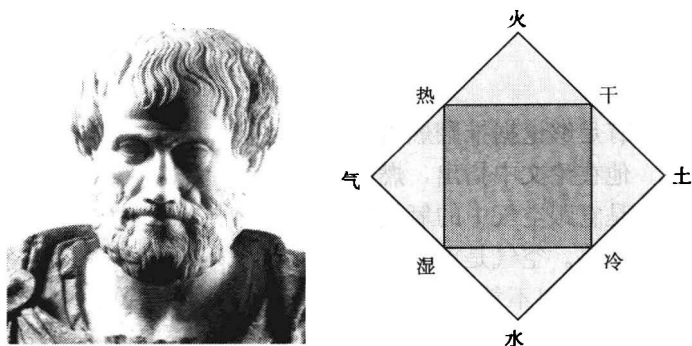


图 1-6 亚里士多德及其四元素论

图 1-7 波义耳
(Boyle, 1627—1691)

化学发展的历史上,英国化学家波义耳(Boyle, 1627—1691)(图 1-7)第一次给元素下了一个明确的定义。17 世纪 50 年代,波义耳继承了古代朴素元素思想,并依靠化学实验研究了组成物质的元素。他指出:“元素是构成物质的基本,它可以与其他元素相结合,形成化合物。但是,如果把元素从化合物中分离出来,它便不能再被分解为任何比它更简单的东西。”

波义耳之所以能够提出科学的元素概念,从根本上来看是他接受了当时刚刚兴起的微粒哲学,这使他能够用物质微粒及其运动的观点对化学现象做出机械论的解释,而无需诉诸于超自然的、人格化的因素,冲破了长期居于统治地位的神秘主义哲学的束缚。此外,还在于他超出了古代哲学家的思维方式,不是依靠主观臆断,而是依靠科学实验来剖析物质,寻找和确定元素,进而建立科学的元素观。波义耳还主张,不应该单纯把化学看作一种制造金属、药物等从事工艺的经验性技艺,而应把它看成一门科学。因此,波义耳被认为是“将化学确立为科学的人”(恩格斯)。

2) 原子分子论

人类对物质结构的认识是永无止境的,物质是由元素构成的,那么,元素又是由什么构成的呢?1803 年,英国化学家道尔顿(Dalton, 1766—1844)(图 1-8)创立的原子学说进一步解答了这个问题。

原子学说的主要内容有三点:①一切元素都是由不能再分割和不能毁灭的微粒组成,这种微粒称为原子;②同一种元素原子的性质和质量都相同,不同元素原子的性质和质量不同;③一定数目的两种不同元素化合以后,便形成化合物。

原子学说成功地解释了不少化学现象和当时已知的一些

图 1-8 道尔顿
(Dalton, 1766—1844)