

世界科普经典读库

化学的魔力

[俄] 尼查耶夫 著
左鹏 编译

В
ОЛШЕБСТВО
ХИМИИ

全国百佳图书出版单位
时代出版传媒股份有限公司
安徽人民出版社

世界科
普经典
阅读库

化学的魔力

〔俄〕尼查耶夫 著
左鹏 编译

В
ОЛШЕБСТВО
ХИМИИ

全国百佳图书出版单位
 时代出版传媒股份有限公司
安徽人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学的魔力/(俄罗斯)尼查耶夫著;左鹏编译. —合肥:安徽人民出版社, 2016.12

(世界科普经典读库)

ISBN 978-7-212-09458-4

I.①化… II.①尼… ②左… III.①化学—青少年读物 IV.①O6-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第302637号

化学的魔力

HUAXUE DE MOLI

[俄]尼查耶夫 著 左 鹏 编译

出 版 人:朱寒冬

出版策划:朱寒冬

责任编辑:李 莉 项 清

出版统筹:徐佩和 黄 刚

责任印制:董 亮

装帧设计:程 慧

李 莉 张 旻

出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>

安徽人民出版社 <http://www.ahpeople.com>

地 址:合肥市政务文化新区翡翠路1118号出版传媒广场八楼 邮编:230071

电 话:0551-63533258 0551-63533292(传真)

制 版:合肥市中旭制版有限责任公司

印 刷:合肥创新印务有限公司

开本:710mm×1010mm

1/16

印张:15

字数:280千

版次:2016年12月第1版

2017年1月第2次印刷

ISBN 978-7-212-09458-4

定价:28.00元

版权所有,侵权必究

目录

一、化学的圣经	1
1. 周期表是梦里想出的 / 2. 周期表简介 / 3. 金属元素各具特色 / 4. 盐与惰性气体 / 5. 从元素看宇宙地球 / 6.  是化学的代名词 / 7. 有机化学与无机化学的差异 / 8. 炼金术使化学变成“科学” / 9. 钻石的价值永不改变	
二、原子	15
1. 元素是什么 / 2. 从原子到分子 / 3. 最初的元素 / 4. 从炼金术到化学 / 5. 元素周期表 / 6. 分光器的应用 / 7. 利用元素 / 8. 有机化合物	
三、原子核	60
1. 如何制造回旋加速器 / 2. 铊的意思是“人造” / 3. 超越铀的元素 / 4. 镭 / 5. 突破难关 / 6. 蘑菇云中的新发现	
四、我们的行星——地球	93
1. 空气 / 2. 海 / 3. 地壳	

五、宇宙 103

1.宇宙中的物质交换 / 2.宇宙的诞生

六、电子时代的元素 122

1.原子内部的奥秘 / 2.电子的排布 / 3.核时代的燃料 / 4.第一个人造元素 / 5.地球上最少的元素 /

6.“海王星”和“冥王星” / 7.95 号到 100 号元素 /

8.“添丁”的麻烦 / 9.永远止镜

附一 门捷列夫小传 140

附二 居里夫人与镭 148

附三 诺贝尔与炸药 184

一、化学的圣经

1. 周期表是梦里想出来的

“H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne……”这是一般人背周期表的方法。无论是喜欢还是讨厌化学的人,一听到化学,便联想到周期表,一听到周期表,就联想到化学,可见这两者之间的关系密不可分。

然而,大多数人并不知道,为完成元素周期表的研究工作,化学家们付出了多少心血。

提出化学元素想法的人,是被称为“近代化学之父”的法国化学家拉瓦锡。他设想:一切物质是否都由元素组成?为此他发表了“化学元素说”。令人遗憾的是,在元素尚未发现之前,他就在法国大革命中被送上了断头台。

此后,化学元素的研究工作就正式开始了。19世纪,在英国化学家道尔顿的“近代原子说”揭开序幕之后,在原子量的精密测定下,钾、钠等各种元素便陆续被发现了。

到1830年,被发现的元素已达55种之多。现在,包括人造元素在内,已知的元素有103种,其中大约有一半是在150年前发现的。

新元素的陆续发现,反而使化学家们深感不安。因为新元素的性质看来都很纷杂,化学家们无法充分了解它们和其他元素之间的关联性,



拉瓦锡
(1743—1794)



门捷列夫
(1834—1907)

而且,对元素种类的增加也无法预知。

因此,化学家们将这些元素系统地加以分类,并依序作了各种尝试。俄国化学家门捷列夫就是其中之一。

他在学生时代就认为“在元素与元素之间,可能有某种相关的联系”,进入社会以后,仍然继续进行各种化学研究。他任职于彼得斯堡大学时,每天上午授课,下午则专心进行研究。

由于夜以继日地工作,每天睡眠都不足的门捷列夫在书房的沙发上打盹时做了一个不寻常的梦。他梦见表示元素规律性的表清晰地呈现在他的眼前。于是,从梦中醒来的门捷列夫不知不觉地大叫:

“对!由原子量小的元素开始排起,整理出周期性看看!”

门捷列夫由沙发上跳起来,迷迷糊糊地在友人信件的空白处将过去已发现的 62 种元素由原子量小的开始,依序排列。

结果,他发现每隔七个就会出现性质相似的元素。这就是周期表的最初形态。利用这种周期表,可以修正以往不正确的原子量或原子价。此外,它也是暗示元素间相关关系的“世纪大发现”。这是 1869 年 3 月 1 日的事。

后来,门捷列夫发现此周期表有若干空位。他认为这些空位就是尚未发现的元素所要占的位置。1871 年,他大胆地预言了有哪些新元素将填补空位,并预言了其性质。它们就是钙和锌后面的元素。

这种预言开始并未受到重视。但四年之后,人们就发现了镓(1875 年),接着又陆续发现铟(1879 年)和铊(1886 年),其性质都和门捷列夫所预言的相去不远。从此,人们便不再对门捷列夫的周期表持怀疑态度了。

由于发现了周期表,人类才得以解开元素的谜团,但此周期表并非没有问题。原因是,由原子量小的元素依序排列的元素中,也有性质不合的元素存在。

1913 年,也就是门捷列夫逝世六年后,这个问题获得了解决。英国年轻的物理学家摩斯雷发现,元素的性质与其按原子量来分类,还不如依照原子序数加以分类。现在的周期表就是依照原子序数的顺序来排列的。

所谓原子序数,其大小是由元素所拥有的质子数来决定的。例如,氢(H)原子只有一个质子,因此其原子序数为 1,排在周期表的最前列。同样,锂(Li)的质子数是 3,因此原子序数为 3,排在第三个位置。(参考第 3 页的元素周期表)

非金属性会增强

族	ⅠA	ⅡA	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA	0	电子层
1	1 H 氢	2 He 氦	13 Al 铝	14 Si 硅	15 P 磷	16 S 硫	17 Cl 氯	18 Ar 氩	K
2	3 Li 锂	4 Be 铍	5 B 硼	6 C 碳	7 N 氮	8 O 氧	9 F 氟	10 Ne 氖	L K
3	11 Na 钠	12 Mg 镁	13 Al 铝	14 Si 硅	15 P 磷	16 S 硫	17 Cl 氯	18 Ar 氩	M L K
4	19 K 钾	20 Ca 钙	21 Sc 钪	22 Ti 钛	23 V 钒	24 Cr 铬	25 Mn 锰	26 Fe 铁	N M L K
5	37 Rb 铷	38 Sr 锶	39 Y 钇	40 Zr 锆	41 Nb 铌	42 Mo 钼	43 Tc 锝	44 Ru 钌	O N M L K
6	55 Cs 铯	56 Ba 钡	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪	73 Ta 钽	74 W 钨	75 Re 铼	76 Os 锇	P O N M L K
7	87 Fr 钫	88 Ra 镭	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𬬻	105 Db 𬬭	106 Sg 𬬮	107 Bh 𬬟	108 Hs 𬬠	P O N M L K

元素周期表

非金属

金属

原子序数 92 U 元素符号

元素名称 铀

过渡元素

短周期

长周期

不完全周期

金属性会增强

镧系	57 La 镧	58 Ce 铈	59 Pr 镨	60 Nd 钕	61 Pm 钷	62 Sm 钐	63 Eu 铕	64 Gd 钆	65 Tb 铽	66 Dy 镱	67 Ho 铒	68 Er 铈	69 Tm 铥	70 Yb 镱	71 Lu 镥
锕系	89 Ac 锕	90 Th 钍	91 Pa 镤	92 U 铀	93 Np 镎	94 Pu 钚	95 Am 镅	96 Cm 锔	97 Bk 锫	98 Cf 锿	99 Es 镄	100 Fm 镆	101 Md 镎	102 No 鐳	103 Lr 铹

后来,又依据元素的化学性质和物理性质,将元素分成碱金属、卤族元素、稀有气体(惰性气体)元素等。

有些近代发现的元素,是以国名、地点或人名来命名的。例如,钫(Fr)和钷(Eu)的名称,是取自法国(France)和欧洲(Europe)的名称,镱(Es)和钔(Md)则是取自爱因斯坦和门捷列夫的名字。

2. 周期表简介

化学的圣经周期表是化学家们经历了无数次失败才研究出来的。从周期表中,我们可以了解元素的各种性质,并加深对化学的了解。但要看懂周期表并不是一件容易的事,或许有许多人还不知道周期表的作用。因此,我们必须学习看周期表的方法,否则永远也无法了解化学。学会看周期表就是迈向化学世界的第一步。

周期表有 18 个纵行。除第 8、9、10 三个纵行叫作第Ⅷ族元素外,其余 15 个纵行,每个纵行标作一族。族又分为主族和副族。由短周期元素和长周期元素共同构成的族,叫作主族;完全由长周期元素构成的族,叫副族。主族元素在族的序数(习惯用罗马数字表示)后面标“-A”字,如ⅠA、ⅡA……副族元素标“-B”字,如ⅠB、ⅡB……稀有气体元素化学性质非常不活泼,在通常状况下难以发生化学反应,把它们的化合价看作为 0,因而叫作 0 族。

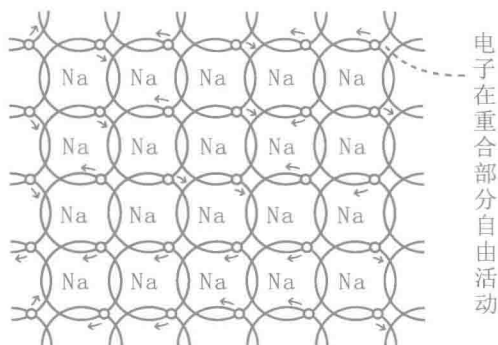
元素周期表有 7 个横行,也就是 7 个周期。其中,我们把含有元素较少的第 1、2、3 周期叫短周期,把含有元素较多的第 4、5、6 周期叫长周期。第 7 周期的元素还未填满,故叫不完全周期。

在同一周期中,愈往左边,元素金属性愈强,愈往右边,元素非金属性愈强。因此,阳性(会变成阳离子的性质)会由左朝右逐渐减弱;相反,阴性(会变成阴离子的性质)则会逐渐增强。也就是说,在同一周期的元素间,随着原子序数的增加,性质会逐渐改变。例如,第ⅦA 族的元素阴性最强,并且这一族元素愈到表的下方,阳性愈强,愈往上方则阴性愈强。

3. 金属元素各具特色

看过周期表上的各元素后,你一定会发现金属元素特别多。在 103 种元素中,金属元素占 81 种。从金、银、铜、铝等大家所熟悉的金属元素,到铌、钽等大家较为陌生的金属元素,种类确实不少。

所有的金属都有一个共同特点,那就是原子间结合的方式。在一般情况下,金属元素的原子会像下图一样,让最外层的电子重合在一起,自由活动。由于这种自由电子的结合(金属结合),金属才能导电和传热。



金属结合就是这种状态

即使由于外部施加力量,金属也不易变形。但在必要时,可设法使其延展、弯曲或成为薄片。以黄金为例,它可延展成百万分之一毫米厚的金箔。据说,1 克的黄金可延伸 2 千米长。之所以产生这种现象,是因为金属的原子上下左右有规则地排列。即使外力破坏了金属层,排列的关系也不会改变。

将具有共同性质的金属元素仔细分类,便可看到它们固有的特征。

锂(Li)、钠(Na)、钾(K)、铷(Rb)、铯(Cs)、钫(Fr),在周期表上属于同一族金属,称为碱金属。这些金属都很轻,熔点极低,而且质地非常柔软。它们的原子最外层都只有一个电子,化学性质很活泼,很容易变成一价阳离子。化合物大都易溶于水,尤其是氢氧化物或碳酸盐的水溶液,由于呈碱性,所以成为“碱金属”名称的由来。

碱金属的性质很活泼,所以它们在自然界都不能以游离态存在,只

能以化合态存在。例如,生产食盐的原料之一氯化钠(NaCl)。

第ⅡA族的铍(Be)、镁(Mg)、钙(Ca)、锶(Sr)、钡(Ba)、镭(Ra),称为碱土类金属。其水溶液呈强碱性。

此外,多种金属或它们的化合物在灼烧时能使火焰呈特殊的颜色,这在化学上叫作焰色反应。例如:锶(Sr)呈洋红色,钡(Ba)呈黄绿色,钙(Ca)呈砖红色。随着元素的不同,呈现的颜色也不同。我们常见的烟火正是利用了这种焰色反应的特征。在烟火中,发出黄色光的是钠(Na),发出紫色光的是钾(K)。

金属类元素,除以上介绍的以外,还有过渡元素。过渡元素的种类很多,包括副元素和第Ⅷ元素。像生产战斗机机体的钛(Ti),会变颜色的铬(Cr),海底资源中最受瞩目的锰(Mn),血液中血红素的成分铁(Fe),可制成蓝色颜料的钴(Co),导电性能最好的银(Ag),可制作超导材料的铌(Nb),被认为是贵金属之冠的金(Au)和铂(Pt)……都属于过渡元素的金属。

4. 盐与惰性气体

大海不仅为人类提供了丰富的鱼类资源,而且还为人们提供了生活中不可缺少的盐。卤(halogen)这个字是希腊语“制造盐”的意思。卤族元素位于周期表的第Ⅶ主族上,有氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)、碘(I)和砹(At)五种元素。氯、碘可以从海藻中获取,因此,卤和海的关系非常密切。

每个元素的名称都有其由来。溴正如其名,气味非常臭,且毒性极强,但在某些领域它是很有用途的。它和银形成的溴化银化合物是制造胶卷的原料之一,遇光易分解。一般情况下,卤化银具有感光性,在工业上有多种用途。

碘的毒性非常强。进行核子实验时,碘会扩散,如果大量进入人体,就会损害甲状腺并破坏其机能。所谓的核子掩盖物便是以避免人们吸入碘为主要目的的。

氯和氟的毒性也非常强,人们大多不愿意多接触卤族。

周期表最右端的是惰性气体(稀有气体)。顾名思义,惰性气体是

“不容易起反应”的气体,一般指氦(He)、氖(Ne)、氙(Xe)和氡(Rn)。

氦和氖大量存在于宇宙中。由于其分子很轻,无法在地球上留存,所以只有少量存在于大气中。氖在真空中经过放电,会产生红色的光谱而发出光亮。晚上在闹市区所看到的霓虹灯,就是利用氖的这一特性制成的。

空气中含量较为丰富的惰性气体是氩,其体积约占空气的 0.93%。氩以前用于灯泡中,现在多用于日光灯的灯管中。

氙含有“隐藏的东西”的意思。它具有很强的能力,可夺走其他原子的电子。

氙只有少量存在于地球上,在陨石等物质内的含量也不多,是宇宙空间中极少量的物质。钽或铯等的原子核,在遇到宇宙射线时便会产生氙,因此它是核反应的结果。

氡在惰性气体中是重要的,是由镭核衰变后产生的,具有放射性。地震前,地下岩石若被破坏,将会增加地下水中的氡含量,因此,氡可用于地震预报。

5. 从元素看宇宙地球

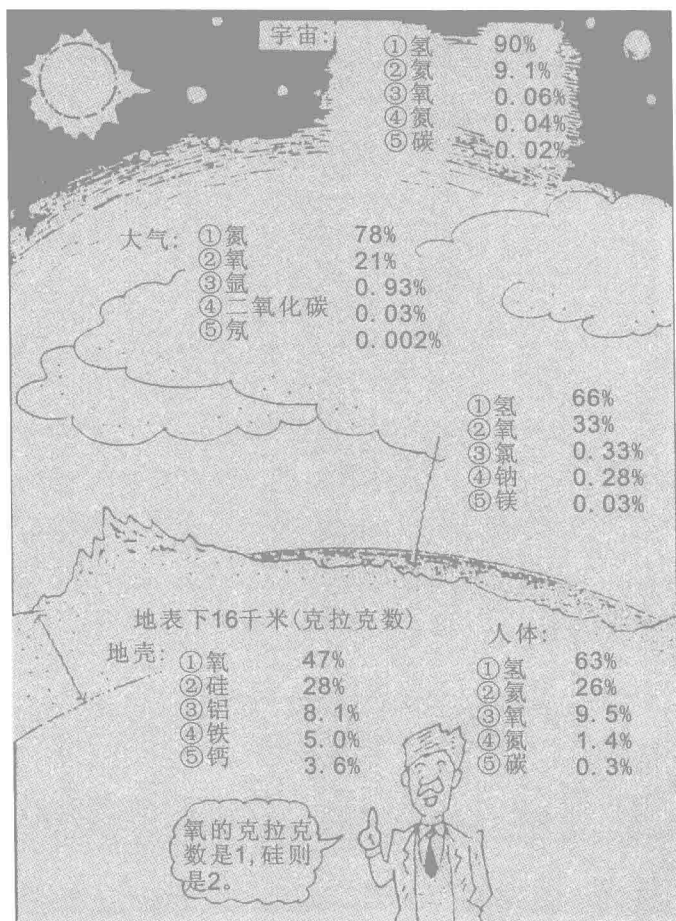
一提起元素,我们难免会想:宇宙、地球和人体究竟由哪些元素构成?哪种元素最多?

宇宙的大小目前仍难以确定,只能以推测的方法来研究其构成。即以化学的方法分析陨石,或用辉线光谱调查元素。

虽然如此,人类也只能了解接近地球的部分。经过研究,人们发现,在宇宙中氢和氦的比例比地球上的比例大。(参考第 8 页的图)

有一位科学家认真地研究过地球的元素组成,他就是美国的克拉克。他测算出了地表以下 16 千米的地壳中元素的百分比,将这些元素按照其百分比由大到小依次排列就形成了所谓的克拉克数。百分比最大的是氧,克拉克数是 1;硅为 2……看了第 8 页的图便知道在克拉克数中,排在前五位的元素,占全体元素的九成以上。

不过,克拉克数的产生只是来自于对地球的部分调查,如果对整个地球而言,可能会有些出入。



注:克拉克值是化学元素在地壳中平均含量的百分比。

此外,元素和其他元素结合成化合物的情形,比元素单独存在(称为单体)的情形多。例如氧大都以化合态存在于二氧化硅(SiO_2)中。

将地球的大气、海水和人体的组成列在一张图表上比较,你会发现,人体和海水的组成多么相似,而宇宙和地球的大气的组成却相差甚远。

6. 是化学的代名词

这个符号,有人称它为“龟甲”。事实上,它已成为化学的代名词,叫苯环。

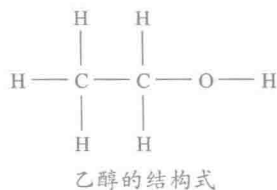
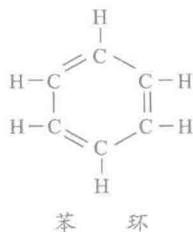
苯环如第9页图所示,由碳和氢构成,是最简单、最基本的芳烃,是芳香族化合物的母体。所谓的芳香族化合物是指分子里含有一个或多个苯环的一类有机化合物,但大都没有香味。例如:苯(C_6H_6)、甲苯(C_7H_8)、二甲苯(C_8H_{10})和萘($C_{10}H_8$)等。

当苯环与其他物质化合时,外侧的氢(H)会和其他粒子换位,随着交换物质的不同,可制造出性质各异的各种芳香族化合物。例如:让甲苯、浓硝酸和浓硫酸起反应,就会生成三硝基甲苯(TNT火药)。在工业方面,芳香族化合物的应用范围非常广泛。

可是你也许会产生疑问:人们是如何知道苯(C_6H_6)的结构就是下图所示的那样?

元素都有称为结合键(化合价)的“手”,即化学结合时,可相互结合之“手脚”的意思。元素不同,“手”的数目也不同。氢有1只,碳有4只,氧有2只……均有一定的数目。例如:乙醇(C_2H_5OH)便会像下图所表示的一般。这也算是一种“化学的头脑体操”。

一般而言,乙醇的分子式应该为 C_2H_5OH ,几乎没有人将它写成 C_2H_6O ,看了结构图,你就应该了解其原因了。前面介绍过甲苯的分子式是 C_7H_8 ,但事实上,写成 $C_6H_5CH_3$ 的情形较多,这也是为顾及结构图的缘故。在此以前,相信许多人都有“分子式为何有各种写法”的疑问。



能够想出苯(C_6H_6)的结构是件不容易的事。苯有6个碳(C),仅仅是碳的“结合手”就有24只(6×4),而且还有6只氢(H)的“结合手”,因此,要想出“24只碳的‘手’和6只氢的‘手’结合在一起的结构”确实不易。

19世纪时,德国化学家凯库勒勇敢地对此难题挑战。

他每天用心思考,却始终想不出苯的结构。某天晚上,他做了一个梦,梦见6只猴子像下图那样形成一个圆圈且不停地转动。由于碳有4只“结合手”,因此,只要将猴子当作碳,将其四肢当作“结合手”,便可完全了解苯的结构了。碳和碳之间要有三处,并且要间隔开来作双重结合。



凯库勒在梦中获得了有关苯的启示

有人说,在凯库勒梦中出现的不是猴子而是蛇,甚至也有人说:“这只是后世的人编造出来的故事。”我们相信凡是伟大的发现必定有其缘由,凯库勒也是如此。他曾说:“向梦学习,便可寻求到真理。”

我们在睡觉时也要尽量熟睡,以求获得对新知识的启示。

7. 有机化学与无机化学的差异

有机化学和无机化学之间究竟有何差异呢？如果你解释说：“有机化学是有机化合物的化学，而无机化学是……”那么，会使人更加糊涂，而且，“有机”与“无机”的说法是很容易让人觉得枯燥乏味的。

其实，这个问题不必想得太复杂。无机化合物是指在地球诞生时已存在的物质，而有机化合物则是几乎和地球上的生物同时出现的物质。

有机化合物与无机化合物的比较

	有机化合物	无机化合物
化合物的种类	超过一百万种	数万种
成分元素	以碳、氢、氧为主	几乎以所有的元素为对象
化学键	共价键居多	离子键居多
熔点	一般情况下没有熔点	一般情况下都有熔点
溶解性	大都不易溶于水，但易溶于有机溶剂	大都不易溶于有机溶剂，但易溶于水
易燃度	大都可燃烧	大都不可燃烧
反应速度	慢	快
化学稳定性	不稳定，易分解	大都比较稳定

也就是说，有机化合物和无机化合物的区别在于和生命有无密切的关系，和生命有关的是有机化合物（在生物体内所制造的化合物），和生命无关的则是无机化合物。碳水化合物（砂糖、淀粉等）、酒精和蛋白质等都是有机化合物。含在岩石或黏土中的氧化镁、食盐、水、水晶和塑胶等，都是无机化合物。这样说，你更容易明白些。

上表将有机化合物和无机化合物作了比较，在此你会发现，有机化合物比无机化合物多得多。

此外，有机化合物都含有碳。无论是哪种有机化合物，若以火烘烤，都会碳化或燃烧，而且燃烧后会生成二氧化碳。因此，有机化合物又称

为碳化合物。但在碳化合物中,一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、氰酸、氰化钾、二硫化碳等,大抵算是无机化合物。

19世纪以前,人们认为,有机化合物必须由生物不可思议的能力——“生命力”来创造,也就是说,有机化合物不可能由人工制造,只有“神”才办得到,因此化学家大都致力于无机化合物的研究。

到了1828年,德国的维拉用氰酸铵(NH_4OCN ,无机化合物)作原料,以人工的方法成功制造了含在尿中的有机化合物——尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 。

以人工方式合成有机化合物,这还是科学史上的一项创举。

在19世纪末期,合成了包括靛蓝等许多染料。到了20世纪,又制造出药品、合成橡胶、合成纤维和塑胶等。直到现在,以元素或简单化合物制造出复杂有机化合物的“有机合成化学”研究在不断地深入。

然而,有机化学与无机化学之间的界线,目前正在逐渐消失。

主要原因是,大约在25年前,有机合成化学的研究者只利用到了周期表的前三列元素。现在,研究者已开始关注以往未曾注意到的新元素,这促进了无机化学的进步,使它能无限地发展下去。

例如:尼龙和聚酯等有机系合成高分子,因其优良的加工性和经济性,逐渐取代木材及金属,开始广泛地被利用。但有机化合物缺乏耐热性,而且在资源和废弃物方面也存在问题,所以,人们又开始关注无机高分子化合物。

此外,在有机化学方面也有了新的发展。除了生命科学和基因科学外,人们开始了解与生命有关的蛋白质、氨基酸、DNA等,同时也加深了对有机化学的了解。

8. 炼金术使化学变成“科学”

将石头、铅和铁等混合在一起,再加上特别的物质,便会产生金或银——当然这是不可能的事。但古人在长达1500年的时间里,使用各种方法,致力于这种炼金术的研究。

炼金术的历史很悠久。公元前300年,希腊时代的末期,亚历山大港开始出现炼金热。大部分人认为,金或银是由埋在地下深处的石块或铁等金属经过数千年时间变化而形成的。于是,人们推想:给石头或铁