

典藏 科普图书馆

中国科学院院士 **叶叔华、郑时龄** 郑重推荐

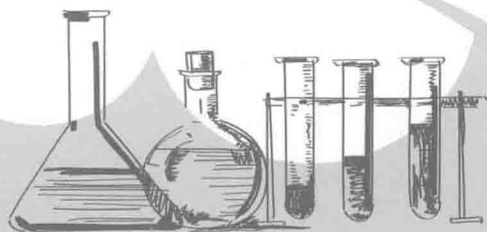
世界科普巨匠经典译丛·第二辑

· 学习化学的最佳入门书 ·

CHEMICAL MYSTERY

化学的秘密

(俄) 尼查耶夫 / 著 崔莉娟 / 译



引领你迈入科学圣殿的经典科普名著
最能激发学习兴趣的经典启蒙读物

最简单直白的化学元素史话

上海科学普及出版社

藏 科学图书馆

CHEMICAL MYSTERY

世界科普巨匠经典译丛·第二辑

化学的秘密

(俄) 伊·尼查耶夫 著 崔莉娟 译



上海科学普及出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学的秘密 / (俄) 尼查耶夫著; 崔莉娟译. —上海: 上海科学普及出版社,
2013.10

(世界科普巨匠经典译丛·第二辑)

ISBN 978-7-5427-5844-6

I. ①化… II. ①尼… ②崔… III. ①化学元素 - 普及读物 IV. ①O611-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 176911 号

责任编辑: 李 蕾

世界科普巨匠经典译丛·第二辑

化学的秘密

(俄) 尼查耶夫 著 崔莉娟 译

上海科学普及出版社

(上海中山北路 832 号 邮编 200070)

<http://www.pspsh.com>

各地新华书店经销 北京德美印刷厂

开本 787×1092 1/12 印张 20 插页 6 字数 240 000

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5427-5844-6 定价: 29.80 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题
请向出版社联系调换

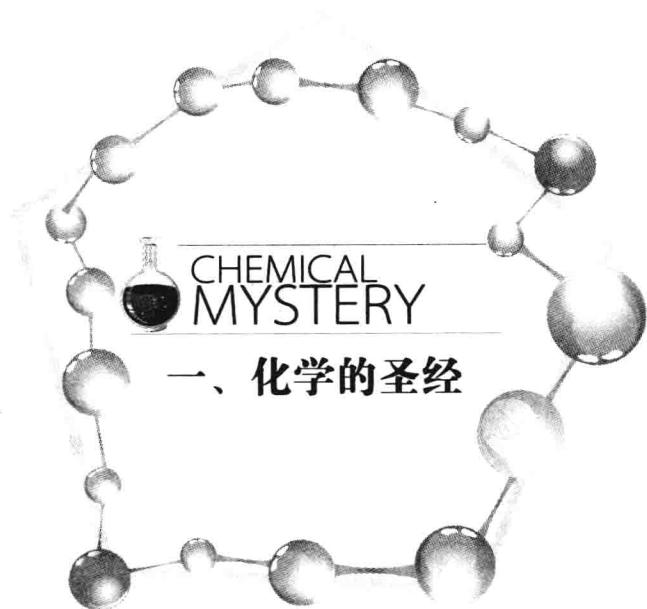


目录

一、化学的圣经	001
1. 做梦编写的元素周期表	001
2. 通过图解更好地学懂元素周期表	003
3. 区别各异的金属元素	007
4. 稀有气体和盐	008
5. 宇宙地球的元素组成	009
6. 有机化学的代名词苯环	011
7. 无机化学和有机化学的分别	013
8. 化学在炼金术中的应用	014
9. 永具价值的钻石	016
二、原子	017
1. 什么是元素	020
2. 从原子到分子	029
3. 开始的元素	034
4. 由炼金术发展出的化学	036
5. 元素周期表	039
6. 利用光谱仪对元素加以区分	043
7. 元素的利用	052
8. 有机化合物	056



三、原子核	059	3. 核燃料时代	118
1. 怎样制作回旋加速器	060	4. 首个人造元素	119
2. “人造”——镅的含义	065	5. 地球上稀有的元素	121
3. 超铀元素	067	6. “海王星”	122
4. 镭	068	7. 从 95 号到 100 号的元素	124
5. 难关的突破	072	8. 元素不断增加的麻烦	127
6. 原子云中的发现	079	9. 没有尽头	129
四、地球——我们的家	086	七、有关门捷列夫的故事	131
1. 空气	090	八、居里夫人发现镭的故事	140
2. 大海	091	九、诺贝尔和炸药的故事	182
3. 地壳	092		
五、宇宙的空间	096		
1. 存在于宇宙中的物质交换	098		
2. 宇宙的诞生	101		
六、电子时代的元素	113		
1. 原子内部的秘密	113		
2. 电子的排列和分布	115		



1. 做梦编写的元素周期表

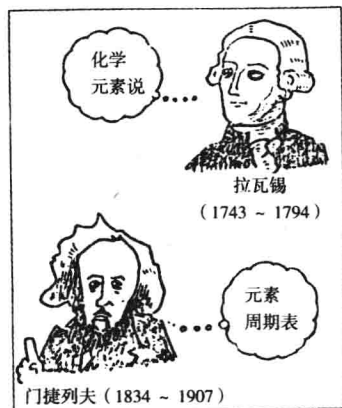
对于元素周期表,大多数人都可以按这样的顺序背诵出来:“H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne...”不管你是喜欢化学还是讨厌化学,每当我们提到它,你总率先想到元素周期表,由此我们可以看出,化学和元素周期表的关系密不可分。

但是,对于化学家在研究元素周期表过程中所付出的巨大努力,人们往往就说不上来了。

“化学元素说”是由法国的化学家拉瓦锡最先提出来的,他也因此被誉为“近代化学之父”。拉瓦锡提出的著名“化学元素说”的中心原理就是:“世界上的所有物质都是由元素构成的。”但是,拉瓦锡还没有来得及对自己提出的学说进行证实,就牺牲在法国的政治大革命中,这非常令人惋惜。

虽然这位法国的化学家丧生在大革命中,但是他却把自己的学说刻入了当时对化学有着特别爱好的研究者脑中。从此,这些研究者开始了对化学元素的研究历程。19世纪的“近代原子说”是英国化学家道尔顿提出来的,这一学说的提出,拉开了对元素研究的序幕。原子量被准确测量,同时钾、钠等元素也先后被发现。

化学家解密出的诸多新元素使人们重新认识了微观世界,但同时也带给了化学家自己不小的麻烦。所有被发现的新元素数目截至1830年就已经达到了55种,到现在更是多达103种,其中包括人造的元素,也就是说近二分之一的元素是在



新元素的发现，让化学家伤透脑筋

一百多年前被发现的。

对于这些新元素的性质，化学家们根本无法清楚地掌握，更不用说它们和其他元素之间的关系了，所以对于发现的新元素不是十分的确定。

为了对诸多的疑点和难点进行解答，这些新元素被包括俄国化学家门捷列夫在内的各国化学家们较详细地分类，并逐个用各种实验进行研究。

还处在学生阶段的门捷列夫就产生了这样的想法：“应当有一种看不见的关系存在于元素和元素之间。”为了找出化学元素间的相互关联，大学毕业后，门捷列夫在彼得堡大学任教期间，一边教学，一边坚持进行化学实验。

结果，门捷列夫因兢兢业业地工作和刻苦地实验而招致了严重的睡眠不足。有一天他居然在书房的沙发上打起了瞌睡，这期间他做了一个特别的梦，实验研究中一道艰难的门捷列夫终于在梦中惊醒并且失声大喊：

“没错！我们可以根据元素原子量的大小进行整理，做一张表格来看！”

在睡梦中从沙发上蹦起来且尚不十分清醒的门捷列夫，居然把之前发现的62种化学元素依据原子量的大小顺序排列在了朋友来信的空白页上。

他对排列后的结果非常吃惊，因为以相邻七个化学元素为一组来看，其两端的元素性质都十分相似。这个梦中的表格就是最原始的“元素周期表”。之前错误的原子量或是原子价，都可以通过这个元素周期表显现的规律来进行纠正。1869年3月1日，门捷列夫做梦时列出的元素周期表，被人们称为元素关系的“本世纪巨大发现”。

门捷列夫非常细心地研究了元素周期表，他发现中间有很多不连续的地方。他由此断言，这其中一定还有我们没有发现的化学元素，这些断续的地方就是留给它们的。门捷列夫又在1871年，对未被发现的断续部分的元素性质进行了预测。它们分别处在钙元素的后面和锌元素的后面。

这个开始没有被人们重视的预见，最终被证实是具有前瞻性的。化学家们终于在四年后发现了和门捷列夫预测性质非常接近的镓（发现于 1875 年），随后又接连发现了铕（发现于 1879 年）和锗（发现于 1886 年）。从此以后，门捷列夫的元素周期表就被所有人接受了。

微观世界的很多谜团和疑难都可以通过元素周期表来获得解答，但是这个表仍然存在缺陷。这是由于有些性质差异很大的元素存在于顺序排列的元素表中。

在门捷列夫死后，1913 年，英国的年轻物理学家莫塞莱在试验中将这一缺陷补充完整。莫塞莱发现了一个更具科学道理的分类方法——根据原子序数进行元素性质的分类。元素周期表这种排列方法一直沿用到现在。

一个元素中包含的质子数目决定了原子序数的大小及其在元素周期表中的先后位置。比如，包含一个质子的氢（H）原子，它的原子序数就是 1，所以氢原子排列在元素周期表的第一个位置。依据同样的原理，包含 3 个质子的锂（Li）原子，原子序数就是 3，它在元素周期表的位置就是第三个。

再到后来，元素又被科研人员们依照它们的化学和物理双重性质划分为碱金属、卤元素、稀有气体元素（俗称惰性气体）等。

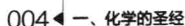
我们会发现，对元素的命名进行一下研究也是一件非常有意思的事情。以国家名字、地名或者人名对元素命名是近代元素命名的特点。比如，以法国（FRANCE）和欧洲（EUROPE）两个单词的首字母命名的元素钫 Fr 和钷 Eu；还有以爱因斯坦和门捷列夫的名字命名的镱 Es 和钔 Md。

2. 通过图解更好地学懂元素周期表

元素周期表在当代被我们誉为化学的圣经，它是经过数代化学家共同的耐心实验研究并不断地合理完善而取得的。对于元素间令人费解的无形规则，我们完全可以通过对这张表格的学习而有一个清楚的了解。

我们通过对元素周期表的学习，不仅可以弄清楚元素间的不同性质，还可以对化学有更进一步的认识。可是要完全看懂元素周期表其实并非是一件容易的事情，对于它的作用直到现在恐怕有很多人还没有完全弄清楚。为了能够走进化学研究的殿堂，我们首先要看透元素周期表。

进入化学殿堂的首道门槛就是元素周期表。



第一族、第二族、第三族，一直到第八族，还有最后面的零族，组成了短周期表的直列九族。横列的区分原则就是原子价的大小不一。可是上面的第一到第八族是属于同一族的元素，根据两族元素不同的化学性质，我们可以把它们分为A族和B族。

另外，在对相同周期内的元素进行比较时，越是向后金属性越弱，越是靠前，非金属性就越弱。所以，由前往后，元素转变成阳离子的性质（就是阳性）会不断地削减，相对的改变为阴离子的性质（也就是阴性）会不断的增强。

长周期和短周期的区别就是周期的长短。A 和 B 在长周期表中分列左右两侧，

金属元素和非金属元素在长周期表中分得非常清晰

碱金属：柔软的轻金属。
可和水产生反应而制造
出如氢氧化钠（NaOH）
般的强碱。

周期

在最外层有
2个电子。

在最外层有
8个电子。

在最外层有
18个电子。

在最外层有
32个电子。

是过渡元素，其他则为典型元素。

A和B的
化学性质
稍有不同。

	1	2																
1	H 氢																	
2	Li 锂	Be 铍																
3	Na 钠	Mg 镁																
	1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8										
4	K 钾	Ca 钙	Sc 钪	Ti 钛	V 钒	Cr 铬	Mn 锰	Fe 铁	Co 钴									
5	Rb 铷	Sr 锶	Y 钇	Zr 锆	Nb 铌	Mo 钼	Tc 锝	Ru 钌	Rh 铑									
6	Cs 铯	Ba 钡	镧系	Hf 铪	Ta 钽	W 钨	Re 铼	Os 锇	Ir 铱									
7	Fr 钫	Ra 镭	锕系															

铂族：
几乎不会被酸、
碱浸蚀。

由于其产量很少，
因此称为镧系元素。

镧系	La 镧	Ce 铈	Pr 镨	Nd 钕	Pm 钷	Sm 钐	Eu 铕
锕系	Ac 锕	Th 钍	Pa 镤	U 铀	Np 镎	Pu 钚	Am 镅

超铀元素



				3	4	5	6	7	0	
									He 氦	1
			B 硼	C 碳	N 氮	O 氧	F 氟		Ne 氖	2
			Al 铝	Si 硅	P 磷	S 硫	Cl 氯		Ar 氩	3
		1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A		
Ni 镍	Cu 铜	Zn 锌	Ga 镓	Ge 锗	As 砷	Se 硒	Br 溴		Kr 氪	4
Pd 钯	Ag 银	Cd 镉	In 铟	Sn 锡	Sb 锑	Te 碲	I 碘		Xe 氙	5
Pt 铂	Au 金	Hg 汞	Tl 铊	Pb 铅	Bi 铋	Po 钋	At 砹		Rn 氡	6
										7

黄金的性质很稳定，不易被腐蚀，但能被王水（盐酸 + 硝酸）溶解。

Gd 钆	Tb 铽	Dy 镝	Ho 钬	Er 铒	Tm 铥	Yb 镱	Lu 镥
Cm 锔	Bk 锫	Cf 锿	Es 镅	Fm 镆	Md 镈	No 锘	Lr 铹

人造元素是利用原子核重新组成而制造出来的元素，在地球上原不存在。

0族元素的原子几乎不和其他的原子相结合，它们多以游离气体的形式存在，在空气中含量极少，又称“惰性气体”。

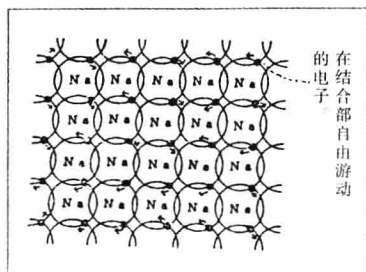
卤的英文“halo”和“gen”分别是“盐”和“制造”的意思。这意味着卤族元素易与许多元素结合生成盐。

这样有利于观察。比如书中第 6 页的元素图表的突出优点就是我们只需一眼就可以分辨出金属元素和非金属元素。

3. 区别各异的金属元素

对于元素周期表，我们只要细心地研究就会发觉里面有很多的金属元素。不管人们熟知的金、银、铜、铝，还是人们不多见的铌、钽，所有的金属元素总计数量有 81 种，相比总数 103 种所占的比例非常大。

原子的结合方式是所有金属元素相同的地方。在通常的情形下，原子的结合如图，电子会在原子的最外层重合部分自由地活动。金属之所以能够很好地导电或者导热，正是由于有自由电子结合，我们也称之为金属结合造成的。



这就是金属结合的状态。

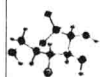
金属是很难被打碎的，哪怕有人在外面对它施加压力。要使它的形状延展、弯曲或者变薄等，我们可以有很多的方法。比如，百万分之一毫米厚的金箔就可以通过对一块黄金的捶打延展而得来。

金属元素的电子在四周非常有规则的排列是产生这种现象的根本原因。这种排列关系，哪怕是在金属受外力作用下破裂时，也不会发生变化。

假如金属元素按照共性进行分类，那么它们的固有特点就会显现出来。

例如，在元素周期表上同族的碱金属元素——锂 (Li)、钠 (Na)、钾 (K)、铷 (Rb)、铯 (Cs)、钫 (Fr) 等。它们的特点就是比重很小，材质很软，而且都有非常低的熔点。产生这些共性的主要原因就是外侧的空间非常大——只有一个电子在它们的原子最外侧自由活动。同时这个单个自由活动的电子，可以毫不费力地失去而使其原子变成一价的阳离子。不仅如此，在水中它们的化合物非常容易被溶解。我们所以把它们称作是碱金属，是因为它们的氢氧化物或者碳酸盐水溶液都呈现为碱性。

在海水中，碱金属大都以离子存在。比如，碱金属元素钠和氯 (Cl) 相结合，就会产生氯化钠 (NaCl)。食盐的主要成分就是氯化钠。正是因为有大量的钠离子存在于海水之中，所以海水是有咸味的。



在2族中，铍（Be）和镁（Mg）除外，剩下的钙（Ca）、锶（Sr）、钡（Ba）、镭（Ra）等元素都很容易变成二价的阳离子，它们溶于水后都呈现出较强的碱性，所以它们被称为碱土类金属。

不仅如此，焰色反应是碱土类金属具有的另一个显著特点。在包含此族的金属离子的液体中浸入铂金线，然后加热，铂金线就会呈现出好看的颜色。不同的碱土类金属元素，呈现出的颜色各有区别，例如，在锶（Sr）溶液中呈现出红色，在钡（Ba）溶液中呈现出绿色，在钙（Ca）中呈现出橙色。

其实，不单单碱土类金属具备焰色反应，碱金属和铜（Cu）也会产生同样的反应。对这个反应的重点应用就是焰火。其中钠在焰火中发出的是黄色光亮，钾在焰火中发出的是紫色光芒。

除去碱性金属和碱土类金属，金属元素的种类还有很多，比如过渡类金属元素，元素周期表上的第1B族、2B族、3B族、4B族……7B族以及8族都是这类的。

在所有过渡类金属元素中，有许多元素具备重要的功用，比如：战斗机的机身多用钛（Ti）制成；在不同的结合方式下会呈现不同颜色的是铬（Cr）；在海底资源中颇受瞩目的是锰（Mn）；人体血液中血红素的组成成分就有铁（Fe）；适用于配置蓝色染料的是钴（Co）；导电和导热性能异常优越的是银（Ag）；具有超导电性的是铌（Nb）；被人们誉为贵金属之王的是金（Au）和铂（Pt）……

另外金属元素还包括铝（Al）——常被用来制造铝罐、窗户框、铝箔等，以及锡（Sn）——在合金中有广泛的应用。

金属元素的种类非常多，它们包含各式各样的颜色。它们在元素周期表中排列得越是向左下方，金属性越强；越是向右上方，非金属性越强。

4. 稀有气体和盐

在我们生产生活中，盐有着不可替代的作用，我们无论如何也脱离不开盐，它是由我们的故乡——大海提供给我们的。希腊语中的卤 *halogen* 就是制造盐的意思。第七族直列中的氟（F）、氯（Cl）、溴（Br）、碘（I）、以及砹（At）等五种都属于卤类元素。海藻中不仅可以提取出氯，还可以提取出碘。所以卤类元素和大海有着非常密切的关系。



对于元素的命名是各有来历的。我们把具有极高毒性，又非常臭的元素命名为溴。可是溴在很多的方面却可以起到巨大作用。照相用的软片就是被溴和银组成的化合物溴化银的微粒子平铺而成的。我们轻轻按动快门就可以拍出相片，就是分解后的溴化银和其他药剂化学反应的结果。卤化银在普通情境下所具备的感光性，使它在工业生产中有广泛的应用。

碘具有很强的毒性。碘会在核子实验的过程中发生扩散，如果大量碘被人体吸收，它就会严重地破坏人体的甲状腺机能。我们为了避免过量吸入碘，必须利用核子掩盖物来保护自己的身体。

除此之外，具有极高毒性的还有氯和氟，我们应避免和卤族元素的直接接触。

稀有气体又被称为惰性气体，它们位于元素周期表的最右侧。就像它的名字一样，很难和其他的元素发生反应就是它的基本性质。氮在某些时候同样被人们归入惰性气体。但是通常情况下的惰性气体只包括氦（He）、氖（Ne）……氙（Xe）、氡（Rn）。

在宇宙中，氦和氖存在的量是非常大的。因为它们有非常轻的分子，所以在大气中的比重并不高。真空中的氖经过放电，可以有光亮发出来，这是由它所产生的红色光谱造成的。我们利用氖的这一特性制造出了晚上用于闹市区的霓虹灯。

氩在空气中的含量比较丰富，大气中大约有 0.93% 的体积是由氩组成的。先前我们用的灯泡和现在的灯管中都用到了氩。

氩的含义就是“隐蔽的物体”。氩的能力很强，它是一种非常有核心力的元素，其他原子的电子可能会被它的这种能力夺走。

氩不仅在地球上含量非常低，就是在陨石里的含量也并不高。在宇宙空间里，氩的保有量非常小。钡和铀等原子核是由宇宙中的射线粒子相互碰撞产生的，所以它们可以被看成是核子反应的领袖。

镭的衰变就会产生氡，所以氡具有放射性，氡同时又是惰性气体中最重的气体。氡会在地震前地下岩石被破坏的情况下，大量地浸入到地下水中。所以我们可以根据氡的这一性质来预测地震。

5. 宇宙地球的元素组成

说到元素，我们会想到：到底是哪些元素构成了宇宙、地球和人类的身体？其中含量最大的是哪一种元素？

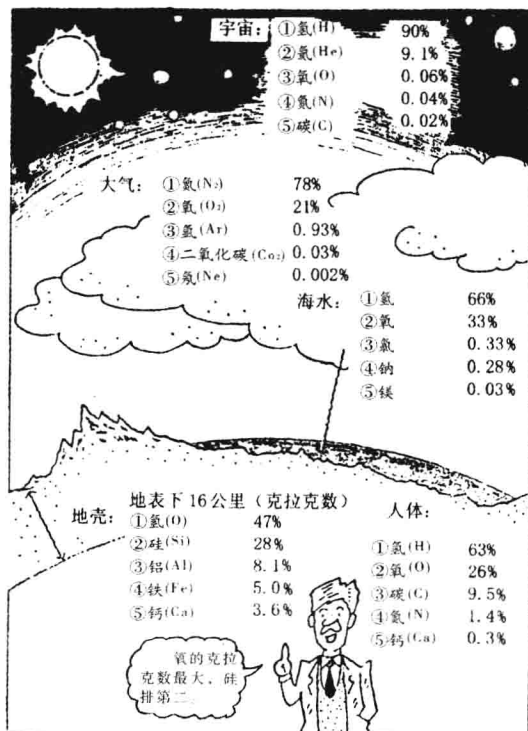
宇宙的大小我们至今无法确定，但是对于它的构成我们却可以进行研究和推测，这包括对陨石的化学研究和元素的辉光谱调查。

但是我们通过这些只能了解到和地球相接近的部分。宇宙中绝大多数的氢和氦都存在于地球上，这是我们研究获得的结果。

美国的克拉克是一位很有名的学者，他对地球元素的构成做了深入的调查研究。各种元素在地表 16 公里之下的组成比例被他计算了出来。他将这些数据按照由大到小的顺序排列出来并最终形成了克拉克数。其中氧所占的比例最高，它的克拉克数是 1，第二是硅……当我们看完下面的图表就会得出这样的结论：所有元素总量的 90% 都被克拉克数的前五位元素占有了。

但是，克拉克数只是对部分地球元素含量调查后的结果，如果我们对地球的整体进行调查，就会得出不一致的结果。

不仅如此，元素极少以单体形式存在，它们大多都相互组成化合物。例如氧



我们把地下元素平均的组成比例称为克拉克数，也就是地下元素的丰度。

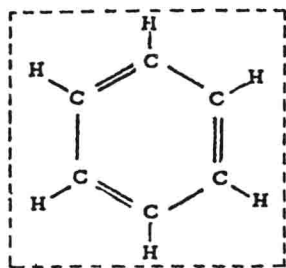
的多数存在形态都是二氧化硅 (SiO_2)。

我们把列在一张图表上的地球大气、海水以及人体的构成数据进行一下比较，就会得出这样的结论：海水的构成元素和人体构成的元素非常相近；宇宙大气和地球大气在元素构成上是有区别的。

6. 有机化学的代名词苯环

人们称作“龟甲”的苯环正六边形，其实已经被人们当成了有机化学的代名词。

图中是由碳和氢构成的苯。像苯 (C_6H_6)、甲苯 (C_7H_8)、二甲苯 (C_8H_{10}) 和萘 (C_{10}H_8) 等都是非常有代表性的苯环，它们都是由碳和氢构成，并且具有香味，所以人们称其为芳香烃，人们经常用苯环的正六边形来表示它们。近来，人们又用一个正六边形里面套上一个圆圈来代替原来的正六边形。我们把这些有一个和多个苯环结合形成的物质统称做芳香烃化合物。

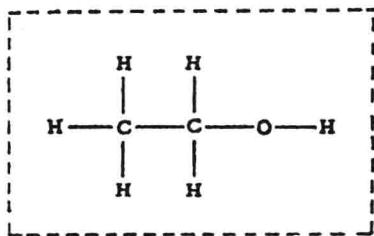


苯环

形色各异的芳香族化合物就是由苯和其他的物质结合而成的，在结合的过程中，苯环外围的氢就会和其他的元素互换位置。比如三硝基甲苯，也就是我们熟知的 TNT 炸药，是由甲苯、浓硝酸和硫酸反应生成的化合物。芳香族的化合物在工业领域的应用非常广泛。

对于苯的分子式 C_6H_6 ，人们都非常熟悉，但是像图中苯的结构图却很少有人知道。

我们把每种元素独有的结合键（又被称作是原子价）都看作是元素的“手”。很多的元素都是通过结合键相互结合在一起的。结合键的数目相对于每一种元素都是固定不变的，不同的元素就会有不同数目的结合键。就像氢只有一个结合键，碳有四个结合键，



乙醇的结构图

氧有两个结合键……乙醇中各种元素的结合情况如图所示。化学的“头脑体操”表示的就是这种结构图。

许多人都会有这样的疑问：分子式为什么写法各异？乙醇为什么被人们写成是 C_2H_5OH ，而非 C_2H_6O ，相信当你看完它的结构图后就知道这是为什么了。甲苯的分子式有人用 C_7H_8 来表示，但是更多的人是用 $C_6H_5CH_3$ 来表示，也是出于这样的原因。

苯是由六个碳和六个氢构成的，因此我们要想象出它的构造是很困难的。除了六个碳的 24 只“结合手”，还有另外六个氢的 6 只。所以，我们真的很难想象出碳的 24 只手和氢的 6 只手之间的结合情况。

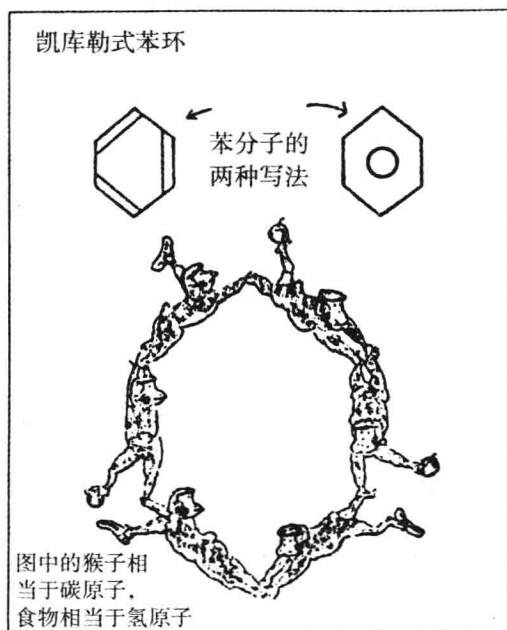
但是苯的构造最终被 19 世纪德国化学家凯库勒研究发现了。

对于苯的构造图，终日沉浸在思考中的凯库勒开始也理不出头绪来。可是突然在一个晚上，和上面的苯环图很相似，由六只猴子围成的不停转动的立体圆图案案，闯进了凯库勒的梦里。拥有四肢的猴子和有四只“结合手”的碳非常的相似，所以我们可以通过对猴子的研究来了解苯的构造。像这样重合之后又分割开

的地方，碳和碳之间共计有三处。

也有人说，闯进凯库勒梦境的是蛇而不是猴子。更有的人说所有这些故事不过是后人编出来的。但凡是重要的发现，期间总会有不少的插曲。凯库勒也不会例外。“真理有时候也会出现在梦中。”这就是凯库勒曾经说过的一句话。

我们也应当想办法提高自己的睡眠质量，新知识没准也会出现在我们的梦里呢？



凯库勒在梦中获得了有关苯的启示