

| 科普大师趣味科学系列 |

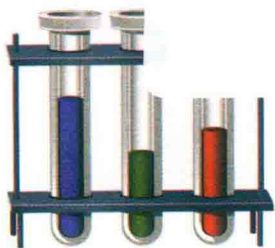
·\*FUNNY·

S C I E N C E

# 世界 科普 大师

写给孩子<sup>的</sup>  
趣味化学

·主 编 / 邢 涛  
·分册主编 / 龚 勋



浙江教育出版社 · 杭州

# 前言

FOREWORD

## 科普大师 送给孩子的化学经典!

化学，是一门研究物质如何发生变化的科学。它看似高深莫测，实则与我们的日常生活息息相关。生活中常见的木柴燃烧、食物腐烂、钢铁生锈等现象，其实质都是化学变化。

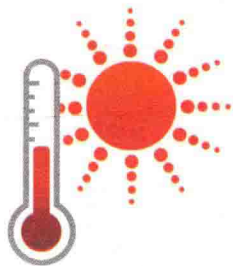
为了让小读者更好地了解化学这门奇妙的自然科学，我们编撰了这本《世界科普大师写给孩子的趣味化学》。本书选编了世界著名科普大师的经典科普作品，内容丰富多彩：从化学的起源到人造元素的出现，从微观的原子、分子到宏观的地球构成，从工业价值到生活用途……大师们用妙趣横生的语言、深入浅出的实验，把我们带到神奇美妙的化学世界。

这里没有繁冗枯燥的理论说教，大师们用一个个生动的故事和奇妙的现象来引导小读者思考学习。相信这本书不但能引起你对化学的兴趣，同时，也能使你对周围的事物有新的认知。



# 目录

CONTENTS



## 第一章 走进化学世界

ZOUJIN HUAXUE SHIJIE



从炼金术到化学	2
原子到底有多小	4
原子内部的奥秘	6
电子的“排兵布阵”	8
元素与化合物	11
最初的元素	14
元素起名大揭秘	16
元素的循环	18
第一个人造元素	20
添丁的麻烦	22
是化学还是相术	24
轻松学看元素周期表	28
在元素周期表上的幻想旅行	32





各具特色的金属元素

36

用光谱仪采集元素的“指纹”

38

这就是化学反应

41

解密有机化学与无机化学

43

我们的地球

45



## 第二章 丰富多彩的元素

FENSHU DUOCAI DE YUANSU

入水不沉、冰上可燃的金属

50

制造罐头的锡

53

稳固的钙

55

稀有金属用途多

58

谜一样的碘

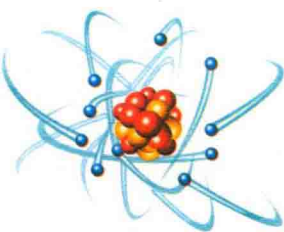
60

差别最大的孪生兄弟

64

坚不可摧的硅

66



与生命息息相关的元素	70
氧的魔力	72
奇妙的氢	78
元素中的隐士	82
盐与惰性气体	84
藏在射线里的钋和镭	87



## 第三章 生活中的化学

SHENHUO ZHONG DE HUAXUE



硫、铁变身记	92
钢铁是这样炼成的	96
金属燃烧之后	98
会变质的金属	102
面包去哪儿了	105
淡紫色火焰之谜	110
生活中的化合物	114
一支粉笔	116
多功能的二氧化硫	120
“火焰空气”	122
燃烧的秘密	128
不可见的光线	132



## 第一章

# 走进化学世界



**聚** 乙烯、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ……这些化学名称、分子式，看上去着实让人头疼，可要说到它们的用途或俗名，你就不觉得陌生了：聚乙烯是制作塑料袋的主要原料， $\text{NaHCO}_3$ 和 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 分别是厨房里常见的小苏打和糖。看！化学其实并没那么神秘，想要走进化学世界其实也很简单。



[俄国] 尼查耶夫

# 从炼金术到化学

尼查耶夫，俄国著名科学家、作家。曾担任《知识就是力量》月刊的主编，他所创作的一系列科普读物一直以来深受青少年读者的喜爱，人们评价他的作品“善于使谈科学的书摆脱枯燥的讲义和素材而自成一统”。他毕生热衷于科学研究，于1941年在莫斯科辞世。

把石块、铅和铁等物质混合在一起，再加上一些特殊的東西，便能煉出黃金和銀——當然，在今天看來，這是絕對不可能發生的事。古人卻在長達1500年的時間里，動用各種物質，致力於研究這種煉金術。

煉金術的歷史十分悠久，早在公元前300年的古希臘時代，亞歷山大港便出現了煉金術的熱潮。當時，大多數人認為，金、銀都是由埋藏在地底下的石塊、鐵等物質經過數千年的時間變化而來的。

因此，人們設想：在石塊或鐵上添加一些特殊的成長促進劑，或許不用等數千年就可以得到金、銀。

當時，金屬被認為是有生命的物質，所以被視作“治療金屬疾病”的煉金術，就得到了格外的重視。

比如說，銅是未成熟的金，錫是得了麻風病的銀。而能夠治療這類疾病的秘方就是“聖賢石”和“哲學家之石”。因此，這兩種東西也受到了特別的重視。

不僅如此，人們還認為這種秘方會對人體產生



奇迹，所以，它们又被看作能让人长生不老的灵药。

随着古希腊和古罗马的灭亡，亚历山大港这种魔术般的信仰也迁移到了阿拉伯，并在那里走向系统化。到12世纪中期，炼金术又被引入欧洲，在民间得到了普遍发展。



炼金术甚至还引起了当时很多知识分子的兴趣，最著名的有神学家阿奎奈和哲学家培根，据说，他们都曾亲自去参观过实验。

当然，喜欢各种宝贝的国王们也不甘人后，他们纷纷召集炼金术士，让炼金术士们每天不停地进行炼造黄金的实验。

14世纪初期，自称是西班牙贵族、同时也是圣芳济修会修道士的拉蒙·鲁路，拜访了英国国王爱德华三世。

鲁路拥有一颗“如豆粒般大小”的贵重药品，也就是前面说过的“哲学家之石”。他认为运用这种石头就可以将水银炼成黄金——当然，他也希望通过这种技术来提高自己的知名度。

爱德华三世让鲁路住进了伦敦塔，并让他在里面炼造黄金。据说，鲁路曾用水银、铁和铅制造出了17200万盎司的黄金。后来在爱德华三世与法国作战时，鲁路逃跑了，传说在鲁路制造黄金的房间的地板上，还留有許多金粉。

以上便是有关炼金术的传说。但不得不说的是，人们在热衷于炼金术的同时，也发现了很多化学药品，认识了许多物质的化学性质。

12世纪时，人们发现了制造酒精的方法；13世纪时，发现了制造硫酸和硝酸的方法。这些发现对加热、溶解、过滤、蒸馏等化学技术的发展起到了极大的推动作用。现在，在化学实验中常用的烧杯、烧瓶、试管和玻璃棒等工具，都是炼金术的产物。

因此，虽然炼金术不能制造黄金，却被称为“近代化学的大智慧”。

# 原子到底有多小

[俄国] 尼查耶夫

由碳和氢这两种元素可以组成几千几万种化合物。我们把这些只含碳、氢的化合物统称为碳氢化合物。而不同种类的碳氢化合物之间的差异则是由分子中碳和氢的数量以及它们之间的连接方式造成的。

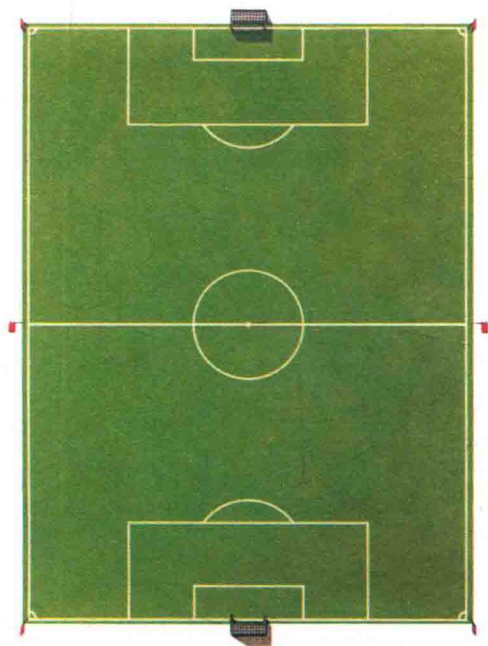
任何碳氢化合物或者其他化合物要想被肉眼观察清楚或被称出重量，就必须有几千兆个分子聚集在一起。因为原子特别小，它的直径只有一亿分之几厘米。原子内部的原子核更是小之又小，直径还不足原子的万分之一。

如果我们把一个碳原子看作一个足球场，那么电子就是观众席上四处乱飞的苍蝇，而原子核就相当于足球场中心的足球。原子核的质量是所有电子总质量的几千倍，所以，宇宙中的所有物质99.9%的质量都集中在原子核上，而原子内部的大部分空间则是空空荡荡的。

用气体来探讨原子的质量可能会更易于理解，因为相同体积的气体所包含的分子数量是相同的。

把两个容积为1升的瓶子放在天平的两端，由于两端的瓶子里都装有1升的空气，所以天平是平衡的。

此时，如果将氢气从一个瓶子的下方缓缓注入，直到所有的空气都被赶



走，那么天平就会失去平衡，注满氢气的那边会上浮，盛满空气的那边则会下沉。这说明1升的空气要重于1升的氢气。

那么，在两边的瓶子里到底各有多少个分子呢？这个数字实在太大了，标准状况下，1升气体里竟含有 $2.687 \times 10^{22}$ 个分子。

要想计算原子的数量，还必须把分子的数量再加倍。因为氮气分子、氧气分子（空气的主要成分）和氢气分子都是由两个原子结合成一个分子的。

用相同体积的不同金属来比较质量，也可以反映出它们各自的原子质量。例如将镁、铁、铅、铀切割成相同的体积，并悬挂在强度相当的弹簧上，就可以从它们下垂的高度来判断各自的质量——高的轻，低的重。由此可以看出它们的质量是不同的，也就是说它们的原子质量是不同的。

以上只能大致说明原子质量的差异，并不能确切地表现原子质量的比率。测量固体的原子质量比测量气体的要困难得多，因为固体不同于气体，其相同体积内的原子数量并不一样。在相同体积的固体中，原子间的距离越近，原子数量就越多；原子间的距离越远，原子数量就越少。因此，固体的种类不同，同样体积内的原子数量也是不相同的。

元素周期表上标记着各种元素的原子量。所谓原子量，就是将碳-12的原子质量定为12，并以此作为标准而确定的其他各元素的原子质量。铀的原子量大约为238，铅为207，铁为56，镁为24，氢只有1。也就是说，铀原子的质量约为氢原子的238倍。元素周期表为我们提供了许多有价值的资料，原子量也是其中之一。



## 好奇千问

**问.** 一根 4 克的铁钉里含有多少个原子呢？

**答.** 已知一个铁原子的质量大约为  $9.3 \times 10^{-23}$  克，也就是 0.000000000000000000000093 克。铁钉为 4 克，则通过计算，可以得知这根铁钉所含的铁原子数量约为  $4 \times 10^{22}$  个。



# 原子内部的奥秘

[俄国] 尼查耶夫

原子的内部是怎样的一个微观世界？原子是不是最小的微粒？

1897年，一个叫汤姆生的英国科学家发现了电子。由此人们开始了对原子内部奥秘的探索，了解到原子不是最小的微粒，它还可以再分，并且具有十分复杂的内部结构。在原子内部，原子核位于中心位置，在原子核的周围旋转运动着若干个电子。这就好像缩小版的太阳系，带正电的原子核是太阳，而围绕着太阳作旋转运动的行星就是带负电的电子。只是在这个特殊的太阳系里，支配一切的不是万有引力，而是强大的电磁力。

原子核所带电量与核外电子所带电量相等，电性相反。所以，整个原子是不带电的。不同的原子，原子核所带的电荷数也是不相同的。

原子核在原子中只占有极小的一部分体积，它的半径大约是原子半径的万分之一，它的体积也只有原子体积的几千亿分之一。如果把原子看成是一座十层高的大厦，那么原子核就只有一颗樱桃那么大。所以，相对而言，原子内部有十分宽敞的空间来供电子作高速运动。

经过汤姆生、卢瑟福和波尔等人的反复研究，现在我们可以勾画出一幅这样的原子图像：原子核居于原子中央，电子围绕原子核高速旋转，形成一圈圈电子云。当电子的运动轨道发生改变时，原子就会吸收或发射光子。那么原子核又是由什么构成的呢？虽然原子核很小，但它的结构异常复杂。恰德威克、汤川、鲍威尔等通过研究，总结出：原子核是由中子、质子、介子、超子等构成的。

质子和中子的质量相差无几，而电子的质量却要小得多，只相当于质子质量的 $\frac{1}{1836}$ 。因此，整个原子的质量基本集中于原子核上。虽然质子和中子的质量相

同，但带电情况却不同：质子带正电荷，中子不带电荷。

1913年，英国科学家莫斯来对各元素的X射线进行了系统的研究。他利用一种叫作亚铁氰化钾的晶体，摄取了多种元素的X射线谱。他发现，在元素周期表中，随着元素的原子序数不断增大，相应X射线的波长则有规律地依次减小。由此他认为，元素周期表中的元素应该按照原子序数排列，而不是按照原子量排列，原子序数也就是原子的核电荷数。莫斯来的这个发现，首次将元素在元素周期表中的位置与原子结构科学地联系在了一起。

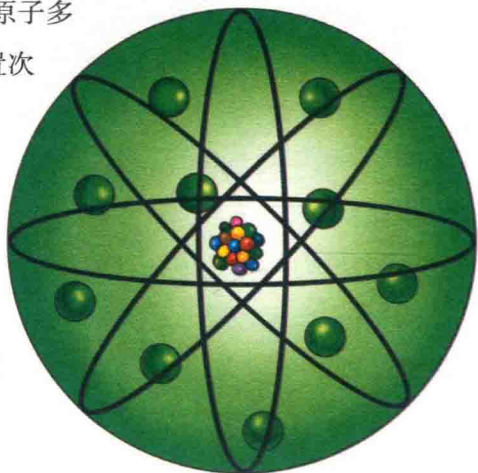
在质子和中子被发现之后，人们终于认识到，一个元素在元素周期表中的位置是由它原子核中的质子数决定的。例如，氢元素的原子核中只有1个质子，核外只有1个电子，它在元素周期表中排第1位；氦元素的原子核中有2个质子，核外有2个电子，它在元素周期表中排第2位……反之亦如此，元素周期表上排第几位的元素，其原子核里就一定有几个质子。

这个规律的发现也解开了元素周期表留下的几个未解之谜。

我们可以看到，在元素周期表上，氢和氦之间存在着很大一个空缺，这是否表示其中还有其他新元素？然而根据上面的发现，氢的质子数为1，氦的质子数为2，说明二者之间不可能存在其他新元素了。

另外，人们对元素周期表上某些元素的位置是否倒置存有疑问，新发现也同样为这个疑问作出了很好的解释。钾原子的质子数比氩原子多1，碘原子的质子数比碲原子多1，镍原子的质子数又比钴原子多1，因此，氩和钾、碲和碘、钴和镍的位置次序是完全正确的，并没有倒置。

但是，谜题并没有彻底揭开。因为大部分元素的原子量都是随着原子序数的增大、质子数的增多而增大的，但也有极少数的几对元素的原子量并不符合这个规律，相反，排在前面的元素原子量大，而排在后面的元素原子量小。



## 电子的“排兵布阵”

[俄国] 尼查耶夫

随着对原子核的探索不断深入，人们发现，同一种元素的原子核里，质子的数目往往是相同的，中子的数目却会有所不同。化学上把这种原子核内质子数相同而中子数不同的原子称为同位素。

元素周期表的1号元素氢，其同位素有三种：第一种是氢，它的原子核里只有1个质子，没有中子，叫作氕；第二种是重氢，它的原子核里有1个质子、1个中子，叫作氘；第三种是超重氢，它的原子核里有1个质子、2个中子，叫作氚。

氕、氘、氚的原子质量虽然存在差异，但它们的化学性质却几乎相同。氢的原子量就是人们算出的这三种原子相对原子质量的平均值。

大部分的元素有两种或两种以上的同位素，所以绝大多数元素的原子量都是其各种同位素的相对原子质量的平均值。

在自然界里，一般来说，元素的质子数大的，其原子量也大；质子数小的，其原子量也小。因此，在元素周期表里，大部分元素的原子量会随着质子数的增大而增大。可是，有的元素并没有遵循这一规律。这是因为它的质子数虽然较小，但它的几个同位素中较重的同位素占有较大的比例，因此几种同位素相对原子质量的平均值（该元素的原子量）就要大一些。同样，有的元素的质子数虽然较大，但因为较重的同位素占有的比例较小，结果这种元素的原子量反而要小一些。

比如说，氙的质子数是18，比钾的质子数19要小。但是在自然界里，氙的重同位素氙-40的相对原子质量为39.96，所占比例为99.60%；氙-38的相对原子质量为37.96，所占比例为0.06%；氙-36的相对原子质量为35.97，所占比例为0.34%。因此氙的三种同位素的相对原子质量的平均值为39.95。钾的质子数虽然

略大，但它的重同位素所占比例较小。钾-41的相对原子质量为40.96，所占比例为6.88%；钾-40的相对原子质量为39.96，所占比例为0.01%；钾-39的相对原子质量为38.96，所占比例为93.08%。因此钾的三种同位素的相对原子质量的平均值为39.10。

原子核的质子、中子结构以及同位素的发现，让元素周期表中氦和钾、碲和碘、钴和镍、钷和镨的位置排序之谜终于得到了彻底的解决。

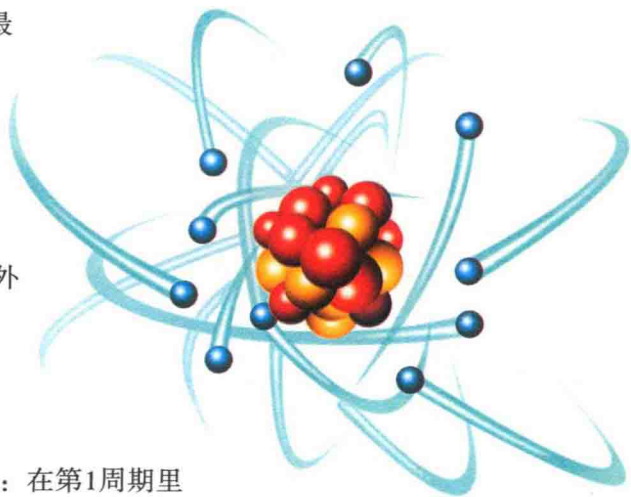
人们对核外电子进行了深入研究，发现电子分布在原子核外的不同层次里，围绕着原子核不停地进行高速运动，这些层次被称为能级或电子层。在一个含有多个电子的原子里，各个电子的能量是不同的。能量低的，一般在离核较近的轨道上运动；能量高的，一般在离核较远的轨道上运动。

目前已经发现的电子层共有7层。第1层，又叫K层，离核最近，能量最低；接下来按照由里往外的顺序，依次为第2（L）层、第3（M）层、第4（N）层、第5（O）层、第6（P）层、第7（Q）层。电子在核外进行分层运动，我们把这种分层运动叫作核外电子的分层排布。

人们发现，电子总是先尽量排布在能量最低的层次里，等一层排满之后，再由内而外，依次排布到能量较高的层次里。此外，核外电子的分层排布是有一定规律的，具体表现为：第一，各电子层最多可容纳的电子数目为 $2n^2$ （ $n$ 为电子层数）个。举例来说，第1层为2个电子，第2层为8个电子，第3层为18个电子，第4层为32个电子。第二，最外层电子数目不得超过8个，次外层电子数目不得超过18个，倒数第3层电子数目不得超过32个。

人们还发现，各元素核外电子的分层排布和元素周期表也有着十分紧密的内在联系。

先从横排（周期）来看：在第1周期里



只有氢、氦两种元素，氢原子的核外是1个电子，氦原子的核外是2个电子，都排布在各自的第1层上。由于第1层最多只能排布2个电子，所以，到氦为止，第1层就已经被填满，而第1周期也就只有这两种元素。

在第2周期里有从锂到氖的8个元素，它们的核外电子数从3逐渐增加到10。电子排布的情况为：第1层上都排满了2个电子，第二层上，从锂到氖依次排了1到8个电子。第2周期就此结束。

.....

再从竖列（族）来看：第1主族共有7个元素，分别为氢、锂、钠、钾、铷、铯、钫。这7个元素的共同点是最外层上只有一个电子，而它们的核外电子数和电子分布的层数却是不同的。氢的核外只有1个电子，在第1层上排布着；锂有2个电子层，在第2层上排有1个电子；钠有3个电子层，在第3层上排有1个电子……钫有7个电子层，在第7层上排有1个电子。第1主族这7个元素原子的最外层都只有1个电子，而在化学反应中，一般只有最外层的电子发生变化。因为它们最外层的电子数是相同的，所以它们反映出的化学性质也很相似。

其他主族的元素也同样如此。第2主族各元素的最外层都有2个电子，第3主族各元素的最外层都有3个电子……

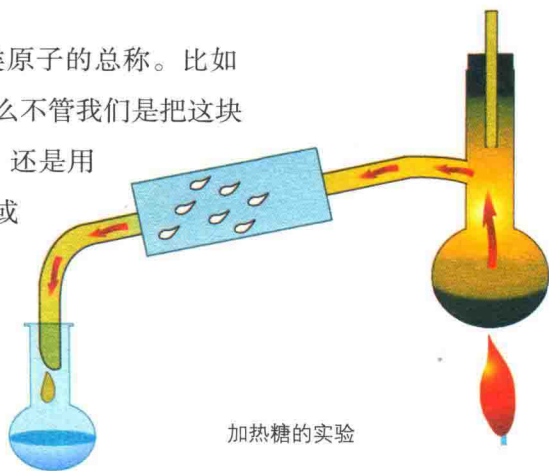
我们还可以从惰性气体元素、金属元素、非金属元素这三类来分析这一规律。惰性气体元素原子的最外层电子数都已达到饱和（氦为2个电子，其余为8个电子），这样的电子结构是一种十分稳定的结构。所以，惰性气体元素的化学性质也比较稳定，一般不与其他物质发生化学反应。而像钠、镁、钾、铝等金属元素，其原子的最外层电子数通常都不足4个，在化学反应中，最外层电子容易失去而使次外层成为最外层，以达到8个电子的稳定结构。再如氟、氯、硫、磷等非金属元素，原子的最外层电子数通常超过4个，在化学反应中，它们容易获得电子，从而使最外层形成8个电子的稳定结构。

根据原子核外的电子排布规律，人们对元素周期律作出理论上的解释。原来，核外电子数会随着核电荷数的增加而增加，而随着核外电子数的增加，电子排布会呈现周期性的变化。这就是为什么元素的性质会随着原子序数的增加而呈现出周期性变化了。

〔俄国〕尼查耶夫

# 元素与化合物

元素是具有相同核电荷数的一类原子的总称。比如说，铋的金属块中只含有铋原子，那么不管我们是把这块金属锯成两半，是用铁锤把它砸碎，还是用锉刀把它锉成粉末，它依然是铋。又或者我们把它加热，让它熔化成液体，然后继续升高温度，让它沸腾，并成为气体蒸发掉，但铋还是铋，不可能成为其他元素。



加热糖的实验

大多数原子会和其他原子结合成分子。有些元素的原子可以跟同种元素的原子结合，这样形成的物质叫单质，例如，两个氧原子能结合成一个氧分子。有些元素的原子可以跟其他元素的一个或多个原子结合，构成一个分子，这样形成的物质称作化合物。

化合物具有一个十分特别的性质，那就是当某种元素和其他种类的元素结合之后，形成的化合物会失去原来元素的特征，也就是说无法再看出化合物里含有哪些元素了。

举例来说，氢气是一种极易燃烧的气体，与氧气结合就会变成水。氢气和水的性质差别有多大，不用解释大家也知道了吧。再比如说，氯和钠本来都是有毒的物质，可是两者结合之后竟能成为我们日常食用的盐！

和盐一样，糖也是我们在日常生活中比较熟悉的一种化合物，糖分子比较容易遭到破坏。只要将糖放进蒸馏瓶里稍稍一加热，糖分子就会开始分解了。蒸馏

瓶瓶底那些黑黑的物质说明糖分子里含有碳。随后构成糖的其他原子会重新结合并开始蒸发，在瓶壁上凝结成一种无色的液体，这种液体就是水。再把这些水放进电解装置，通上电，水分子就会被分解成氧气和氢气，瞬间飞散而去。

由此得知，糖是由碳、氧、氢这三种元素组成的。一个糖分子里面含有12个碳原子、22个氢原子和11个氧原子，所以糖的化学式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。

放到蒸馏瓶里加热的糖分子数量足有数百万兆个，我们可以想象一下，在这些分子身上到底发生了哪些变化。但是在想象之前，我们需要先做个模型。

做模型时，我们可以用黑色的珠子表示碳原子、白色的珠子表示氢原子、灰色的珠子表示氧原子，珠子与珠子之间的连接表示化学键，也就是结合各个原子的手臂。

当然，这个模型并不能代表糖分子的真实形态，我们做它的目的仅在于表示原子在分子中的排列形式。

将糖加热，糖分子便会分解。12个碳原子会沉到瓶底，22个氢原子和11个氧原子会结合成11个水分子。用化学方程式来表示这个现象就是： $C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\Delta} 12C + 11H_2O$ 。也就是说，一个糖分子被分解成了12个碳原子和11个水分子。再对水分子进行分解，就会得到22个氢原子和11个氧原子。

