



中吉联合



物质构成的化学

MAGICAL
CHEMISTRY

化学的 发展历程

这是一本介绍人类探索化学之路方面的科普类图书。化学对我们认识和利用物质具有重要的作用，本书从人类认识化学、探索和发展方面着手，采用图文并茂的方式，向广大青少年读者展示了一个全新的化学世界。

徐东梅◎编著



中国出版集团



现代出版社



物质构成的化学

MAGICAL
CHEMISTRY

化学的

发展历程

徐东梅◎编著

常州大学图书馆
藏书章



中国出版集团
现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学的发展历程 / 徐东梅编著. —北京: 现代出版社, 2012. 12

(物质构成的化学)

ISBN 978 - 7 - 5143 - 0975 - 1

I. ①化… II. ①徐… III. ①化学史 - 世界 - 青年读物 ②化学史 - 世界 - 少年读物 IV. ①O6 - 091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 275552 号

化学的发展历程

- | | |
|------|-------------------------------------|
| 编 著 | 徐东梅 |
| 责任编辑 | 李 鹏 |
| 出版发行 | 现代出版社 |
| 地 址 | 北京市安定门外安华里 504 号 |
| 邮政编码 | 100011 |
| 电 话 | 010 - 64267325 010 - 64245264 (兼传真) |
| 网 址 | www. xdcbs. com |
| 电子信箱 | xiandai@ cnpitc. com. cn |
| 印 刷 | 北京中振源印务有限公司 |
| 开 本 | 710mm × 1000mm 1/16 |
| 印 张 | 12 |
| 版 次 | 2013 年 3 月第 1 版 2014 年 1 月第 2 次印刷 |
| 书 号 | ISBN 978 - 7 - 5143 - 0975 - 1 |
| 定 价 | 29. 80 元 |
-

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载



前 言

早在几百万年以前，化学便与人类结下了不解之缘。当时，人类还过着极其简单的原始生活，靠生肉和野果为生。后来人类逐渐接触火并认识到火可以带来光明、取暖御寒、烧烤食物、驱走野兽。于是，我们的祖先便从野火中引来火种，并努力维持火种，使它为人类服务。

后来在漫长的岁月中，人们又学会了摩擦生火和钻木取火，这些发明是人类历史上一件划时代的大事。自从发明了人工取火，人类就得到了用火的自由。火使人类可以实现许多有用物质的变化：在熊熊的烈火中，可使黏土、砂土、瓷土烧制成可用的陶瓷和玻璃，也可使矿石放在火中烧炼出有用的金属。

无论是烧制陶器，还是冶炼青铜器和铁器，对今天的人们来说，都可以划到无机化学一类。无机化学是除碳氢化合物及其衍生物外，对所有元素及其化合物的性质和它们的反应进行实验研究和理论解释的科学，是化学学科中发展最早的一个分支学科。

但无机化学反应只是化学反应中的冰山一角，化学反应主要以有机为主。有机化学又称为碳化合物的化学，是研究有机化合物的结构、性质、制备的学科，是化学中极重要的一个分支。

在有机化学发展的初期，有机化学主要研究从动、植物体中分离有机化合物，有机化学工业的主要原料也是动、植物体。19 世纪中到 20 世纪初，有机化学工业逐渐变为以煤焦油为主要原料。30 年代以后，以乙烯为原料的有机合成兴起。40 年代前后，有机化学工业的原料又逐渐转变为以石油和天



然气为主，发展了合成橡胶、合成塑料和合成纤维工业。另外同时发展起来的高分子化学，如聚乙烯、聚氯乙烯等，也对人类的生产生活产生了极大的影响。

另外，生命的本质和如何有效地加以保护是人类很关心的一个问题。由于一切生命过程说到底是靠化学反应来完成的，因此，恰当地运用化学正是调节生命活动和提高人体素质的重要手段。所以，随着化学技术的发展，生物化学越来越引起人们的关注和热情，现在已能从分子水平研究生命物质和生物的遗传与变异问题。

至今为止，化学的发展进入了一个高新技术阶段，化学处于材料化学、生命化学、环境化学、绿色化学等新兴交叉学科的中心地位，化学的原理和研究方法广泛应用于社会生产生活中，成为社会生产、国民经济、国防建设不可或缺的因素。但在当今社会中，仍然存在许多诸如食品不安全、环境污染、温室效应等一系列问题，其归根结底是由人类不正确使用科技成果或使用不成熟的科技成果造成的，这些需要化学工作者进一步去解决，这也是化学发展的一个未来走向。

化学作为科学的重要组成部分，我们不仅要深入研究其领域的知识，也应该了解其发展历程。为此，我们编写了这本《化学的发展历程》一书，书中内容深入浅出，通俗易懂，脉络清晰，观点客观，集知识性、技术性、实用性、趣味性于一体，并配有内容贴切的精美图片，目的在于为化学史提供一个简明而权威的综述，以利于读者对化学史产生整体的印象。

当然，由于编者水平有限，书中难免出现错讹之处，敬请读者朋友批评指正。



目 录

化学物质探索历程

元素与元素周期律	1
探索水的组成	5
迥异的碳氧化合物	8
氢化物的认识	13
多彩的卤化物	18
硫酸盐的研究	24
广泛存在的硅酸盐	29
罕见的稀有气体化合物	32
多种多样的链烃	36
高分子化合物的含义	42

无机化学工业发展历程

玻璃的发明	45
水泥的出现	49
硫酸的制取	52
合成氨与硝酸制取	58
苛性碱和盐酸的制取	63
纯碱工业的发展	67
火柴的发明	71



照片洗印的历史	77
---------------	----

有机化学工业发展历程

煤的深加工	84
石油效用的三次发现	88
洗涤用品的发展	94
天然橡胶的硫化	99
人造橡胶的发展	104
聚乙烯与聚丙烯的产生	109
塑料早期的产品	113
形形色色的塑料	118
人造纤维问世	123
合成纤维的诞生	128

生物化学发展历程

蛋白质和氨基酸	135
酶的认识与研究	142
碳水化合物的认识	145
油脂和脂肪酸的研究	150
多种多样的苷	153
激素的探索	156
探秘核酸和 DNA	161
嘌呤的发现	166
叶子中的不同色素	169
复杂的植物碱	172
动物体中的有机酸碱	181

化学物质探索历程

>>>>>

从开始用火的原始社会，到使用各种人造物质的现代社会，人类都在享用化学成果。人类的生活能够不断提高和改善，化学的贡献在其中起了重要的作用。化学是研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的科学。

化学物质是化学运动的物质承担者，也是化学科学研究的物质客体。这种物质客体虽然从化学对象来看只是以物质分子为代表，然而从化学内容来看则具有多种多样的形式，涉及到许许多多的物质。世界是由物质组成的，化学则是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一，所以，对物质化学性质的探索，是研究化学的基础。

元素与元素周期律

18 世纪，在拉瓦锡的化学教科书中已经出现了第一张元素表，19 世纪初由于引入原子量的概念，化学家们把主要注意力集中在确定各元素原子量之间相互关系的规律上。到 19 世纪中叶以后，人类已经发现了 60 多种化学元素。

如何才能把这些杂乱无章的化学元素理出个头绪来呢？最早研究化学元



素分类的是德贝莱纳，他注意到每三种相似的化学元素可列为一类，同类中居中的元素的原子量约为其他两种元素原子量的平均数，且性质也介于两种元素的性质之间。这个发现是周期律发现的先导。

1865年英国人纽兰兹把62个元素的原子量按递增顺序排列，发现每第八个元素性质与第一个元素性质相近，因此把它称为八音律。

八音律表揭示了元素化学性质周期性的重要特征。它的缺点是没有考虑到原子量测定值会有错误，也没有估计到还有未发现元素的存在而留出空位，只是机械地按原子量大小将元素排列起来，这样就难于把事物内在规律揭示出来。

当时许多英国化学家对纽兰兹的八音律持怀疑态度，有人甚至嘲笑地问他是否曾按照元素名称第一个字母的顺序排列过。他的论文也未能在英国化学杂志上发表，经过这番打击，纽兰兹便放弃了化学研究而去制糖了。

对周期律进一步做出贡献的是德国化学家迈尔。他与门捷列夫并列，同为周期律的创始人。迈尔把56种化学元素列成一个表，表中分主副两组，同时他又以原子量和原子体积为坐标轴，描绘出一条曲线，这条曲线呈现出6个波峰和波谷，已经很明显地体现出化学元素的周期性，可惜迈尔没有做出详细说明。

门捷列夫1834年2月7日生于西伯利亚的托波尔斯克。在担任彼得堡大学教授时，为了讲好无机化学课，他研究了世界上各种介绍化学元素的资料，对当时已知的63种化学元素的原子量、物理和化学性质都有详细的了解。他把元素的名称、化学式、原子量、化学性质、物理性质以及主要化合物都写得清清楚楚，每个元素写一张卡片，这样只要拿起一张，该元素的一切情况就可一目了然。

后来，门捷列夫按原子量递增顺序把所有元素排成几行，再把各行中性质相似的元素上下对起来，这时各种元素之间的联系就表现出来了。元素排成了纵横交错的行列，每一横行元素也随着原子量的增大而呈现出有规律的变化。有些元素原子量和它们的性质不符，他大胆地修订了当时测错的原子量；有些元素之间性质差别太大，他便大胆地预言可能是尚未发现的化学元素，并为这些元素留下空位。他在金属锌和非金属砷之间留下两个空位，分别把这两种未发现元素起名类铝和类硅；在钙、钛之间留了一个空位，起名叫类硼。

所有这一切都是在 1869 年 3 月 1 日完成的，即所谓“伟大的一天”。门捷列夫认为，他预言中的元素只要有一种能被发现，就是周期律的伟大胜利。

门捷列夫用周期律预言的 3 种元素，在他活着的时候就都一一被发现了。首先是法国化学家布瓦萨德朗在 1874 年 2 月从闪锌矿中利用光谱法发现了预言的类铝，为纪念他的祖国而把这一新元素定名为镓。

过了一年，门捷列夫才在《科学报告》中读到布瓦萨德朗关于发现镓的论文。他确信这就是他所预言的类铝，并写信给布瓦萨德朗，指出镓的密度测错了，不是 4.7 而是 5.9。布瓦萨德朗十分吃惊，因为他知道除了他自己别人连见都没见过镓是什么样子，门捷列夫怎么知道它的密度测错了呢？经重新测量，证实门捷列夫是对的，镓的密度是 5.94。

由于镓的发现，周期律也得到科学家们的普遍重视。没过多久，瑞典化学家尼尔松发现了门捷列夫预言的类硼，定名为钪。

门捷列夫预言的第三种元素类硅是在 1886 年被德国化学家文克勒发现的，为纪念自己的国家命名为锗。这三种新元素的发现使周期律获得了普遍的承认，可以说门捷列夫是周期律的创建者。

元素周期律的发现是一个重要的里程碑，它促使无机化学研究的兴起，并对整个化学的发展起了推动作用，为以后的化学发展指出了研究方向，激发了人们探索新元素的热情。但由于当时科学技术的局限，使得门捷列夫周期律也有一些不足，如周期表只能判断元素性质递变的大体走向，它只是一个粗略的近似规律。又如周



门捷列夫

期表是按元素原子量顺序排列的，门捷列夫还对个别元素原子量做了修订，但他当时还未认识到造成元素性质周期性变化的根本原因。



知识点

原子量

由于原子质量很小，采用千克作为质量单位，书写、记忆、计算和使用都不方便。因此国际上采用原子的相对质量，即相对原子质量来表示原子的质量。

某原子的质量与 C_{12} 质量的 $1/12$ 的比值称为该原子的原子量，又称相对原子质量，单位为 1。

由于大多数元素是由两种或两种以上的同位素构成的，因此元素周期表上的原子量是按各同位素所占百分比求得的平均值，或称平均原子量。



延伸阅读

解读元素周期律

结合元素周期表，元素周期律可以表述为：

在同一周期中，元素的金属性从左到右递减，非金属性从左到右递增；

在同一族中，元素的金属性从上到下递增，非金属性从上到下递减；

同一周期中，元素的最高正化合价从左到右递增（没有正价的除外），最低负化合价从左到右递增；

同一族的元素性质相近；

同一周期中，原子半径随着原子序数的增加而减小；

同一族中，原子半径随着原子序数的增加而增大；

如果粒子的电子构型相同，则阴离子的半径比阳离子大，且半径随着电荷数的增加而减小。

注意：以上规律不适用于稀有气体。

此外还有一些对元素金属性、非金属性的判断依据，可以作为元素周期

律的补充:

元素单质的还原性越强,金属性就越强;单质氧化性越强,非金属性就越强。

元素的最高价氧化物的水化物的碱性越强,元素金属性就越强;最高价氧化物的水化物的酸性越强,元素非金属性就越强。

元素的气态氢化物越稳定,非金属性越强。

还有一些根据元素周期律得出的结论:

元素的金属性越强,其第一电离能就越小;非金属性越强,其第一电子亲和能就越大。

探索水的组成

人类从原始社会开始就是逐水草而居,没有水人类不能生存。

在很长一个时期里,人们把水看作一个单一的、不可再分的、组成万物的“元素”。公元前403—前221年我国战国时代的著述《管子》中说:“水者,地之血气……集于天地,而藏于万物,产于金石,集于诸生……万物莫不以生。”公元前6—前5世纪被尊为希腊七贤之一的唯物主义哲学家泰勒斯认为水是万物之母。公元前3世纪古希腊著名的哲学家亚里士多德提出水、火、土、气四元素说。最早出现在我国春秋末年的《尚书》中的五行:金、木、水、火、土,其中也有水。

17世纪,比利时医生赫尔蒙试图用实验证明水是真正的元素。他将称量过的柳树苗栽培在事先烘干并称量过的泥土瓦罐中,浇雨水或蒸馏水,并在瓦罐上覆盖有孔洞的铁板,防止其他物质进入瓦罐。5年后,他烘干并称量泥土,发现只相差约2盎司(英制重量单位,1盎司=28.349克),而柳树增加重量约164磅(1磅=0.454千克)。于是,他得出结论:柳树增加的重量只能是由水产生的。当时,他认识不到绿色植物还吸收空气中二氧化碳气体,在日光下进行光合作用,产生它们所需要的营养物质。

直到18世纪,氢气和氧气被发现后才使人们逐渐认识水。氧气是在1771—1774年先后被瑞典化学家谢勒和英国化学家普里斯特里制得的。氢气是在1776年被英国化学家卡文迪许发现的。



1776年,普利斯特里将氢气通入封闭的含有空气的球形瓶内燃烧,火焰熄灭后,发现整个瓶内好像充满了分散得很细的白色粉末物质,像是白色的雾,而留在瓶内的空气变得完全有害了。

法国化学家马凯在得知这一情况后决定进行实验,检验氢气燃烧后产生的究竟是粉末,还是雾。他将一白色瓷碟放置在平静燃烧的氢气火焰上,没有发现任何一般火焰燃烧后留下的炭黑,而是清澈湿润的小液珠,他确定这是真正的水。

1778年,马凯又将氢气预先通过氯化钙干燥后燃烧,以免误认为形成的水是由于氢气中含有的水蒸气的凝结。结果得到的水在 0°C 时结冰, 100°C 时沸腾,无色,无味。



拉瓦锡

1783年,法国化学家拉瓦锡仍以怀疑的心态进行了水的合成和分解的实验。他在后来发表的论文中说:如果水真是氢气和氧气的化合物,必须进行实验。他设计了合成水的实验装置。氧气是由氧化汞通过加热制得,氢气是由铁分解水制得的。结果水积聚在容器内壁,下落并沉积在容器底部。

拉瓦锡设计分解水的实验是将铁屑放入一铁管中,加热铁管,通入水蒸气,铁被氧化,水被分解,放出氢气。

1783年11月12日,拉瓦锡在法国科学院召开的会议上宣布:水不是一种元素,而是由氧气和氢气组成的化合物。

1800年4月意大利物理学家伏特用小银圆片和小锌片相间重叠成小堆,并用食盐水或稀酸浸透的厚纸片把各对圆片相互隔开,创造原始的电池——电堆,此事传到英国后,伦敦皇家艺术学院解剖学教授、外科医生卡里斯尔和东印度公司官员、土木工程师尼科尔森共同组装了一套电堆,进行电解水的实验,并在当年7月发表联名报告,说明电解水的结果是产生氢气和氧气,水是由氢气和氧气组成的。紧接着不少人进行了同样的实验,得到的结论相同。

不少人进行了水的质量组成分析。1786年拉瓦锡得出氢与氧的质量比是 $1:6.61$;1791年法国化学家富克鲁瓦和沃克兰共同得出 $1:6.17$;1803年英国

化学家、原子论创立者道尔顿得出 $1:5.66$ ；1842 年法国化学家杜马得出 $2:15.96 \pm 0.007$ 。

由于 19 世纪上半叶科学家对原子和分子的概念说法不一，原子量和分子量的测定各异，使得水的分子式写成 HO 、 H_2O_4 等等各式各样。直到 19 世纪 60 年代，水的分子式才逐渐被统一确定为 H_2O 。

知识点

分子式

分子式是用元素符号表示物质（单质、化合物）分子的组成及相对分子质量的化学式。有些物质确实由分子构成，在分子内原子间以共价键联结，而分子间以范德华力或氢键联结，这些物质就具有分子式。

分子式不仅表示了物质的组成，更重要的，它能表示物质的一个分子及其组成（分子中各元素原子的数目、分子量和各成分元素的质量比）。所以分子式比最简式的含义广。

延伸阅读

水与人体健康

水是生命的源泉。人对水的需要仅次于氧气。人如果不摄入某一种维生素或矿物质，也许还能继续活几周或带病活上若干年，但人如果没有水，却只能活几天。

人体细胞的重要成分是水，水占成人体重的 $60\%—70\%$ ，占儿童体重的 80% 以上。水有什么作用呢？

1. 水在细胞中主要是以游离态存在的，可以自由流动，加压易析出，易蒸发，称为自由水。它是细胞内良好的溶剂，成为各种代谢反应的介质。自由水在细胞中的含量越多，细胞代谢就越旺盛。一部分水和其他物质结合，不能自由流动，称为结合水。结合水含量越多，生物对不良环境的抗性就越



强，如：抗旱、抗寒等。

水摄入不足或水丢失过多，可引起体内失水，亦称为脱水。根据水与电解质丧失比例不同，分三种类型：

高渗性脱水：以水的丢失为主，电解质丢失相对较少。

低渗性脱水：以电解质丢失为主，水的丢失较少。

等渗性脱水：水和电解质按比例丢失，体液渗透压不变，临床上较为常见。

2. 人的各种生理活动都需要水，如水可溶解各种营养物质，脂肪和蛋白质等要成为悬浮于水中的胶体状态才能被吸收；水在血管、细胞之间川流不息，把氧气和营养物质运送到组织细胞，再把代谢废物排出体外，总之人的各种代谢和生理活动都离不开水。

3. 水在体温调节上有一定的作用。当人呼吸和出汗时都会排出一些水分。比如炎热季节，环境温度往往高于体温，人就靠出汗，使水分蒸发带走一部分热量来降低体温，使人免于中暑。而在天冷时，由于水贮备热量的潜力很大，人体不致因外界温度低而使体温发生明显的波动。

4. 水还是体内的润滑剂。它能滋润皮肤。皮肤缺水，就会变得干燥失去弹性，显得面容苍老。体内一些关节囊液、浆膜液可使器官之间免于摩擦受损，且能转动灵活。眼泪、唾液也都是相应器官的润滑剂。

迥异的碳氧化合物

空气中二氧化碳的含量大约占整个空气体积的 0.03%。一方面，它们来自人和动物的呼吸、煤和各种含碳化合物的燃烧、动植物遗体的腐烂以及火山爆发；另一方面，绿色植物在日光下进行光合作用时需要从空气中吸收很多二氧化碳。这样就使空气中二氧化碳能够经常保持一定的量。

但是，由于它无色、无味，和空气中的其他成分混杂在一起，来无影去无踪，所以一般人们不易认识它。不过，它总还是能在一些地方显露出来，如它在深井或深洞里聚集着，在许多矿泉水中冒出来，在酿酒的过程中产生。

在意大利那不勒斯附近有一个洞穴，叫狗洞，当人领着狗进入洞穴时，

狗很快就晕倒了，人却安然无恙，但当人弯下腰去救自己的狗时，人也头晕了。在德国威斯特法伦州有一片稻泽，人在那儿走动没有关系，但鸟儿飞到沼泽地面寻食时，却会倒下死掉。这都是由于二氧化碳气体密度比空气大，大量聚集，沉积在洞底、地面上的缘故。这都是人们在认清它后才知的事。

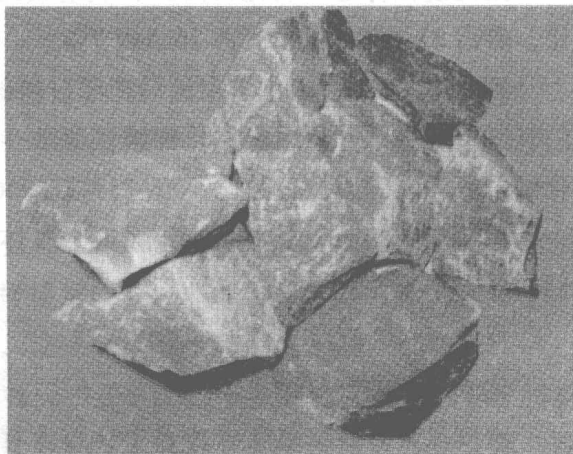
人们认清它首先从认识气体开始。

1644 年比利时医生赫尔蒙发表的著述中叙述到酿酒过程中有一种气体产生，并且认识到把酸滴到贝壳上或是木炭在燃烧时，也会有气体产生。他创造“气体”一词。我们曾音译成“嘎斯”，日本译成“瓦斯”。

赫尔蒙列举了 15 种气体，实际上有些是相同的，有些也不知它指的是什么。例如“成风气”，看来是指空气；“野气”是指树林中的气体；他把燃烧木炭和其他可燃物质燃烧产生的气体称为“炭气”，这是指二氧化碳。他讲述了一次燃烧木炭产生的气体几乎使他中毒。这或者是由于产生的二氧化碳气体浓度太大，使他窒息，或者是由于产生一氧化碳气体使他中毒。当然，他当时是认识不到二氧化碳和一氧化碳的。

最早收集二氧化碳气体的可能是法国蒙彼利埃的化学教授维勒尔。1750 年他在法国科学院的一篇报告中讲到矿泉水中含有一定量的“普通空气”，将它收集在一个湿润的皮囊中，称它为极丰富的空气。他还把用天然碳酸钠和盐酸制成的气体通入水中制成人造矿泉水，称它为充气的水。

到 18 世纪中叶，英国化学家布拉克进行煅烧石灰石的实验，精确测定重量。他将 120 格令（英国重量最小单位，1 格令 = 0.065 克）石灰石煅烧后生成 68 格令生石灰，重量减少了 52 格令。他认为失去的重量是一种气体，因为石灰石在煅烧后，除了生石灰外，没有



石灰石

留下任何其他物质。他又用实验证明生石灰的水溶液吸收了空气中的一部分气体，又重新变成石灰石，说明煅烧石灰石失去的气体存在于空气中。他又



将含有碳酸镁的菱镁矿煅烧，放出的气体和煅烧石灰石时所产生的气体相同。这种气体又正和石灰石以及菱镁矿在与酸作用时所放出的气体是同一气体。

布拉克研究了这一气体，发现它和人们呼出的以及物体燃烧时生成的气体也是同一气体。他认为这种气体原先是固定在石灰石和菱镁矿中，就把它称为“固定空气”。

1756年，布拉克以《关于菱镁矿、石灰石和其他碱性物质的实验》为题，发表了实验结果和论点。从此，二氧化碳被称为固定空气。

1774年，瑞典化学家柏格曼发表关于《研究固定空气》的长篇论说，叙述他测定二氧化碳的密度、在水中的溶解性、对石蕊的作用、被碱吸收的状况、在空气中的存在、水溶液对金属锌、铁的溶解作用等，称它为酸气。

1778年，法国化学家富克鲁瓦发表论说，不同意将二氧化碳气体称为固定空气。他认为干燥的二氧化碳不被生石灰吸收，生石灰和二氧化碳必须有水才能结合，将二氧化碳又改称为白垩酸。

1787年，拉瓦锡在发表的论述中讲述将木炭放进氧气中燃烧后产生白垩酸，肯定了白垩酸是由碳和氧组成的，又将白垩酸改称碳酸。由于它是气体，于是二氧化碳被称为碳酸气，要知道它不是碳酸的气体状态。

拉瓦锡在肯定二氧化碳由碳和氧组成的同时，测定了它含碳和氧的质量比，碳占23.4503%，氧占76.5497%。

到1840年，法国化学家杜马把经过精确称量的含纯粹碳的石墨放进充足的氧气中燃烧，并且用氢氧化钾溶液吸收生成的二氧化碳气体，计算出二氧化碳中氧和碳的质量分数比：72.734:27.266。

用氧和碳的原子量16和12除这个气体中氧和碳的质量分数比，得出它们的原子个数比：

$$72.734/16:27.266/12=4.54:2.27$$

化成简单的整数比是2:1。

这就是说，在二氧化碳分子中，每含有1个碳原子，就必定含有2个氧原子。

但是，究竟有几个碳原子？或者说，究竟有几个氧原子？

这还要根据二氧化碳的分子量决定。

早在1811年意大利物理学家阿伏伽德罗就提出假说：在同一温度和压强