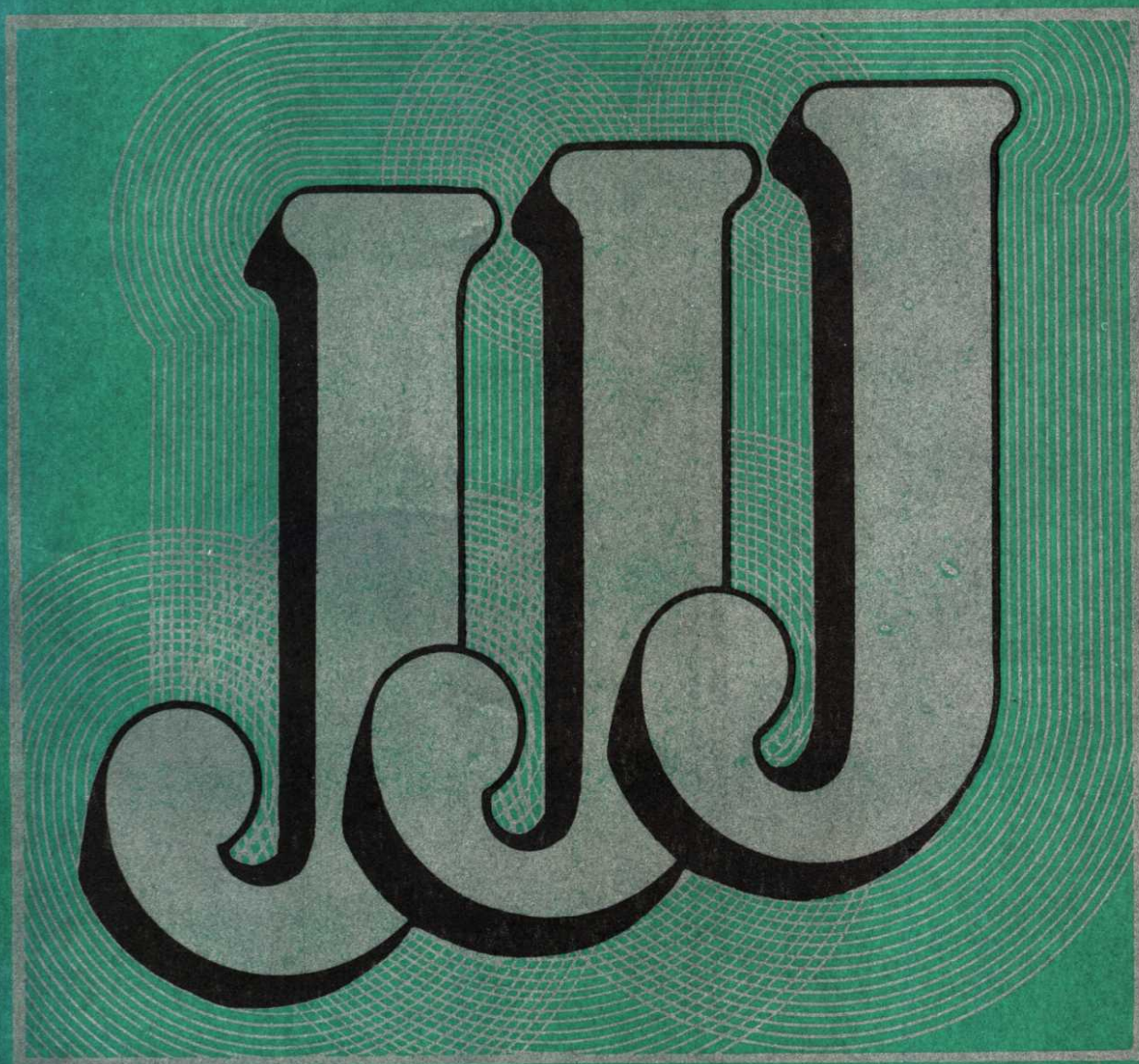


国家机械工业委员会统编

无机化学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI

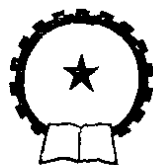


机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

无机化学

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

无机化学是初级工业化学分析工必须掌握的技术理论基础知识。全书共分五章，主要内容包括：化学的基本概念、原子结构和分子的形成、元素周期律和周期表、溶液和电离以及工业分析中主要的金属元素与非金属元素。

本书除了作为初级工业化学分析工的培训教材之外，还可供有关专业的中级技术学校及从事分析、化验的工作人员参考。

本书由国家机械工业委员会上海材料研究所曹基文、应勤、颜菊英编写，由上海材料研究所金碧丽和核工业部苏州阀门厂徐盘明审稿。

无机化学

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：吴天培 版式设计：罗文莉
封面设计：林胜利 方 芬 责任校对：熊天荣

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $5^{1/2}$ · 插页 1 · 字数 121 千字

1988年12月北京第一版 · 1988年12月北京第一次印刷

印数 00,001—13,500 · 定价：2.20 元

*

ISBN 7-111-01109-0/G·77

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材148种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

IV

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前言

第一章 化学基本概念	1
第一节 化学的一般知识	1
第二节 无机物的分类	18
第三节 酸碱盐氧化物的性质及它们之间的关系	20
第四节 摩尔	41
第五节 化学方程式	51
复习题	55
第二章 原子结构和分子的形成	57
第一节 原子结构	57
第二节 分子的形成	60
第三节 化合价	64
第四节 氧化还原及氧化还原反应方程式配平	68
复习题	72
第三章 元素周期律和周期表	74
第一节 元素周期律	74
第二节 周期表	78
复习题	83
第四章 溶液和电离	84
第一节 溶解度	84
第二节 溶液的浓度	87
第三节 电解质与非电解质、电离概念	96
第四节 碱类、酸类和盐类的电离	99
第五节 电离度、强电解质与弱电解质、pH值、缓冲溶液	102

VI

第六节 离子反应、离子方程式	109
第七节 盐的水解	113
第八节 离子积和溶度积	117
复习题	121
第五章 工业分析中主要的金属元素与非金属元素	124
第一节 金属元素	125
第二节 非金属元素	155
复习题	170

第一章 化学基本概念

第一节 化学的一般知识

一、什么是化学

我们周围的世界，是一个物质的世界。这些物质无时无刻不在变化着，人们把这些变化分成两大类：例如水结冰，水变成水蒸气，在这类变化中物质只改变了表面的状态，而其内在质地并没有改变，人们把这类变化叫做物理变化。在物理变化中没有新物质产生。冰溶化以后仍是水，水蒸气冷凝以后也仍然是水。还有一类变化，例如煤炭燃烧变成了二氧化碳气体，而且随便我们再用什么冷却等一般的办法也不可能再把二氧化碳气体变成煤炭了，这是因为它们是两种完全不同的物质，也就是说在这类变化中物质的成分、性质都发生了变化，产生了新的物质，我们把这类变化叫做化学变化。

化学就是一门研究物质的组成、结构、性质及其化学变化规律的科学。

无机化学的研究对象是无机物，它是其它化学，特别是分析化学的基础。

二、分子和分子论

为什么不同的物质具有不同的性质？为什么物质会发生物理变化和化学变化呢？要了解这些问题就必须懂得物质的内部结构。人们经过长期的实践，用无数的科学事实证明物质是由分子构成的。分子是能够独立存在并保持物质化学性

质的一种微粒。物质是由分子构成的理论，在科学上叫做分子论。

分子非常之小，水分子的直径大约是 $0.000,000,028$ cm。如果把它放大 1000 万倍，也不过只有绿豆那样大小。

我们把实验室氨水的瓶盖打开，就会闻到刺激性的氨味。一滴溶液滴在台子上一会儿就干了。卫生球（樟脑丸）放久了就会变小。产生这些现象的原因，是由于分子离开了原来的地方，向四面八方飞散。这说明分子是在不停地运动着的，而且温度升高时，分子的运动就加快。另外，人们可以把 6000 L 的氧气压缩到 40 L 的氧气钢瓶中贮存。这说明气体分子间具有很大的空隙，可以大大地压缩。

物质发生物理变化时，分子没有发生变化，所以仍是原来的物质。例如水加热变为水蒸气后，水分子本身没有改变，只是分子间的距离增大了，由液态变成了气态。物质在发生化学变化时，分子就发生了质变，变成了新物质的分子。例如碳酸氢铵受热分解成氨、二氧化碳和水，这后三种物质的分子与碳酸氢铵的分子完全不同，因此它们是不同的物质，当然也就具有不同的性质。

根据上述可以总结成以下几点：

（1）物质是由分子构成的，分子是能够独立存在并保持原物性质（化学性质）的一种微粒。

（2）同种物质的分子相同，因此性质也相同；不同物质的分子不同，因此性质也不同。

（3）构成物质的分子处于永恒的运动状态中。

（4）物质里分子和分子间是有间隙的。

以上四点就是分子论的主要内容。

三、原子、原子论以及原子—分子论

水在一定条件（例如通电）下分解成氧气和氢气，这一事实用分子论是很难理解的。

从分子论的观点来看，水是由水分子组成的，氧气是由氧分子组成的，氢气是由氢分子组成的。水分子与氧分子、氢分子是不同种类的分子，水分子怎么会在一定条件下变成氧分子和氢分子呢？

要解释这一事实，我们必须假定，水分子并不是构成物质的最小微粒，而它是由更小的微粒构成的。在水分解成氧气和氢气的过程中，水分子先分解成更小的微粒，然后这些更小的微粒再通过一定的结合，变成氧气和氢气。

我们的这个假定早已被科学实验所证明，这种组成分子的更小的微粒确实是存在的，人们把它叫做原子。原子是用化学方法不能再进行分割的最小微粒。

说明分子是由原子组成的理论，叫做原子论。

原子论和分子论并不抵触，原子论只是分子论的补充。把原子论和分子论综合起来，就成为说明物质结构的一个比较完整的理论，叫做原子—分子论。

原子—分子论的要点如下：

（1）物质是由分子构成的。

（2）分子是由更小的微粒——原子组成的。原子一般不保持原物的性质。

（3）分子、原子都处于永恒的运动状态中。

从原子—分子论的观点来看，水的分解反应十分容易理解：水分子是由氧原子和氢原子组成的（科学实验已证明 1 个水分子是由 1 个氧原子和 2 个氢原子结合而成），在通电的条件下，水分子分解成为氧原子和氢原子。每 2 个水分子

分解成4个氢原子和2个氧原子，接着4个氢原子又结合成2个氢分子，2个氧原子结合成1个氧分子。

从这里可以看到，当物质发生化学反应时，物质的分子发生变化，一般是变成了组成这种分子的原子，然后这些原子又重新结合起来，变成了新物质的分子，所以化学反应的本质，就是物质分子里的原子重新组合成另一些新的分子，从而产生了新物质。

由此也可以看出，在化学反应中，构成物质的分子是要发生变化的，但原子本身是不发生变化的，而仅仅是改变了组合方式。因此，在化学反应中，原子不能再分成更小的微粒。

四、元素和元素符号

1. 元素 原子—分子论告诉我们，物质是由分子组成的，分子又是由原子组成的。因此，自然界的一切物质，归根到底，都是由许许多多相同的或不同的原子通过一定的形式结合起来的。

在化学里，把性质相同的、同一种类的原子，叫做元素。元素就是同种原子的总称。

例如，氢元素就是性质相同的许多氢原子的总称；氧元素就是性质相同的许多氧原子的总称，等等。

元素代表原子的种类，而原子指的是一个个的微粒。元素与原子的个数无关，不论是1个氧原子或是很多个氧原子，都叫做氧元素。这就是说，原子是有“数量”意义的，而元素是没有“数量”意义的。

单质的分子是由相同的原子组成的，即单质是由一种元素组成的物质。

化合物的分子是由不同的原子组成的。因此，化合物是

由几种元素组成的物质。

元素和单质这两个名词有时容易混淆，但只要根据原子—分子论观点，就能正确地把这两个名词区分开来：

第一，元素是指一定种类的原子，是同种原子的总称；单质是指一定种类的分子（这种分子由相同的原子组成），是同种分子的总称。例如，氧元素是氧原子的总称，氧气（单质）则是氧分子的总称。

第二，化合物的分子是由不同元素的原子组成，而不是不同单质的分子组成。例如，水分子是由氢原子和氧原子所组成（而不是氢分子氧分子组成）。因此，我们只能说水是由氢氧两种元素组成的，而不能说水是由氢气和氧气两种单质组成的；同样道理，我们只能说水里含有氢元素（或氢原子）和氧元素（或氧原子），但不能说水里含有氢气（或氢分子）和氧气（或氧分子）。

现在我们已经知道的元素有 107 种。各种元素在自然界里分布的情况很不一致。地壳（包括大气层和水层）主要是由氧（49.13%）、硅（26.00%）、铝（7.45%）、铁（4.20%）、钙（3.25%）等元素所组成。在地球上含量最多的元素是氧（包括游离态和化合态的氧），以重量来说，它在地壳里几乎占到一半。

有些元素，例如，碳、氢、氮等，在自然界里含量虽然不多，但和人们的关系却十分密切。

前面讲过单质。单质又分金属和非金属。组成金属单质的元素叫金属元素，组成非金属单质的元素叫做非金属元素。

为了便于识别，金属元素的中文名称（除汞外）都用“金”字旁，非金属元素的中文名称有的用“气”字头（例

如氢、氧、氯等), 有的用“丿”旁 (例如溴), 有的用“石”字旁 (例如碳、磷、硫等), 分别表示它们组成的单质在通常情况下是气态、液态或固态。

2. 元素符号 在化学课程和化学工作中, 为了书写和运用上的方便, 采用一定的符号来表示各种元素, 这种符号就叫做元素符号。每种元素的符号通常用它的拉丁文原名的第一个字母 (要用大写) 表示。如氧元素用“O”表示, 碳元素用“C”表示。如果两种元素的拉丁文原名的第一个字母相同, 为了区别起见, 就再在它后面附加一个字母, 但第二个字母必须用小写。例如铜元素用Cu来表示, 钙元素用Ca来表示。书写元素符号时必须注意字母大写和小写的规定, 否则误写后就会代表另外一种意思。例如, Co是元素钴的符号, 如果把第二个字母误写成大写, 写成CO, 它就不代表钴元素, 而代表一个碳原子和一个氧原子所组成的化合物 (称为一氧化碳) 的分子。

元素符号除了代表元素以外, 还表示:

(1) 某元素的1个原子;

(2) 某元素的原子量。

例如, 元素符号O除代表氧元素外, 还代表1个氧原子和氧的原子量是16。2S代表2个硫原子, 3Fe代表3个铁原子。元素符号前面的系数, 是当原子不止1个时, 用来表示原子个数的。

在我们经常用的元素周期表上都标明了各元素的中文名称和它们的符号, 我们一定要把它们牢牢地记住。

五、原子量和分子式分子量

1. 原子量 尽管原子比分子更小, 比分子更难直接观察到, 但原子和分子一样也是真实存在着的。当然原子的质

量是极其微小的。例如：

1 个碳原子（指碳 12）的质量是
 $0.0000000000000000000000001994 \text{ g}$ 或 $1.994 \times 10^{-23} \text{ g}$ ，

1 个氧原子（指氧 16）的质量是
 $0.0000000000000000000000002657 \text{ g}$ 或 $2.657 \times 10^{-23} \text{ g}$ ，

1 个氢原子（指氢 1）的质量是
 $0.0000000000000000000000001673 \text{ g}$ 或 $1.673 \times 10^{-23} \text{ g}$ 。

从上面这些数字可以看出，原子的质量如果用“g”做单位来表示会感到非常不便，这是因为对原子的质量来说，克这个质量单位显得太大了。

其实在应用时无非也只须知道不同原子的相对质量。我们只要指定某一种原子，以它作为不同原子质量相互比较的标准。为此，在化学里，统一地把一种碳原子（指碳 12）的质量规定为 12，并以它的一个原子质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准。因此，

原子量就是以 1 个碳原子（指碳 12）质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准比较而得的相对质量。

这样，通过计算可以算出，氧原子的质量是碳原子质量的 $\frac{16}{12}$ ，因此氧的原子量是 16（也就是说，1 个氧原子的质量是 1 个碳原子质量的 $\frac{1}{12}$ 的 16 倍）。

通过计算也可以算出，氢原子的质量是碳原子质量的 $\frac{1}{12}$ ，因此氢的原子量是 1。

对于碳原子本身，它的原子量是 12。

由此可见，用相对质量表示所得的原子量都成了使用时很方便的数字。我们说原子量是“相对质量”，因为它是用

原子的质量来衡量原子的质量。既然是相对质量，那么原子量只是代表不同原子质量的比，所以它是没有单位的。

元素周期表中列出了各元素的原子量。应当说明的是，我们平常所说的某种元素的原子量，是按它的各种天然同位素原子所占的一定百分比算出来的平均值。这样一来有许多元素的原子量就不是整数而带有小数了。

2. 分子式 前面已经讲过，物质的分子是由原子组成的，原子可以用元素符号来表示。因此，利用元素符号，也可以表示物质的分子组成。

用元素符号来表明物质分子组成的式子叫做分子式。

每一种纯净物质都有固定不变的组成。因此，表示一种物质组成的分子式只能有一个。

化合物的分子是由不同种原子组成的。要书写化合物的分子式，首先必须知道化合物的组成，也就是这种化合物含有哪几种元素，以及这种化合物的每一个分子里的每种元素各有多少个原子。知道了这些以后（可以通过实验方法来测定），就可以把这些元素和表明每种元素的原子数目（表示的方法是在元素符号的右下角用一个小的数字注明）写出来，这样就得到了这种化合物的分子式。

例如，每个水分子里含有 2 个氢原子和 1 个氧原子，它的分子式应写成 H_2O ，读作 H—2—O。元素符号右下角没有标明数字的，就表示在所指分子里，这种元素只有 1 个原子。

每个硫酸分子里含有 2 个氢原子、1 个硫原子和 4 个氧原子，硫酸的分子式应写成 H_2SO_4 （读作 H—2—S—O—4）。

单质的分子是由同种原子组成的。某些单质的分子是由

单个原子组成的，叫做单原子分子。例如，氦气、氖气等惰性气体就是如此。氦原子的元素符号是 He，氦气的分子式也是 He；氖原子的元素符号是 Ne，氖气的分子式也是 Ne，等等。

还有些单质的分子是由 2 个相同的原子组成，例如，氧气的分子是由两个氧原子组成的，氮气的分子是由 2 个氮原子组成。这些分子叫双原子分子。书写这类单质分子式时，要在元素符号的右下角，注上一个较小的“2”字。如氧气的分子式是 O_2 ，氢气的分子式是 H_2 等等。

分子式有如下含义：

- (1) 表示某物质；
- (2) 表示某物质的一个分子；
- (3) 表示这种物质是由哪几种元素组成的；
- (4) 表示这种物质的一个分子里，含有各种原子的个数。

3. 分子量 我们知道分子是由原子组成的，分子式既然能表示出组成物质的分子中所含各原子的个数，那么，我们就可以根据这种分子中所有原子的质量（用原子量来表示），并把它们都加起来，计算出分子量。例如，二氧化碳的分子式是 CO_2 ，这表明二氧化碳的分子里含有 1 个碳原子和 2 个氧原子，我们把它们的原子量都加在一起，就得出了二氧化碳的分子量。即 $1 \times 12 + 2 \times 16 = 44$ 。由此也可以看出，分子式的含义，除了前边讲的几点之外，它还表示分子量。分子量就是组成这种分子的所有原子的原子量的总和。它和原子量一样，也是没有单位的。

4. 分子式的计算应用

- (1) 由分子式计算各种组成元素在化合物里的质量

比 根据化合物的分子式，可以算出1个分子里各元素的质量比。例如，二氧化碳的分子式是 CO_2 ，它表示每1个二氧化碳分子里含有1个碳原子和2个氧原子。从碳和氧的原子量可知，1个碳原子的质量为12，1个氧原子的质量为16。那么碳和氧在二氧化碳分子里的质量比应为：

$$(1 \times 12) : (2 \times 16) = 12 : 32 = 3 : 8$$

因为纯净物质是由同一种分子组成的，1个分子里各种元素的质量比，也一定就是这种化合物里各种元素的质量比。因此，在二氧化碳这种化合物里，碳、氧两种元素的质量比也是3:8。

(2) 由分子式计算化合物里各元素的质量百分比 元素在化合物里的质量百分比就是每100质量单位的化合物里所含这种元素的质量单位数，用符号%来表示。例如，已知在每100 g水里，含有氢元素11.12 g和氧元素88.88 g。氢、氧两元素在水里所占的质量百分比分别是11.12%和88.88%。

由化合物的分子量以及化合物的分子里所含各元素的质量(=原子个数×原子量)，可以求出它们的质量百分比。

例如，根据二氧化碳的分子式，可以求出它的分子量(用 M 表示)

$$M = 1 \times 12 + 2 \times 16 = 44$$

其中，所含碳元素的质量是 $1 \times 12 = 12$ ；所含氧元素的质量是 $2 \times 16 = 32$ 。

在100分质量的二氧化碳里所含碳元素的质量(假设为 x)和氧元素的质量(假设为 y)，可以通过下面的比例方法求得：