

同济大学试用教材

化 学

建筑材料系

一九七二·六

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

改革旧的教育制度，改革旧的教育方针和方法，是这场无产阶级文化大革命的一个极其重要的任务。

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适应的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

目 录

第一章	化学基本概念.....	1-1
第一节	物质及其化学运动.....	1-1
第二节	空气和水.....	1-3
第三节	分子和原子.....	1-6
第四节	元素和元素符号.....	1-9
第五节	分子式和化合价.....	1-11
第六节	化学方程式.....	1-17
第七节	原子结构的基本概念.....	1-20
第八节	化学键.....	1-24
第二章	溶液.....	2-1
第一节	溶液的概念.....	2-1
第二节	溶解和结晶.....	2-2
第三节	溶液的浓度.....	2-5
第四节	电解质溶液.....	2-6
第三章	碱、酸、盐和氧化物.....	3-1
第一节	烧碱和碱类.....	3-1
第二节	盐酸和酸类.....	3-3
第三节	中和反应.....	3-8
第四节	盐类.....	3-10
第五节	氧化物.....	3-16
小 结		3-17
第四章	元素周期律和周期表.....	4-1
第一节	元素周期律.....	4-1
第二节	元素周期表.....	4-2

第三节	核外电子分布的周期性和元素性质的递变规律...	4—3
第五章	有机及高分子化合物.....	5—1
第一节	有机化合物.....	5—1
第二节	高分子化合物.....	5—12

学生实验

实验一	基本操作.....	实 1
实验二	溶液及溶液的配制.....	实 5
实验三	酸的性质, 金属活动性.....	实 7
实验四	碱的性质和盐的性质.....	实 10

第一章 化学基本概念

第一节 物质及其化学运动

世界是由物质组成的。我们在日常生活中接触到的水、空气、粮食、棉布、食盐、钢铁等等都是物质。“物质是我们感觉到的客观实在。”(列宁)

一切物质都处于不断运动和变化之中。运动是物质的属性,没有运动的物质和没有物质的运动是同样地不可思议的。因此正如伟大领袖毛主席指出的:“人的认识物质,就是认识物质的运动形式。”物质的运动和变化是多种多样的。有的物质发生变化时,只有外形、状态等等的变化而没有变成其他新的物质,这种变化称为物理变化。例如水加热变成水汽,冷却到 0°C 时凝固成冰。水的状态发生了变化,但汽、水和冰仍是同一种物质;不过状态不同而已。大多数物质都可在一定条件下变成气体、液体或固体。金属不仅可以加热熔化,也可以变成气体;空气可以冷却成液体,也可变为固体。这些都是物理变化。有的物质变化以后变成新的物质,这种变化就叫化学变化。例如把金属镁条点燃,发出热量和耀眼的光,并生成一种与镁不同的白色的物质(氧化镁),如图1所示。又如把糖放在试管内加热,开始时糖受热熔化,然后逐渐焦化最后变成黑色的碳(见图2)。在这些化学变化中原来的物质都变成了新的其他物质,同时一般地说化学变化过程中总伴随着物理变化。

物质所具备的特征称为物质的性质。例如糖是白色的固体,有甜味,能溶于水,加热时熔化最后能

变成炭等等。其中有些性质要在发生化学变化时才表现出来的,如加热后能变成炭,这类性质称为化学性质。反之有些性质不必通过化学变化就能知道的,叫做物理性质。

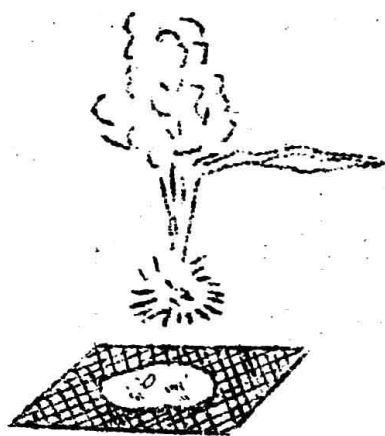


图1 镁条的燃烧

如物质的色、嗅、味，状态，熔点，沸点等等。

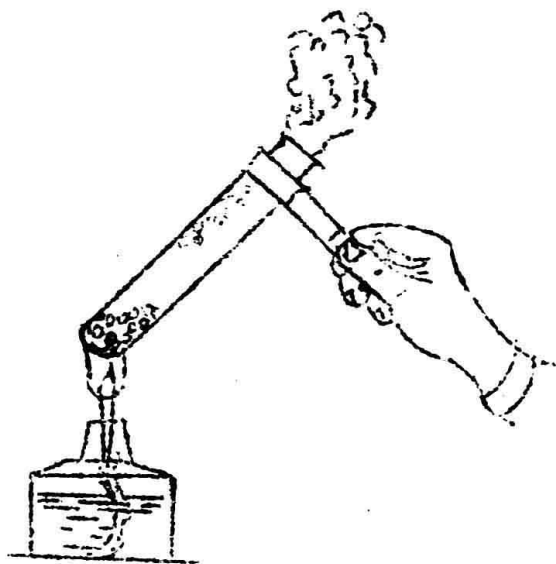


图 2 糖加热时变成炭

毛主席说：“自然科学是人们争取自由的一种武装。”化学则是研究物质的组成、结构，性质和化学变化及其规律的一门自然科学。它是我们利用自然，改造自然，为社会主义革命和建设服务的有力武器。

化学在国民经济中起着日益重要的作用。在工农业生产的各个部门中，几乎没有一个部门可以脱离化学。因此学习化学知识对于三大革命的实践是很有必要的。化学为工农业提供了大量的产品，如化肥、农药、水泥、医药、炸药、合成纤维、塑料、橡胶等等。

毛主席教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律的认识去能动地改造世界。”

我们学习化学的目的是了解化学的一些基本概念和基本知识，从而更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

练 习

1. 什么叫物理变化和化学变化？下列现象中什么是物理变化，什么是化学变化？

(1)牛奶中分出油脂；(2)木柴变成木炭；(3)铜器上生出一层绿色物质。

2. 什么叫物质的物理性质和化学性质？

第二节 空气和水

毛主席教导我们：“人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。”空气和水是对我们每个人都不可缺少的两种物质，因此我们先来了解它们组成和某些性质。

一、空气

人类在长期的生产斗争和科学实验中，逐步认识到空气是由多种气体组成的混和物。在一般情况下，对于干燥空气而言，按体积百分比计算，空气的组成大致为：

氧气	21 %
氮气	78 %
惰性气体	0.94 %
二氧化碳	0.03 %
其他气体和杂质	0.03 %

下列实验可以说明空气的组成。如图3所示，在燃烧匙里盛少量红磷点火使它燃着，立刻放入玻璃钟罩里。并用塞子把钟罩塞紧。燃烧停止后，由于生成的五氧化二磷溶于水，钟罩里的水面就上升占据了钟罩容积的 $\frac{1}{5}$ （图3 II）。然后往水槽里倒水，使钟罩内外水面相平。打开塞子，用燃着的木条伸入钟罩，火焰立即熄灭。这说明空气中 $\frac{4}{5}$ 是不支持燃烧的氮气， $\frac{1}{5}$ 是支持燃烧的氧气。

把空气冷却到很低的温度（ -190°C 以下）时，空气就变为液体。使液体蒸发就可以分别得到氮气、氧气和惰性气体，工业上用空气分离的方法来生产氧气和惰性气体。如上海吴淞化工厂仅一台制氧机，每小时可生产6000立方米的纯氧。

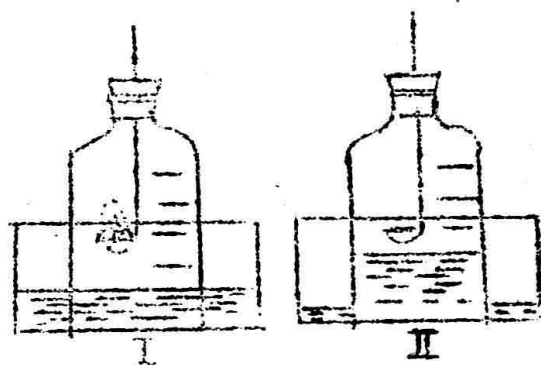


图 3 用磷燃烧测定空气的成份

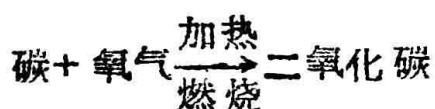
氮气是一种没有颜色、没有气味的气体。它不能维持燃烧，比空气轻。

惰性气体包括氦、氖、氩、氪、氙等气体，由于它性质十分稳定，和所有的物质都难于起反应，因此称为“惰性气体”。惰性气体有广泛的用途，如氖和氩可制备各种颜色的霓虹灯，氪和氙用于制造氙灯（小太阳）和氪灯。氦气可用以充灌灯泡。

氧气也是一种没有颜色，没有气味，没有味道的气体，比空气略重。在一大气压， 0°C 时，它的密度是 1.43 克/升。氧气在 -183°C 时变成淡蓝色液体，到 -218°C 时变成淡蓝色固体。氧气能溶于水， 0°C 时，1 升水约溶解 4.9 毫升的氧。

氧气是一种活泼的气体，能与许多物质起反应，同时放出热和光。例如：

1. 将烧红的木炭，投入盛有氧气的集气瓶中，木炭立即剧烈燃烧发出白光（图 4）。燃烧停止后，立刻向瓶内倒进澄清的石灰水，石灰水变浑，说明瓶中生成了二氧化碳气体（二氧化碳气体和石灰水反应生成碳酸钙沉淀）。木炭燃烧的反应可以用下式表示：



2. 把弯成螺旋状的细铁丝，一端紧系一根火柴，点着火柴梗，立即放入盛有氧气的集气瓶中（瓶底预先放少量水，以防爆裂）。铁丝在氧气里剧烈燃烧，火星四射（图 5），并有黑色物质落到瓶底。这黑色物质是四氧化三铁。反应可用下式表示：



氧气能与许多物质发生反应并



图 4 木炭在氧气里燃烧



图 5 铁丝在氧气里燃烧

放出热量,这是氧气的一种重要性质。上列的反应是由两种物质互相反应,生成一种新的物质,这种反应叫做化合反应。物质与氧发生的化合反应也称为氧化反应。

二、水

水是自然界中分布最广的一种物质,在工农业生产和人们日常生活中都离不开它。

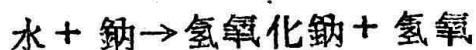
水的物理性质:纯净的水是无色、无味、无臭味的透明液体。在一个大气压下,水的冰点是 0°C , 沸点是 100°C , 水在 4°C 时密度最大。1公斤水的容积为1升,等于1000.027立方厘米。水在结冰时体积膨胀。水是优良的溶剂,能溶解许多物质。

水的化学性质:水在通电或高温条件下,可发生分解。如图6所示。在U形管中装满水(加几滴硫酸),将两电极连塞插入管中,塞紧后通电,电极上就出现小气泡,过一会U形管两边上端就被分解出的气体占有。电极接负极的一端占有的体积是另一端的一半,它能使熄着的木条着火,它是氧气。另一端的气体叫做氢气。这说明水电解后生成了氧气和氢气。



这种由一种物质生成两种或两种以上物质的化学反应叫做分解反应。

水还能与许多物质发生反应。例如水和金属钠反应能生成氢气和一种叫氢氧化钠的物质。



金属钠把水中的氢置换了出来。这个反应叫做置换反应。

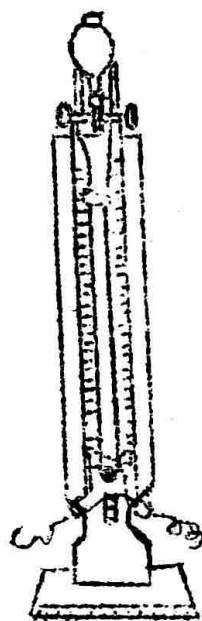


图 6 电解水的装置

第三节 分子和原子

毛主席教导我们：“感觉到了的东西，我们不能理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”上节中我们看到了一些物质的变化，如水电解变成氧气和氢气等，但这只是感性上的认识，感性认识有待于深化，我们应该深入地研究为什么会有这种变化，水是由什么组成的？物质是由什么构成的？

一、分子

人们经过长时期的实践，知道物质是由许多用肉眼看不见的极小的微粒构成的，这些微粒都在不断地运动着，而且彼此间保持着相当的间隔。无数事实都说明了这一点。湿的衣服会晾干，是由于看不见的水的微粒离开了湿衣服飞散到空气里去了；我们在相当远的地方就会闻到氨水或醋的气味，就是由于看不见的氨或醋的微粒不断地飞散出来进入我们的鼻腔的缘故；糖块溶于水消失，但水却具有甜味，也说明糖块变成很小的微粒分散到水中去了。这些例子都说明任何物质可以分割成许多极小的微粒，这种微粒仍具有原物质的化学性质，我们把它称为分子。但如果把分子进一步分割，那末得到的另一种微粒，就失去了原物质的化学性质。例如水能分割成无数个水分子，即水是由水分子构成的。但如果将水分子进一步分割，那末得到的微粒就会失去水的化学性质，变成另一种物质。前面的实验水的电解就是使水分子进一步分割，水分解为氧和氢。

分子是能够独立存在，并保持原物质的化学性质的最小微粒。一切物质都是由永恒运动着的、相互间具有间隔的分子构成的。这个理论叫做分子论。

分子既然看不见，那末它究竟是否存在呢？分子理论是不是正确呢？毛主席教导我们：“判定认识或理论之是否真理，不是依主观上觉得如何而定，而是依客观上社会实践的结果如何而定。”也就是说，任何理论，都不是凭空想出来，而是根据实践总结出来的。如果它能符合客观实践，能够反映、解释客观实践，它就是正确的。反之就是错误的。只有客观实践才是人们对于外界认识真理性的标准。分子论和化学上其他正确的理论一样，都经过客观实践的检查并为客观实践所证实，因此它是完全正确的。至于分子的存在更是确定无疑的。现在已经可以用电子显微镜来观察某些蛋白质大分子的存在。分子的大小也已经知道，例如水分子的直径大约是 $0.000\,000\,028$ (或写作 2.8×10^{-8}) 厘米，也就是十亿分之 28 厘米。按直径的大小来说，水分

练 习

1. 什么叫分子? 试举例说明物质是由分子构成的。

2. 用分子论来解释纯物质和混和物的区别。下列物质是纯物质还是混和物?

(1)干净的空气; (2)纯氧气; (3)面粉; (4)精制蔗糖; (5)钢铁; (6)纯金。

3. 试用分子论解释下列现象:

(1)红墨水滴到水中, 水变成红色;

(2)香料具有香味;

(3)酒精擦在手臂上, 很快就干了。

4. 试从原子、分子的角度来解释:

(1)分解反应, 化合反应的区别;

(2)物理变化和化学变化的区别。

5. 已知氮和钠的原子量是 14 和 23, 试求出一个氮原子和一个钠原子重多少克。

第四节 元素和元素符号

我们知道自然界里的物质的种类是很多的, 现在知道的就有几百万种以上。因此组成物质的分子的种类也同样地多。但是如果把所有这几百万种分子分解为原子, 那末我们发现它们是由一百多种原子通过各种不同的方式结合而成的。五光十色的世界即由这一百多种原子组合而成。

我们把具有相同性质的同种原子称为元素。例如氧气、二氧化碳、水中都含有氧原子, 我们把这类原子称为氧元素。元素是构成一切物质的成份。已经发现的元素仅有 103 种, (见元素周期表) 但元素还会继续发现。

由元素组成的物质可分为单质和化合物。单质由一种元素组成, 即单质的分子由同种原子组成。如氧气分子由两个氧原子组成, 惰性气体氦气分子由一个氦原子组成等等。化合物由两种或两种以上元素组成, 即化合物的分子由两种或两种以上的原子组成, 如水分子由氧原子和氢原子组成。

元素大致可以分为金属和非金属两大类。金属元素的名称(除汞

外)都用“金”字旁,例如铁、铜、铝等;非金属元素的名称,气态的用“气”字头,如氢、氧、氮等,液态的用“氵”旁,如溴,固态的用“石”旁,如碘、碳、硫等。

为了学习和研究方便,国际上统一给每个元素以一个符号,这种符号称为元素符号。元素符号用每种元素的拉丁文名的第一个字母或第一、第二个字母表示。如“O”为氧元素,“N”为氮元素,“Cu”为铜元素等等。

在书写元素符号的时候,如果只有一个字母,这个字母必须大写,如氢元素必须写成“H”而不能写成“h”;如元素符号有两个字母时,则第一个字母要大写,第二个字母必须小写,否则会引起错误。例如元素钴的符号是Co,决不能写成CO,因为这表示一氧化碳。一般元素符号都写印刷体,而不用手写体。

元素符号有如下意义:

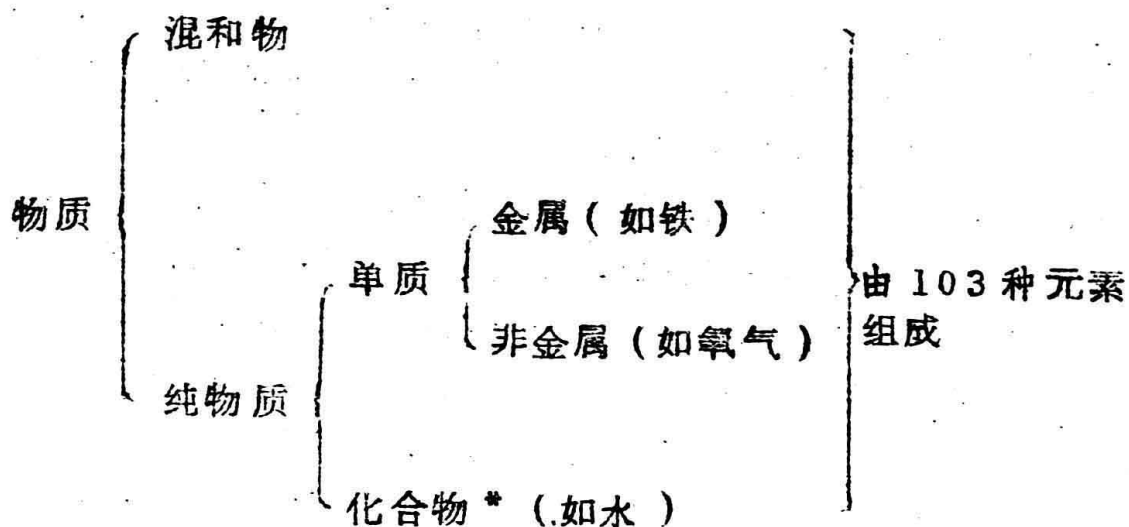
1. 代表一种元素;
2. 代表这种元素的一个原子;
3. 代表这种元素的一个原子的原子量。

表 1 常见元素及其原子量

元素名称	元素符号	原 子 量	元素名称	元素符号	原 子 量
氢	H	1.00797	钾	K	39.102
碳	C	12.011	钙	Ca	40.08
氮	N	14.0067	铬	Cr	51.996
氧	O	15.9994	锰	Mn	54.938
钠	Na	22.9898	铁	Fe	55.847
镁	Mg	24.305	钴	Co	58.9332
铝	Al	26.9815	镍	Ni	58.71
硅	Si	28.086	铜	Cu	63.54
磷	P	30.973	锌	Zn	65.37
硫	S	32.064	锡	Sn	118.69
氯	Cl	35.453	铅	Pb	207.29

表 1 列出了一些常见的元素的符号及其原子量。

综上所述,物质的分类可归纳如下:



* 化合物的分类在第三章讲

练 习

1. 下列说法是否正确? 试把错误的加以改正。

(1) 冰分子由氧分子和氢分子组成。

(2) 水分子由氧分子和氢原子组成。

(3) 水分子由二个氧元素和一个氢元素组成。

(4) 水分子由氧元素和氢元素组成。

2. 抄写下列几种元素的符号, 并把它们记住:

氧、氢、氮、硫、碳、磷、汞、钠、钾、钙、镁、铜、铁、铝、
锌。

3. 下列说法是否正确? 试加以改正。

(1) CO_2 由碳和氧两种单质组成。

(2) 空气中含有氧元素和氮元素, 因此它是化合物。

第五节 分子式和化合价

一、分子式

在化学中, 常常用元素符号来表示物质分子的组成, 也就是说, 用元素符号来表示某物质的分子, 该分子中含有什么元素, 每个元素有几个原子。这种用元素符号来表示物质分子的组成的式子叫做分子式。

应该强调指出, 任何物质的分子式决不是任意设想出来的, 而是根据实验来确定的。在化学中, 研究物质化学组成的化学称为分析化学。

用分析化学的方法，可以确定任一物质的分子是由什么元素组成以及它们在分子中各有几个原子，这样就能写出它的正确的分子式。同时应指出，任何物质分子的组成是一定的。化合物有一定的组成而混和物没有一定的组成。例如水分子中一定有两个氢原子和一个氧原子，因此一个物质只能有一个分子式。

在确定了分子的组成后，就可写出分子式。单质的分子是由同种元素组成的。写单质的分子式时，先写元素符号，然后在右下角写一个小的数字，表示这种单质的一个分子里所含该元素的原子数目。例如氧气、氮气、氢气等的分子中都含有两个原子，所以它们的分子式分别为 O_2 、 N_2 、 H_2 ；惰性气体则是单原子分子，如氦气分子式为 He ；金属和固态非金属的分子一般都看作含一个原子，如以 Fe 表示铁，以 C 表示碳的分子式等等。

化合物由不同种元素组成。写化合物分子式时，先写出组成某化合物的元素的符号，习惯上，把金属元素的符号写在左边，非金属元素的符号写在右边，非金属与氧组成的化合物，则非金属元素的符号写在左边，氧元素符号写在右边。然后再把各元素的原子数分别用小数字写在该元素符号的右下角。例如前面我们提到过的几个化合物的分子式如下：

水	 H_2O
二氧化碳	 CO_2
氧化镁	 MgO
四氧化三铁	 Fe_3O_4
苛性钠（氢氧化钠）	 $NaOH$

用碳单位来表示的分子的重量称为分子量。知道了物质的分子式，就很容易计算它的分子量。物质的分子量等于组成这个分子的所有原子的重量的总和。例如：

$$\begin{aligned} \text{水 } H_2O \text{ 分子量} &= 2 \times 1 + 16 = 18 \\ \text{二氧化碳 } CO_2 \text{ 分子量} &= 12 + 16 \times 2 = 44 \end{aligned}$$

根据物质的分子式，可以计算出一个分子里各种元素的重量比，也就是这物质的任意重量里所含各元素的重量比。例如：



$$\text{氢元素重量} : \text{氧元素重量} = 2 : 16 = 1 : 8$$

即水分子里氢与氧重量的比是 $1 : 8$ ，那末任意重量的水中的氢和氧的重量比也是 $1 : 8$ 。例如 9 克水中含有 1 克氢和 8 克氧。

也可以根据分子式算出组成某物质的每种元素在全部物质里所占的重量的百分比。如水中：

$$\text{氢元素重量百分比} = \frac{2}{18} \times 100\% \doteq 11\%$$

$$\text{氧元素重量百分比} = \frac{16}{18} \times 100\% \doteq 89\%$$

综上所述，每一物质的分子式具有下列意义：

1. 代表物质的一个分子；
2. 表明分子由什么元素组成；
3. 表明物质的一个分子中各元素原子的数目；
4. 表明物质的分子量；
5. 表明组成物质的各元素的重量比。

下面我们以硫酸的分子式为例，说明分子式的意义及计算。硫酸的分子式为 H_2SO_4 。它的意义为：

1. 这个分子式表示硫酸的一个分子，读作 H—2S—O—4。
2. 它由 H、S、O 三种元素组成；
3. 硫酸分子中含有二个氢原子，一个硫原子和四个氧原子；
4. 硫酸的分子量 = $2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98$ ；
5. 组成硫酸的各元素的重量比为 $\text{H} : \text{S} : \text{O} = 2 : 32 : 64$ 。

$$\text{百分组成为 H: } \frac{2}{98} \times 100\% = 2.04\%; \text{ S: } \frac{32}{98} \times 100\% = 32.65\%;$$

$$\text{O: } \frac{64}{98} \times 100\% = 65.31\%。$$

二、化合价

我们知道分子式表示了物质分子的组成。而且，每种物质中元素的种类和比例是一定的。这也就是说任何元素的一个原子，跟其它元素化合时，只能跟一定数目的这种元素的原子化合，而不是任意的数目。

例如氢原子跟其它元素的原子化合的时候，一个氢原子不能跟两个或多个其它元素的原子化合。这从下面的几种含氢化合物的分子式里可以看出来：