

全国中等卫生学校试用教材

无机化学

(供药剂、检验专业使用)

江苏科学技术出版社

全国中等卫生学校试用教材

(供药剂、检验专业使用)

无机化学

《无机化学》编写组编

江苏科学技术出版社

编写说明

《无机化学》教材是受中央卫生部委托，根据卫生部颁发的药剂士、检验士专业教学计划草案的要求，由上海市卫生局具体组织编写的。

本教材供全国药剂士、检验士两专业试用。全书共分十五章，在内容上我们注意到和初中化学知识的衔接，也尽可能避免不必要的重复；对物质结构、溶液、电离、化学平衡、胶体等基础理论部分，有了一定的加深和扩大；对重要的元素和化合物的内容也稍有加强。为了使同学们容易接受和较深入地掌握化学反应中的规律性，在基础理论和各族元素的有关章节安排上也作了某些穿插。本书附有实验指导十八个。在教材内容和实验安排上，各学校、各专业可根据具体情况酌情变动使用。

参加本教材编写工作的有广州市第二卫校，广西卫校、云南省卫校、云南省楚雄州卫校和上海第二医学院卫校五个单位的有关同志。全稿由上海第一医学院钟荔、朱保芬两位老师审定，并提出了许多宝贵意见；上海市化学专科学校制图教研组老师在绘制插图上给予大力协作，在此一并表示感谢。

由于我们的思想水平和业务水平有限，加以时间仓促，原稿没有来得及广泛征求意见，因此书中一定有不少错误和不妥的地方，恳切欢迎批评指正，并在使用过程中及时提出宝贵意见，以便修订时提高。

全国中等卫生学校教材《无机化学》编写组

一九七九年一月

无机化学

《无机化学》编写组编

江苏科学技术出版社出版
江苏省新华书店发行
苏州印刷厂印刷

1979年7月第1版
1979年7月第1次印刷
印数：1—81,500册

书号：13196·003 定价：1.45元

目 录

第一章 化学的基本概念	1
第一节 物质和物质的变化	1
第二节 分子和原子	2
第三节 元素、元素符号和原子量	3
第四节 分子式和分子量	5
第五节 化合价	6
第六节 化学方程式	7
第七节 当量和当量定律	9
第八节 化学反应类型	13
第九节 摩尔和气体摩尔体积	14
第十节 无机物之间的相互关系	16
第二章 溶液	19
第一节 水的性质和净化	19
第二节 溶液的概念	22
第三节 溶解度	25
第四节 溶液的浓度	30
第五节 溶液的配制和浓度的换算	31
第六节 稀溶液的依数性	36
第三章 原子结构和元素周期律	42
第一节 原子的组成	42
第二节 原子核外电子的运动状态	45
第三节 原子核外的电子排布	49
第四节 元素周期律和元素周期表	54
第五节 元素的性质和原子结构的关系	59
第六节 同位素	65
第四章 分子结构和晶体	68
第一节 离子键和离子化合物	68
第二节 共价键和共价化合物	71
第三节 分子间的作用力和氢键	76
第四节 晶体	77
第五章 卤素	81
第一节 通性	81
第二节 单质	82
第三节 卤化氢	85
第四节 卤化物	88

第五节 卤素的含氧酸及其盐	90
第六节 类卤化合物	92
第六章 氧化还原反应	95
第一节 氧化还原反应的概念	95
第二节 氧化剂与还原剂	96
第三节 氧化还原反应方程式的配平	101
第四节 氧化还原反应的应用	105
第七章 氧和硫	108
第一节 氧和过氧化氢	108
第二节 硫	111
第三节 硫化氢和金属硫化物	112
第四节 二氧化硫、亚硫酸及其盐	114
第五节 三氧化硫、硫酸及其盐	115
第六节 硫代硫酸盐及其他硫的含氧酸盐	118
第七节 主要离子鉴定	120
第八章 碱金属和碱土金属	122
第一节 金属的通性	122
第二节 碱金属和碱土金属的性质和用途	127
第三节 碱金属和碱土金属的氧化物和氢氧化物	129
第四节 碱金属和碱土金属的盐类	131
第五节 主要离子的鉴定	132
第六节 硬水及其软化	133
第九章 化学反应速度和化学平衡	135
第一节 化学反应速度	135
第二节 影响化学反应速度的因素	136
第三节 活化分子和活化能	138
第四节 化学平衡	139
第五节 化学平衡的移动	141
第十章 电解质溶液	145
第一节 电解质和电离	145
第二节 电离度和强弱电解质	147
第三节 弱电解质的电离平衡	149
第四节 酸、碱、盐的电离和酸碱质子理论	151
第五节 水的电离和 pH 值	154
第六节 离子反应和离子方程式	157
第七节 同离子效应和缓冲溶液	159
第八节 盐类的水解	162
第九节 难溶电解质的沉淀平衡	164
第十一章 胶体溶液	171
第一节 分散系的概念	171

第二节	胶体溶液的制备	172
第三节	胶体溶液的性质	173
第四节	胶体溶液的稳定性和聚沉	177
第五节	高分子化合物溶液	177
第十二章	氮族元素	181
第一节	通性	181
第二节	氮和磷	182
第三节	氨和铵盐	183
第四节	亚硝酸及其盐	185
第五节	硝酸及其盐	186
第六节	磷酸及其盐	187
第七节	砷、锑、铋及其重要化合物	189
第八节	主要离子的鉴定	190
第十三章	碳族和硼族元素	193
第一节	通性	193
第二节	碳及其氧化物	194
第三节	碳酸及其盐	196
第四节	硅及其重要化合物	198
第五节	硼及其重要化合物	199
第六节	铝及其重要化合物	200
第七节	铅及其重要化合物	201
第八节	主要离子的鉴定	202
第十四章	络合物	205
第一节	络合物的基本概念	205
第二节	络合物的结构	208
第三节	螯合物的初步概念	209
第四节	络合物的稳定性	211
第十五章	过渡元素	214
第一节	过渡元素概述	214
第二节	铜和银及其重要化合物	217
第三节	锌和汞及其重要化合物	221
第四节	铬及其化合物	226
第五节	锰及其化合物	228
第六节	铁及其重要化合物	230
实验部分		234
实验室规则		234
实验一 实验仪器的介绍和洗涤		234
实验二 食盐的提纯		238
实验三 无机物的分类		240
实验四 溶液(一)		241

实验五 溶液(二)	243
实验六 强酸强碱的中和滴定	244
实验七 卤素	245
实验八 氧化还原反应	246
实验九 氧和硫	247
实验十 碱金属和碱土金属	248
实验十一 化学反应速度和化学平衡	249
实验十二 电解质溶液(一)	250
实验十三 电解质溶液(二)	251
实验十四 胶体溶液	252
实验十五 氮族元素	253
实验十六 碳族和硼族元素	254
实验十七 过渡元素(一)	255
实验十八 过渡元素(二)	256

附录

一、国际原子量表(1973)	257
二、酸、碱溶液的比重与百分浓度对照表	259
三、无机酸、碱在水中的电离常数	261
四、难溶化合物的溶度积(K_{sp})	262

第一章 化学的基本概念

第一节 物质和物质的变化

世界是由物质构成的。生活用品柴、米、油、盐；学习用品笔、墨、纸张；生产产品石油、钢铁；打仗用的飞机大炮，这些东西都是物质或物质的某些形态。在药剂和检验工作中接触到的酒精、小苏打、生理盐水和各种器械，也都是物质。什么是物质呢？列宁同志说：“物质是作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质是我们通过感觉感知的客观实在。”整个世界就是由千千万万种物质所组成的。

物质是运动的。世界上没有不运动的物质，也没有无物质的运动。正如毛主席所说的：“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有，而物质的运动则必取一定的形式。”物质的运动形式是多种多样的。化学主要研究物质的化学运动的形式。下面讲物质的两种运动形式：物理变化和化学变化。

我们知道，将水加热到 100°C 时就变成水蒸气，而水冷却到 0°C 时就会结成冰，这就是物质的三态(气态、液态和固态)变化；把石膏打碎；把中草药研成粉；把铝块拉成线等。这些变化，都只是物质的状态发生了变化，并没有生成新的物质。我们把这种没有生成其它物质的变化叫做物理变化。在发生物理变化时，物质的组成和化学性质并不改变。

在平常我们碰到物质的另一类变化现象。例如，煤的燃烧，铁的生锈；肉类的腐败和药物的变质等等。这些变化都属于化学变化或者叫做化学反应。它们的共同特征是生成了其它的物质。所以说，化学变化是有新物质形成的一种变化。在发生化学变化时，物质的组成和化学性质都改变。除此之外，还常常伴随着发生一些现象，如放热、发光、变色、变味、放出气体和生成沉淀等等。这些现象可以帮助我们判断有没有化学变化或有没有哪一类化学变化。

化学变化和物理变化虽然有着本质上的差别，但它们之间也是相互依存，相互联系的。物质在发生化学变化时，必然伴随着物理变化。例如，蜡烛的燃烧，蜡和氧气作用生成二氧化碳和水，即发生化学变化。同时，燃烧是放热反应，使一些蜡熔化和挥发，这些又是物理变化。物质在发生物理变化时，有时也伴随着化学变化。例如，铁的受热熔化，是状态的变化，即物理变化，但铁水表面有少量的铁与空气中的氧作用，生成四氧化三铁，这种变化又是化学变化。因此说，化学变化和物理变化既有区别，又有联系，它们之间并不是截然分开的。

不同的物质有着不同的性质。化学研究物质的性质主要是物质的化学性质，也涉及物质的物理性质。物质在化学变化中表现出来的性质叫做化学性质。例如，镁能在空气中燃烧，氯水有漂白作用，石灰水有碱性等。化学性质是牵涉到物质分子化学组成的改变的性质。物质不需要发生化学变化就表现出来的性质，如颜色、状态、气味、熔点、沸点、硬度、比重、溶解度等，叫做物理性质。物理性质和化学性质是我们识别各种物质的依据。我们可以根据气味判别水和酒精，根据味道判别蔗糖和食盐，根据燃烧现象

判别棉纱还是羊毛。因此,了解和熟悉各种物质的物理性质和化学性质,对于搞好药剂工作和检验工作都是非常必要的。

毛主席教导我们:“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,从自然界得到自由”。化学是一门自然科学,它是自然科学中最重要基础学科之一。化学是研究物质的组成、结构、性质和变化规律的一门科学。化学有多门分科,而无机化学是研究元素及它所形成的单质和无机化合物的来源、制备、结构、性质、变化和应用的一门化学。我们学习化学,掌握物质的化学变化规律,就可以控制物质的变化,可以用来了解自然和改造自然,为人类造福服务,为我国的社会主义革命和社会主义建设服务,为祖国实现四个现代化作出贡献。进行药剂和检验工作都必须具有坚实的化学知识作基础,药物的合成和提取,保管和使用需要化学知识,不少的检验反应是属于化学反应。因此,我们要牢固树立为革命而学的思想,“攻城不怕坚,攻书莫畏难。”出色地完成党和人民交给我们的学习任务,努力争当又红又专的无产阶级革命事业的接班人。

第二节 分子和原子

物质的性质和它的组成和结构有着密切的关系。因此,要了解物质的性质,掌握物质的变化规律,就必须首先了解物质的组成。

当我们走近医院的手术室时,为什么会闻到一阵阵药味?当农民施氨水时,为什么距离施肥较远的地方就闻到氨的臭味?这些问题与物质的种类和性质有关。

人们经过长期的科学实验和研究,证明物质都是由许许多多肉眼看不见的微粒构成的。任何物质都是可分的。物质可分为十分微小却又保存了物质本身化学性质的微粒,这种保持该物质化学性质的最小微粒叫做分子。

同种物质是由相同的分子所组成,不同物质是由不相同的分子所组成。物质在发生物理变化时物质的分子没有起变化,而在化学变化时物质的分子组成和结构起了变化。

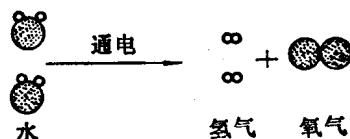
分子十分微小。例如一个水分子,它的直径约为 2.8×10^{-8} 厘米,它的质量约为 3×10^{-28} 克。这么小的东西是无法直接测量的。但可以通过科学实验进行测定和计算得到。水分子不但肉眼无法看到,用很高倍的电子显微镜也无法看到。但随着科学技术的发展,100 万倍,200 万倍电子显微镜的出现,水分子的照片也将是能够拍摄出来的。

分子是不断运动的。在医院手术室附近闻到药味就是乙醚分子不断运动扩散到空气中的结果,远处闻到氨味也是氨分子运动的结果。一般讲,温度升高,分子运动加剧,温度降低,分子的运动减慢。

分子之间有一定间隔,物质受热,分子之间间隔增大,遇冷则间隔减小,即热胀冷缩现象。气态时,分子之间间隔很大;液态时,间隔较小;固态时更小。

分子之间有引力和斥力。例如,减压抽滤,就要克服分子间的引力;篮球打气,就要克服分子间的斥力。

分子虽然很小,但还是可分的。也就是说,分子是由更小的微粒所组成。例如,电解水时,生成了氢气和氧气。这个反应可以用图式表示如下:



水在电流的作用下,水分子分解为更小的氢和氧的微粒,这些更小的微粒经过重新

组合,成为氢分子和氧分子。科学实验证明,用化学方法不能把这些氢和氧的微粒再分开了。科学上把这些微粒叫做原子。氢的微粒就是氢原子,氧的微粒就叫做氧原子。科学上把这种化学方法不能再分的最小微粒叫做原子。在化学反应中,一种原子不能变成另一种原子,反应前后原子的种类和数目没有变化。因此,化学反应的实质是参加化学反应的物质的分子里的原子彼此分开,再重新组合成新的物质的分子的过程。

原子可以组成分子。例如两个氢原子和一个氧原子可以组成一个水分子。分子是组成物质的微粒。但也有一些物质是由原子直接构成的。例如,钨就是由许多钨原子构成的;金刚石是由许多碳原子构成的。

原子和分子一样,原子也是不断运动着的。同种原子的化学性质相同,不同种原子的化学性质不同。

第三节 元素、元素符号和原子量

一、元素

世界上的物质千千万万种,它们究竟是由什么东西组成的呢?它们之间有何联系?人们很早对这些问题进行探索和研究,引入了元素的概念,提出了各种说法。随着人们对组成物质的分子和原子的组成和结构的认识,元素的深刻而又明确的概念出现了。我们知道,氧分子是由氧原子组成的,水分子是由氢原子和氧原子组成的,二氧化碳分子是由碳原子和氧原子组成的。无论氧分子中的氧原子还是水分子中的氧原子,或者是二氧化碳分子中的氧原子,核电荷数都是8,即原子核中有8个质子,这些氧原子的总称叫做氧元素。什么是元素?在化学上,我们把具有相同的核电荷数(即质子数)的同一类原子总称为一种化学元素,简称元素。元素有两种存在状态,它存在于化合物时称化合态,它存在于单质时称游离态。也就是说,元素可以组成单质和化合物。

到目前为止,已经知道的元素有107种(其中包括14种人造元素)。它们的核电荷数由1按自然数递增到107。凡是核电荷数相同的一类原子属于同一种元素,核电荷数不同的原子属于不同种元素。

二、元素符号

各种元素在不同的国家里有着不同的名称。为了研究和使用的方便,各种元素都用一定的符号来表示。国际上作了这样统一的规定:每种元素的符号,通常用元素的拉丁文名称的第一个字母的大写字母来表示。例如氧的元素符号就是“O”(Oxygenium),氢的元素符号就是“H”(Hydrogenium)。如果有几种元素的拉丁文名称的第一个字母相同时,则在第一个字母(大写体)后加上其名称中的另一个字母(小写体),以资区别。例如钙的元素符号为“Ca”(Calcium),而铬的元素符号为“Cr”(Chromium)等。写元素符号时,字母的大小,必须按严格规定书写,否则就会造成严重的错误。

元素符号,一般代表下列三种意义:

1. 表示一种元素;
2. 表示这种元素的一个原子;
3. 表示这种元素的原子量。

元素的中文名称是用一个汉字表示。凡是常温下为固态的金属元素用“金”字旁。例如铜、铁、锡等。而常温下为固态的非金属元素用“石”字旁。例如:碳、硅、磷等。

常温下为液态的用“ 液 ”字旁或有个“水”字。例如溴和汞等。常温下为气态的用“气”字头。例如：氧、氢、氮等。由于有上述规律，我们可以从元素的中文字名称，推断元素的单质在通常情况下的状态以及该元素是属金属元素还是非金属元素。

三、原子量

原子很小很小，但有一定的质量。例如一个氧原子的质量是 2.657×10^{-23} 克，一个铁原子的质量是 9.288×10^{-23} 克，一个碳——12原子的质量是 1.992×10^{-23} 克。这么小的数字，书写、记忆和使用都很不方便。科学上一般不用原子的实际质量(即绝对质量)，而采用原子的相对质量或相对原子量，简称原子量。国际上规定以碳——12的质量等于 12.0000 作为原子量的标准，其它原子的质量跟碳——12的质量的 $\frac{1}{12}$ 相比较所得的数值，就是该原子的原子量。即：

$$\text{某元素的原子量} = \frac{\text{某元素一个原子的质量}}{\text{碳——12 的质量} \times \frac{1}{12}}$$

1 个碳——12 原子的质量是 1.992×10^{-23} 克，它的 $\frac{1}{12}$ 为：

$$\frac{1}{12} \times 1.992 \times 10^{-23} \text{ 克} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ 克}$$

〔例一〕 铁原子的质量是 9.288×10^{-23} 克，求铁的原子量。
依公式：

$$\text{铁的原子量} = \frac{1 \text{ 个铁原子的质量}}{\text{碳——12 的质量} \times \frac{1}{12}} = \frac{9.288 \times 10^{-23}}{1.66 \times 10^{-24}} = 55.9$$

答：铁的原子量是 55.9。

采用这个标准，测得最轻的氢原子量约等于 1，氧原子量约等于 16，钙原子量约等于 40 等等。这样的原子量数值，对计算、书写、记忆都很方便。

某种元素的原子量是该元素的 1 个原子的质量与 1 个碳——12 原子的质量的 $\frac{1}{12}$ 之比求得，这个比值就是该元素原子量数值。由于定原子量是选取 碳——12 的 $\frac{1}{12}$ (约 1.66×10^{-24} 克) 作标准，即原子量的数值 1 表示绝对质量约 1.66×10^{-24} 克(即 1 个碳——

表 1—1 常用元素的名称、符号和原子量(近似值)

元素名称	符 号	原 子 量	元素名称	符 号	原 子 量	元素名称	符 号	原 子 量
氢	H	1	硫	S	32	溴	Br	80
硼	B	10.8	氯	Cl	35.5	银	Ag	108
碳	C	12	钾	K	39	锡	Sn	119
氮	N	14	钙	Ca	40	锑	Sb	122
氧	O	16	铬	Cr	52	碘	I	127
钠	Na	23	锰	Mn	55	钡	Ba	137.3
镁	Mg	24.3	铁	Fe	56	汞	Hg	200.6
铝	Al	27	铜	Cu	63.5	铅	Pb	207
硅	Si	28	锌	Zn	65.4	铋	Bi	209
磷	P	31	砷	As	75	镭	Ra	226

12原子质量的 $\frac{1}{12}$)。所以通常把这特殊的原子量单位称碳单位或原子单位。而目前有些

书因强调原子量是反映各种元素原子质量相对大小的比值,说原子量没有单位。事实上,化学计算中原子量有没有单位关系都不大。因此,过多考究原子量有没有单位对于我们就显得不那么必要了。常用一些元素的符号和原子量(近似值)见表 1—1。各种元素的原子量见书末附表。

第四节 分子式和分子量

一、分子式

科学实验证明,任何纯净的物质都有一定的组成。因此,可以用元素符号来表示物质的分子组成。例如,氧分子、二氧化碳分子和水分子,可以分别用 O_2 、 CO_2 和 H_2O 来表示。这种用元素符号来表示物质的分子组成的式子叫做分子式。各种物质的分子式是通过实验测得的。

下面以水的分子式 H_2O 为例,说明分子式的意义:

1. 表示物质的一个分子: H_2O 表示 1 个水分子。
2. 表示组成物质的各种元素: H_2O 表示水由氢和氧两种元素组成。
3. 表示物质的一个分子里各元素的原子个数: H_2O 表示 1 个水分子中含有 2 个氢原子和一个氧原子。
4. 表示物质的分子量: H_2O 表示水的分子量是 18。
5. 表示组成物质的各元素的质量比: H_2O 表示水分子中氢和氧的质量比是 $1 \times 2 : 16 = 1 : 8$ 。

从物质的组成或它的分子式去区分:单质的分子是由一种元素的原子组成,化合物的分子是由两种或两种以上的元素的原子组成的,纯净物只有一种分子,混合物中含有多种分子。

惰性气体是单原子分子,所以用元素符号表示它的分子式。而所有金属单质和几种非金属单质,如碳、硫、磷等,由于结构复杂等原因,也用元素符号表示这些物质组成的式子,而实际上它们不是真正的单原子分子,氯化钠等离子化合物,用 $NaCl$ 表示它是由钠和氯两种元素构成的,而且钠和氯的原子数比为 $1 : 1$ 。而实际上 $NaCl$ 也不是真正的分子式,可以称它们为化学式。化学式包括内容多,分子式是化学式的一种。如果化学式能够正确地反映物质的分子的组成,它的化学式量又能反映物质的分子量,而且分子量是可以通过实验测得的,那么这个化学式就是分子式。化学式表示各组成元素的原子数比,用了化学式后,使用起来十分方便,因为化学变化时量的关系,用化学式或分子式计算的结果,在多数场合是一样的。

二、分子量

根据物质的分子式,可以计算出该物质的分子量。一个分子中各原子的原子量的总和就是它的分子量。例如,二氧化碳的分子量:

$$CO_2 \text{ 的分子量} = 12 + 16 \times 2 = 44$$

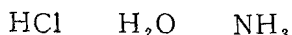
由于有的物质的化学式并不是真正的分子式,所以它的化学式量也不是真正的分子量。例如氯化钠的化学式量,简称氯化钠的式量:

$$\text{NaCl 的式量} = 23 + 35.5 = 58.5$$

但平常较笼统地把化学式叫做分子式，因此把式量也就叫做分子量了。

第五节 化 合 价

大家知道，化合物分子中各种元素的原子数目是一定的。原子在化学反应中没有起变化，化学反应只是原子重新组合成新物质的分子。新分子中各种元素的原子总是一定的。也就是说，元素之间相互化合时，它们的原子个数比都有确定的数值。例如，一个原子的氯、氧和氮分别与氢原子化合时，生成氯化氢、水和氨分子，它们的分子式如下：



从上面的分子式看到，一个氯原子能和一个氢原子化合成氯化氢分子，一个氧原子和两个氢原子化合成水分子，一个氮原子和三个氢原子化合成氨分子。显然，各种元素与氢化合的能力是不同的。我们把元素的原子之间按一定数目相互化合的性质，叫做元素的化合价。通常把氢元素的化合价定为1价，其它元素的化合价，就是该元素的一个原子相化合的或被该元素1个原子所置换的氢原子数。因此，上述化合物中，氯元素是1价，氧元素是2价，氮元素是3价。从这些化合物中也看到，元素之间相互化合时，元素的化合价较少的，所需的原子个数要较多。

化合价有正价和负价之分。产生正负的原因是不同元素的原子相互作用而形成分子时各自对电子的吸引能力不同而引起的。例如氯化氢分子中氯原子对电子吸引能力较大，氢原子吸引电子能力较小，使某些电子靠近氯原子，电子带负电，相互作用结果氯原子有较多负电荷，氢原子缺少了负电荷，氯为负价，氢为正价。这些内容在分子结构里再详细讲。下面讲一下决定化合价的一些原则：

1. 氢通常为+1价，氧通常为-2价。
2. 金属和非金属化合时，金属元素为正价，非金属元素为负价。
3. 氢和非金属化合时，氢为正价，非金属为负价。
4. 氧和非金属(氟除外)化合时，非金属为正价，氧为负价。
5. 元素组成单质时，化合价为零。
6. 在任何化合物中，正价的总数必等于负价的总数。或者说，化合物分子中正负化合价的代数和等于零。

从上述原则，我们如果知道化合物中各种元素的化合价，就可以写出化合物的分子式和检查分子式是否正确，如果已知化合物的分子式和其它元素的化合价，就可以推算出某一元素的化合价。

〔例1〕 已知氯化镁里镁的化合价是+2，氯的化合价是-1，问氯化镁的分子式为 MgCl 对吗？应如何改正。

先求 MgCl 化合价的代数和：

$$(+2) \times 1 + (-1) \times 1 = 2 - 1 = 1 \neq 0$$

化合价的代数和不等于零，说明此分子式有错误。其值等于+1，说明负价太少，要增加氯原子，使分子式各化合价的代数和为零。设增加后氯的原子数为 x ，则：

$$(+2) \times 1 + (-1) \times x = 0$$

解出 x

$$x = 2$$

因此，氯化镁的分子式应为 MgCl_2 。

〔例2〕求磷酸 H_3PO_4 分子中磷和磷酸根 PO_4 的化合价。已知H为+1价，O为-2价。设P的化合价为 x 。

根据化合物中正、负化合价的代数和为零的原则，得到：

$$(+1) \times 3 + x + (-2) \times 4 = 0$$

$$x = +5$$

磷酸根的化合价等于磷酸根中各个原子化合价的总和，得到：

$$(+5) \times 1 + (-2) \times 4 = -3$$

也可以从磷酸分子中氢的化合价总共+3，所以磷酸根的化合价就是-3，用化学式表示为 PO_4^{3-} 。

在磷酸分子中，磷原子和氧原子形成不易分解的原子团，叫做磷酸根。显-3价。在化合物里，类似磷酸根的根价情况很多。例如，铵根 NH_4^+ 、氢氧根 OH^- 、硝酸根 NO_3^- 、硫酸根 SO_4^{2-} 和碳酸根 CO_3^{2-} 等等。

常见元素的主要化合价见表1—2：

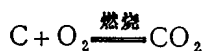
表1—2 常用元素的主要化合价

元素名称	符 号	化 合 价	元素名称	符 号	化 合 价
氢	H	+1	铬	Cr	+3, +6
碳	C	+4, -4	锰	Mn	+2, +4, +7
氮	N	-3, +2, +3, +4, +5	铁	Fe	+2, +3
氧	O	-2	铜	Cu	+1, +2
钠	Na	+1	锌	Zn	+2
镁	Mg	+2	溴	Br	-1, +5
铝	Al	+3	银	Ag	+1
磷	P	-3, +3, +5	碘	I	-1, +1, +5
硫	S	-2, +4, +6	钡	Ba	+2
氯	Cl	-1, +1, +5, +7	汞	Hg	+1, +2
钾	K	+1	铅	Pb	+2, +4
钙	Ca	+2	砷	As	-3, +3, +5

第六节 化学方程式

一、化学方程式

既然我们可以用元素符号和分子式表示原子和分子，同样，我们也可以用它来表示化学反应。例如，碳燃烧生成二氧化碳的反应，可用下式来表示：



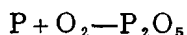
这种用化学式(包括分子式、实验式和元素符号)来表示化学反应的式子，叫做化学方程式或化学反应式。在化学反应中，反应前后原子的种类和数目没有改变，只不过是重新组合成新物质的分子。因此，参加反应的物质的总质量一定等于反应后生成物质的总质量。这就叫做“物质不灭定律”或“质量守恒定律”。

二、化学方程式的写法

化学方程式的写法一般分下列几步：

1. 根据化学反应的客观事实，正确地写出反应物和生成物的化学式。反应物写在左边，生成物写在右边，中间划一横线。如果反应物或生成物不只一种，就用加号“+”将反应物或生成物的化学式连接起来。

例如，磷在充足的空气中燃烧的反应：

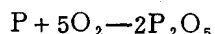


而不能写为： $\text{P} + \text{O}_2 \text{—} \text{P}_2\text{O}_3$

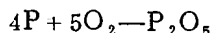
更不能写为： $\text{P} + \text{O}_2 \text{—} \text{PO}$

因为反应产物是根据实验测得的，磷在空气中燃烧的产物，是五氧化二磷，而不是三氧化二磷，这里根本没有生成氧化磷(PO)的反应和不存在氧化磷(PO)这种物质。总之，要根据实验事实写反应式，决不能凭空设想，随便臆造反应式。

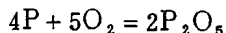
2. 根据反应前后各种元素的原子总数相等，则在式子左右两边的化学式前面应配上适当的系数，配系数的过程叫做化学方程式的配平。配平的方法很多，对简单的化学反应可用观察法和最小公倍数法，较复杂的氧化还原反应方程式的配平以后再学习。这里介绍用求最小公倍数法来确定系数的方法。我们配平一下上述反应式，在这个式子里，左边氧的原子数是2，右边氧原子数是5，两数的最小公倍数是10，即要把两边氧原子数都配为10。因此，在 O_2 的前面要配上系数5，在 P_2O_5 的前面配上系数2。



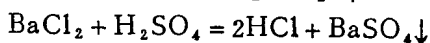
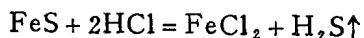
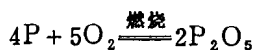
式子右边的磷原子数是4，左边磷原子数是1，因此要在P的前面配上系数4，使两边磷的原子总数也相等。



式子两边各元素的原子数都配平后，把横线改成等号。



3. 特定条件下进行的反应，要在等号上边注明反应条件，如燃烧、加热(用“ Δ ”号表示)、催化剂等。若反应条件较多个，可把部分条件写到等号下边。生成物有气体放出时则在该分子式右旁用“ $\uparrow$ ”标出，生成沉淀用“ $\downarrow$ ”标出。例如：

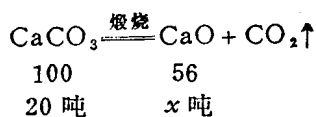


三、化学方程式的应用

化学反应方程式不仅反映了物质在化学反应中质的变化，而且也反映了化学反应中各种物质的数量(分子数、摩尔数、物质的质量和气体的体积等)的关系。利用反应方程式可以从反应物(原料)的质量计算生成物(产品)的质量，也可以从生成物的量来计算出各种反应物的量。

〔例1〕若煅烧20吨石灰石(假定不含杂质)可得到生石灰多少吨？

先写出反应式和有关物质的式量，根据它们关系列出比例式，计算产品的量。设生成 x 吨生石灰。



$$100 : 56 = 20 : x$$

$$x = \frac{56 \times 20}{100} = 11.2 (\text{吨})$$

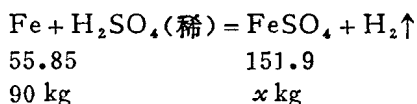
答：可生成生石灰 11.2 吨。

〔例 2〕 现有 100 公斤含杂质 10% 的铁屑与足量的稀硫酸反应，问能生成绿矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 多少公斤？

100 kg 铁屑里含纯铁为：

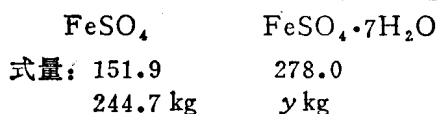
$$100 \times (100\% - 10\%) = 90 (\text{kg})$$

设生成的无水硫酸亚铁 (FeSO_4) 为 x kg，列方程，标出有关式量，得关系式，并计算结果。



$$x = \frac{151.9 \times 90}{55.85} = 244.7 (\text{kg})$$

设相当于绿矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y kg



$$y = \frac{278 \times 244.7}{151.9} = 447.9 (\text{kg})$$

答：能生成绿矾 447.9 公斤。

第七节 当量和当量定律

一、当量

在化学反应中，各种反应物总是按照一定的重量比例进行反应的。为了研究物质相互作用时的数量关系，化学上引入当量的概念。下面分别讲元素的当量和化合物的当量。

(一) 元素的当量

任何纯净的化合物都有确定的组成。现将氧、氟、氯、硫、钠五个元素分别和氢化合所生成的氢化物的百分组成列于下表：

表 1—3 几种氢化物的百分组成

化 合 物	百 分 组 成 (%)					
	氢	氧	氟	氯	硫	钠
水	11.89	88.81				
氟化氢	5.038		95			
氯化氢	2.764		4.962	97.236		
硫化氢	5.916				94.84	
氢化钠	4.200					95.800

从百分组成中，看不出各组成元素数量之间的关系，没有规律性，很难记忆。如果把上述氢化物的组成换算成和 1.0079 个重量单位的氢化合的氧、氟、氯、硫、钠的量，便可得到图 1—1(a) 所示的重量关系。在这个图形中明显地表示出，1.0079 个重量单位的氢可以和 7.9997 个重量单位的氧，18.9984 个重量单位的氟，35.453 个重量单位的氯，16.03 个重量单位的硫，22.99 个重量单位的钠相化合，生成相应的氢化物。

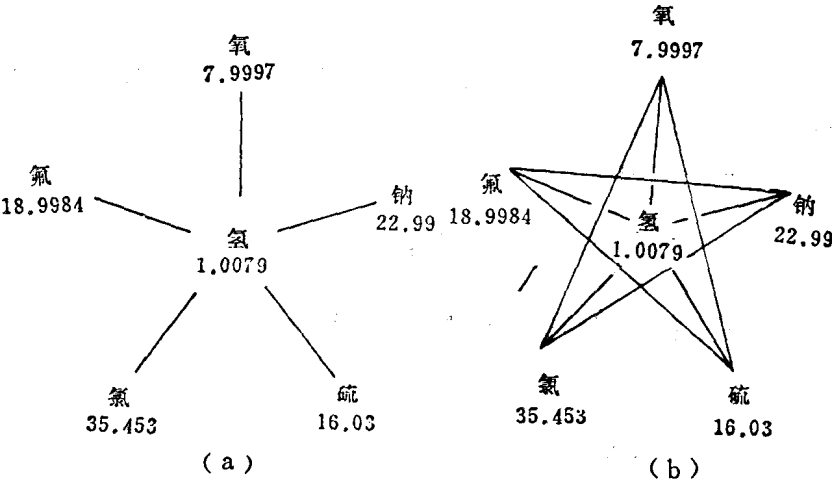


图 1—1 元素相互化合时的重量关系

上述氧、氟、氯、硫、钠等元素，它们相互间也可以化合成表 1—4 所列的各种化合物。并且，这些元素彼此间化合重量之比，就是它们与 1.0079 个重量单位氢相化合时的重量比，图 1—1(b) 明显地表示出它们相互化合时的重量关系。

表 1—4 氢、氧、氟、氯、硫、钠的化合物

	氢					
氧	水	氧				
氟	氟化氢	氟化氧	氟			
氯	氯化氢	一氧化二氯	氯化氯	氯		
硫	硫化氢	氧化硫	二氯化硫	二氯化硫	硫	
钠	氢化钠	氧化钠	氟化钠	氯化钠	硫化钠	钠

从上述例子中明显看到：元素在相互化合时，每种元素都可以找到一定的数值，表示它们相互化合时的重量关系，这些数量叫做元素的当量。什么是元素的当量？元素的当量是表示元素相互作用时的重量比数值。当量要有一个标准，一元素的当量，是该元素与 1.0079 个重量单位的氢或 7.9997 个重量单位的氧相化合（或从化合物中置换出这些重量单位的氢或氧）的重量单位数。大家知道，当量以氢作标准，化合价也是以氢作标准，当量表示元素相互化合时的重量比，而化合价则表示各种元素相互化合时原子数目的比例关系。它们从不同角度反映元素之间相互作用的量的关系。它们之间有什么内在联系呢？这就是：

$$\text{元素(或单质)的当量} = \frac{\text{原子量}}{\text{化合价}}$$