

医 用 化 学

吉林医科大学

毛主席語錄

教育必須为无产階級政治服务，必須同生产勞動相結合。

我們的教育方針，應該使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到發展，成为有社会主义覺悟的有文化的勞動者。

学制要縮短。課程設置要精簡。教材要彻底改革，有的首先刪繁就簡。

中国医药学是一个偉大的宝庫，应当努力发掘，加以提高。

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

人的正確思想，只能从社会實踐中來，只能从社会的生产斗争、階級斗争和科学實驗这三項實踐中來。

目 录

緒 言.....	1	二、化学和医学的关系.....	1
一、化学研究的对象.....	1		

第一篇 无机部分

第一章 物质的组成和变化.....	2	一、酸.....	23
一、物质的变化.....	2	(一) 几种重要的酸.....	23
(一) 物理变化.....	2	(二) 酸的通性.....	24
(二) 化学变化.....	2	(三) 酸的组成、分类和命名.....	24
二、物质的性质.....	3	二、硷.....	25
三、分子.....	3	(一) 几种重要的硷.....	25
四、原子.....	4	(二) 硷的组成和命名.....	26
五、元素和元素符号.....	4	(三) 硷的通性.....	26
六、分子式.....	6	(四) 中和反应在医学上的应用.....	27
七、化合价.....	6	三、盐.....	27
八、化学方程式.....	7	(一) 分类.....	27
九、原子量与分子量.....	8	(二) 命名.....	27
十、克分子量.....	9	(三) 盐的性质.....	28
(一) 克分子和克原子.....	9	四、氧化物.....	29
(二) 克分子数.....	10	(一) 组成和命名.....	29
(三) 气体的克分子体积.....	10	(二) 分类.....	29
(四) 气体状态方程式.....	10	第四章 原子结构与分子形成.....	31
第二章 溶液.....	12	一、原子结构.....	31
一、溶液概念.....	12	(一) 原子模型.....	31
二、溶解度.....	13	(二) 原子核.....	31
(一) 饱和溶液.....	13	(三) 核外电子排列.....	32
(二) 溶解度.....	13	二、分子形成.....	35
三、物质的结晶.....	14	(一) 离子键.....	35
(一) 结晶.....	14	(二) 共价键.....	36
(二) 结晶水.....	14	(三) 配价键.....	37
(三) 风化和潮解.....	15	(四) 极性分子与非极性分子.....	38
四、溶液浓度.....	16	(五) 络离子和络合物的生成.....	39
(一) 百分浓度.....	16	三、氧化还原反应.....	40
(二) 克分子浓度.....	18	第五章 元素周期律和周期表.....	43
(三) 由浓溶液配稀溶液时的计算.....	20	一、元素周期律.....	43
第三章 酸、硷、盐和氧化物.....	23	(一) 原子核外电子排列的周期性.....	43

(二) 元素的金属性与 非金属性的周期性变化.....43	(一) 溶液的酸碱性.....61
(三) 元素化合价的变化.....45	(二) pH 值62
(四) 元素周期律.....45	(三) pH 值的测定63
二、元素周期表.....46	第八章 电解质溶液中的化学反应.....65
三、元素周期表里元素性质 变化的规律.....47	一、离子反应.....65
(一) 元素的金属性与 非金属性的变化规律.....47	(一) 沉淀反应.....65
(二) 元素化合价的变化规律.....48	(二) 生成弱电解质的反应.....66
第六章 化学反应速度与化学平衡.....50	(三) 生成气体的反应.....66
一、化学反应速度.....50	二、盐的水解.....67
二、影响反应速度的外界因素.....50	(一) 强酸弱酸盐的水解.....67
(一) 温度对反应速度的影响.....50	(二) 弱酸强酸盐的水解.....67
(二) 浓度对反应速度的影响.....51	(三) 弱酸弱酸盐的水解.....68
(三) 催化剂对反应速度的影响.....51	(四) 强酸强酸盐不水解.....68
三、化学平衡.....52	三、当量69
(一) 可逆反应与不可逆反应.....52	(一) 当量概念.....69
(二) 可逆反应的动态平衡.....52	(二) 克当量、毫克当量、 克当量数、毫克当量数.....70
四、化学平衡的移动.....53	(三) 当量浓度70
(一) 温度对化学平衡的影响.....53	(四) 有关当量浓度和 溶液配制的计算.....70
(二) 浓度对化学平衡的影响.....54	(五) 离子的毫克当量浓度.....73
(三) 压力对于化学平衡的影响.....54	(六) 当量定律.....74
(四) 催化剂对化学平衡的影响.....55	四、中和反应在分析化学上的应用.....74
(五) 吕·查德里原理.....55	(一) 分析化学概述.....74
第七章 电解质溶液.....56	(二) 中和法.....75
一、溶液的导电性.....56	第九章 缓冲溶液和溶液渗透压.....80
二、电解质的电离过程.....57	一、缓冲溶液.....80
(一) 离子化合物的电离.....57	(一) 缓冲溶液的作用及组成.....80
(二) 极性分子化合物的电离.....57	(二) 缓冲溶液的 pH 值.....81
三、电离式.....58	(三) 缓冲能力.....81
四、电离平衡和电离度.....59	(四) 缓冲溶液的配制.....82
(一) 电离平衡.....59	二、溶液的渗透压.....84
(二) 电离度.....60	(一) 渗透作用.....84
(三) 电离平衡的移动.....60	(二) 渗透压.....85
五、溶液的酸碱性 and pH 值.....61	(三) 渗透压在医学上的意义.....86

第二篇 有机部分

第一章 基本概念.....88	二、学习有机化合物的目的与意义.....89
一、有机化合物的定义.....88	三、有机化合物的特性.....89

四、有机化合物的分子 结构与同分异构现象.....90	(四) 重要的单一官能团羧酸..... 129
五、有机化合物的分类.....93	二、复合官能团羧酸..... 131
第二章 烃及其卤素取代物.....96	羧基酸..... 131
一、烃的概念及其分类.....96	(一) 羧基酸的结构及分类..... 131
二、链烃.....96	(二) 醇酸的命名方法..... 132
(一) 饱和烃——烷烃.....96	(三) 羧基酸的主要化学性质..... 132
(二) 不饱和烃——烯烃和炔烃... 100	(四) 重要的醇酸及酚酸..... 134
三、环烃..... 103	酮 酸..... 138
(一) 芳烃..... 103	(一) 酮酸的结构及命名方法..... 138
(二) 脂环烃..... 105	(二) 酮酸的化学性质..... 138
四、烃的卤素取代物..... 106	三、羧酸的衍生物..... 139
第三章 羧基化合物及其 衍生物(醇、酚、醚)..... 108	(一) 无机酸酯..... 139
一、醇类化合物..... 108	(二) 有机酸(羧酸)酯..... 139
(一) 醇的概念及其分子结构..... 108	第六章 脂类及甾族化合物..... 142
(二) 醇类化合物的命名方法..... 108	一、脂类化合物..... 142
(三) 醇类化合物的分类..... 109	(一) 油脂..... 142
(四) 醇类化合物的性质..... 111	(二) 类脂..... 144
(五) 重要的醇类化合物..... 113	二、甾族化合物..... 146
二、酚类化合物..... 115	(一) 甾(母体)的结构..... 146
(一) 酚类化合物的分子 结构及其分类..... 115	(二) 重要的甾族化合物..... 147
(二) 酚类化合物的命名方法..... 115	第七章 碳水化合物(糖类)..... 150
(三) 重要的酚类化合物..... 116	一、碳水化合物的概念及分类..... 150
三、醚类化合物..... 118	二、单糖..... 151
(一) 醚的分子结构..... 118	(一) 单糖的旋光异构 现象和构型..... 151
(二) 重要的代表物——乙醚..... 118	(二) 单糖的分子结构 和互变异构现象..... 154
第四章 羰基化合物(醛、酮、醌) ... 121	(三) 单糖的鉴定反应..... 156
一、醛和酮..... 121	(四) 单糖的化学性质..... 157
(一) 醛和酮的分子结构..... 121	(五) 重要的单糖..... 158
(二) 醛和酮的化学性质..... 121	三、二糖..... 160
(三) 重要的醛和酮..... 123	(一) 二糖的概念及分子的组成... 160
二、醌..... 124	(二) 二糖的分类及分子结构..... 160
(一) 苯醌..... 124	(三) 重要的二糖..... 161
(二) 萘醌..... 124	四、多糖..... 164
第五章 羧酸及其衍生物..... 126	(一) 淀粉..... 164
一、单一官能团羧酸..... 126	(二) 糖元..... 166
(一) 分类及命名方法..... 126	(三) 纤维素..... 166
(二) 羧酸的同分异构现象..... 127	五、甙(配糖体)..... 167
(三) 性质..... 127	第八章 含氮及含硫的有机化合物..... 170
	一、含氮的有机化合物..... 170

(一) 胺类·····	170	(二) 蛋白质的胶体性质·····	185
(二) 酰胺类·····	172	(三) 蛋白质的变性·····	187
二、含硫的有机化合物·····	173	五、蛋白质的分类·····	188
(一) 硫醇类·····	174	(一) 单纯蛋白质·····	188
(二) 磺酰胺类·····	175	(二) 结合蛋白质·····	188
第九章 蛋白质 (阮) ·····	178	第十章 杂环化合物及生物硷·····	191
一、蛋白质在医学上的重要意义·····	178	一、杂环化合物·····	191
二、蛋白质的分子组成·····	178	(一) 杂环化合物的结构及分类·····	191
(一) 蛋白质中所含有的元素·····	178	(二) 杂环化合物的命名方法·····	192
(二) 组成蛋白质分子的		(三) 杂环化合物的主要性质·····	192
基本单位——氨基酸·····	179	二、生物硷·····	193
三、蛋白质的分子结构·····	181	(一) 生物硷的概念	
(一) 肽键和多肽链·····	181	及其在医学上的重要意义·····	193
(二) 其它的化学键·····	182	(二) 生物硷的性质·····	194
四、蛋白质的性质·····	182	(三) 主要的生物硷·····	194
(一) 蛋白质的一般性质·····	182		
附录一 在15°C时强酸的比重·····	197	附录三 希腊字母表·····	199
附录二 酸、硷和盐的溶解性表·····	198		

吉林医科大学化学教研室编

一九七三年四月

緒 言

一、化学研究的对象

毛主席指出：“人們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，从自然里得到自由。”化学就是研究自然界中物质的组成、结构、性质和化学变化规律的一门自然科学。

物质是在人的意识以外，独立存在的一切东西；也就是不以人的主观意识为转移的客观存在。树木、房屋、空气、水、盐、糖、酒精、光、电等等都是物质，人体当然也是物质。

物质是经常不断地处于运动之中，自然界没有不运动的物质，也没有脱离物质的运动。运动不是仅仅指物质在空间的移动，它包括自然界和社会中所有的变化。物质运动变化有许多不同的形式，例如物理运动（物理变化）、化学运动（化学变化）和生物运动（生命现象）等等。化学主要就是研究化学变化这一运动形式。

二、化学和医学的关系

化学与医学之间的关系相当密切。医学的任务是研究人体生理现象和病理现象的规律，寻求防病治病的方法以保障人民的身体健康。人体内的一切生理现象和病理现象都是以体内的代谢作用为基础；而体内代谢作用又与体内发生的一些复杂的化学变化密切相连。所以要了解人体内生理上和病理上的许多现象，就非具有一定的化学知识不可。

医学的重要任务是疾病的预防。利用化学药品如漂白粉、石炭酸、滴滴涕、六六六等可杀虫灭菌，除四害以防疾病。在公共卫生方面须用化学方法进行饮水分析、空气分析、食物分析。在劳动卫生方面须用化学方法进行尘粉分析、毒气分析、毒气化验等以保障工人健康。

治疗疾病必先进行诊断，化学在疾病诊断上起着重要的作用。例如利用化学方法测定尿中糖含量可以诊断糖尿病，化验尿中蛋白含量可以诊断泌尿系统的疾病。

治疗疾病的方法有多种，而药物治疗法应用很广。对于传染性疾病，利用药剂以杀虫灭菌，其效果更为可靠。所有药物都是化学物质。药物的药理作用，又多与药物的化学性质和结构有关。某些天然药物可以治病，是因为其中含有某种有疗效的化学成分。利用化学方法可以将天然药物中的有效成分分离提出，使其疗效更为准确可靠，如从麻黄中提出麻黄碱，从铃兰中提出铃兰毒甙等。利用化学方法还可以合成自然界中并不存在的药物，如阿斯匹林、磺胺等。

在继承祖国医药学遗产，加以发掘整理提高，创造祖国新医学的艰巨工作中，化学负担着研究中药的重要责任。将继续对中草药进行研究，分离其中有效成分，一方面供给药理和临床作观察实验，另一方面确定有效成分的化学组成和结构，以备进一步人工合成。

我们这一化学课程，它的任务是使学员获得最基本、最一般的化学知识，复习、巩固充实提高中学所学的化学内容，为以后学习医学准备必要的条件。所以这门课程，一方面必须讲授基础的化学知识，另一方面也必须适当的联系医学有密切相关的内容。

我们这本化学讲义，包括无机和有机两部分。无机部分中还稍加入一点分析的内容。

第一篇 无机部分

第一章 物質的組成和变化

一、物質的变化

毛主席指出：“对于物質的每一种运动形式，必須注意，它和其它各种运动形式的共同点，但是尤其重要的，成为我們認識事物的基础的东西，則是必須注意它的特殊点，就是說，注意它和其它运动形式质的区别。”我们首先必須对于物理变化和化学变化这两种不同的运动形式加以注意和区别。

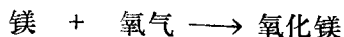
(一) 物理变化

物质有固体、气体、液体三种体态。液态水加热可变成水蒸气、水蒸气受冷又可凝成水，水继续冷却则会结成冰。无论是水变气还是水变冰，这只是物质体态上的改变，而没有生成别的物质，这种没有新物质生成的变化叫做物理变化。

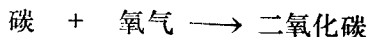
钢铁制成锄头、铜絲变热和药物粉碎等，都属于物理变化。

(二) 化学变化

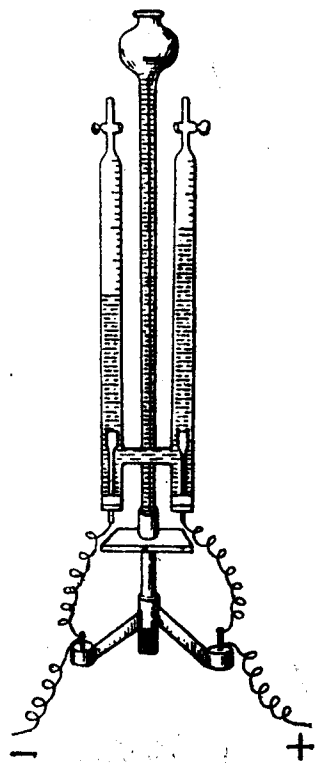
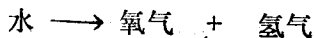
将镁条加热到一定程度，镁条就发出热和耀眼的光，并生成一种白色的物质。这是因为镁与空气中的氧气结合产生了氧化镁。这一变化可用式子表示如下：



同样，木炭加热就会有一种无色的气体产生。木炭的主要成分是碳，它可与氧结合生成二氧化碳：



水在一般情况下相当稳定，但在高温或通电时，则能分解成氧气和氢气（图一）。用式子表示为：



图一 水的电解

在上面这些变化中，都有新物质生成，这些有新物质生成的变化叫做化学变化，也叫化学反应。由两种或两种以上物质生成一种新物质的化学反应叫做化合反应，简称化合。由一种物质生成两种或两种以上的物质的化学反应叫分解反应，简称分解。物质起剧烈的化学变化产生热和光的现象叫做燃烧。

化学变化和物理变化常常同时发生。例如给镁条加热的时候，镁条受热温度升高是物理变化，镁与氧气化合生成氧化镁是化学变化。一般说来，在物理变化里不一定同时发生化学变化，但是在化学变化过程里，一定同时发生物理变化。

二、物质的性质

所谓性质就是物质具有的特征，我们可以根据物质的性质来辨认物质。在已知的两种物质中，可根据一定的性质加以鉴别。例如，根据味道可以辨别白糖和食盐，根据颜色可以辨别铜和铁，根据气味可以辨别水和酒精，根据硬度可以辨别金钢石和玻璃，根据气味或比重也可以区别水和氯仿。（比重是指每毫升液体或溶液的重量。）

不同物质发生物理变化的情况亦不相同。在一个大气压下，水 100°C 沸腾，而氧在 -183°C 就沸腾。液体在一个大气压下沸腾的温度称为该液体的沸点，水的沸点为 100°C ，酒精的沸点为 78.3°C 。水的冰点为 0°C ，氧为 -219°C 。所谓冰点，就是液体在一个大气压下结冰的温度。

物质的颜色、气味、味道、比重、硬度、沸点、冰点、光泽以及金属导电性、导热性等性质，都不需要物质发生化学变化就能表现出来，这类性质叫做物理性质。

物质的有些性质要在发生化学反应时才能表现出来，这类性质叫做化学性质。例如镁能燃烧；氧气有助燃性，带有火星的木柴在氧气中就可复燃；氢气与氧气还可化合成水并放出大量的热等。我们也可利用化学性质来鉴别物质，根据氧的助燃性可以区别氢气和氧气，也可区别氮气和氧气，因为氮气没有助燃性。

有为一种物质专有的性质，也有为多种物质共有的性质。有时几种不同物质具有几种相同的性质，但也必定具有彼此不同的性质。我们正是利用不同的性质来辨别不同的物质。

物质的性质不但确定物质的种别，也确定物质的用途。我们使用某种物质，实际上是利用那种物质的某种性质。我们对某种物质进行加工改造，实际上也是为了改变它的某种性质。

三、分 子

物质是由许多很小很小的颗粒组成的。水就是由很多很多人眼看不见的水微粒构成的，每一个水微粒的化学性质和水完全相同，并且能独立存在。这种能独立存在并保持原物质化学性质的微粒，就叫做分子。

同样，镁、氧气、氢气和二氧化碳等物质也都是由分子组成的，这些物质具有什么化学性质，它们自己的分子也同样具有什么化学性质，每一个分子也都可以单独存在。

分子都在不停地运动，桌上的水滴可以变小，甚至全部“跑掉”，湿的衣服能晾干，这都是水分子运动进入了空中。我们所以闻到酒精的气味，就是因为酒精分子不断飞散出来，进入了鼻孔的结果。

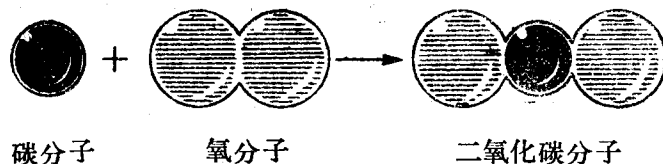
物质在发生物理变化时，分子并不发生变化，所以仍然是原来的物质。物质发生化学变化时，它们的分子起了变化，所以生成别的物质了。

由同一种分子构成的物质就是纯净物，纯水中就只有水分子，纯氧中就只有氧分子。由不同种分子组成的物质就叫混合物。空气就是由氧气、氮气、二氧化碳以及少量惰性气体等构成的混合物。在化学中说水、氧的性质，都是指其纯净物的性质。

四、原 子

在分解反应里，一种物质分解成多种物质，这说明分子是由更小的微粒组成的，这种更小的微粒叫做原子。一个水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的；一个氢分子是由两个氢原子组成的；一个氧分子是由两个氧原子组成的；一个二氧化碳则是由两个氧原子和一个碳原子组成的；每一个碳分子即是一个碳原子。

在物理变化中，分子中原子之间的结合没有被破坏，所以分子没有改变。在化学反应中，分子内的原子间，经过重新组合，生成了新的分子。以碳与氧气的化合为例，并用示意图表示如下：



图二 碳和氧的化合反应示意图

一个碳原子与两个氧原子结合成为二氧化碳分子。

在化学反应中，一种原子不会变成另外一种原子，氧原子不会变为氢原子，氢原子也不会变成碳原子，只是物质分子内的原子发生了重新的组合。所以说原子是物质进行化学变化的最基本微粒。

五、元素和元素符号

无论是水中的氧原子还是氧气中的氧原子，都是同一种原子，都具有相同的性质。这种氧原子总称为氧元素。同样，氢原子总称为氢元素，碳原子总称为碳元素。所以说，元素是同种原子的总称，是构成物质的“基本材料”。

自然界的各种元素，有两种存在形态：一种是游离态，是以一种元素单独组成物质而存在的形态；另一种是化合态，是一种元素与它种元素结合组成物质而存在的形态。物质的分子是由一种元素组成的，这种物质叫做单质，氢气、氧气都是单质。由两种或两种以上元素

组成的物质叫做化合物。水、二氧化碳、氧化镁等都是化合物。

为方便起见，元素用它的拉丁名第一个字母的大写来表示。如氧用“O”表示；氢用“H”表示；碳用“C”表示；元素符号不仅可以代表元素种类，还可以表示原子的个数。如O不仅表示氧元素还表示一个氧原子，如果写2“O”则表示两个氧原子。

两种元素的拉丁名的第一个字母相同，如碳、钴和铜，后两种元素就用两个字母表示，这时第一个字母必须大写，第二个字母必须小写，如钴应写成Co，不能写成CO，铜应写成Cu而不能写成cU。

现在人们已经发现的元素共有105种，与医药关系比较密切的只有三十多种，如表一所示。

表一 常见元素表

元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量
氧	O	16.0	铁	Fe	55.8
氢	H	1	锡	Sn	118.7
氮	N	14.0	汞	Hg	200.6
氟	F	19.0	钾	K	39.1
氯	Cl	35.5	钠	Na	23.0
溴	Br	79.9	钙	Ca	40.1
碘	I	126.9	镁	Mg	24.3
碳	C	12.0	铅	Pb	207.2
硫	S	32.1	钡	Ba	137.3
硅	Si	28.1	锌	Zn	65.3
磷	P	31.0	铝	Al	27.0
砷	As	74.9	锰	Mn	54.9
硼	B	10.8	铬	Cr	52.0
金	Au	197.0	锑	Sb	121.8
银	Ag	107.9	铋	Bi	209.0
铜	Cu	63.5	钼	Mo	95.9

在常温常压下，单质为气体的元素，其名称用气字头表示，如氢、氧、氮等。单质为固体的金属元素，用金字旁表示，如铜、铁等。单质为固体的非金属元素，则用石字旁表示，如碳、磷等。其单质为液体的，只有溴和汞（水银）两种元素。金属具有金属光泽，能打成片拉成丝，导电和导热的能力均较强，而非金属则没有这些共性，金属与非金属并没有严格的界限，有的元素既具有金属性又具有非金属性。

组成人体的元素有好几十种，现将其中含量较大的列表如下。

表二 人体的元素组成

元素符号	含量 %	元素符号	含量 %	元素符号	含量 %
O	65.0	Ca	1.5—2.2	Na	0.15
C	18.0	P	0.8—1.2	Cl	0.15
H	10.0	K	0.35	Mg	0.05
N	3.0	S	0.25		

氧是人体内最多的一种元素，主要以水的形式存在。碳、氢、氧、氮、硫、磷等元素组成糖、脂肪、蛋白质等物质。仅糖、脂肪、蛋白质这三种物质，即占人体干重的90%以上。

体内绝大部分的钙和磷形成磷酸钙存在于骨骼及牙齿中，对骨和牙的硬度起了重要的作用。少量的磷和钙以及钾、钠、氯等元素还存在于血液中。

铁(Fe)、碘(I)、锌(Zn)、铜(Cu)、钴(Co)在体内的含量虽少，但却是人体不可缺少的元素。如缺铁可以引起缺铁性贫血，缺碘会出现甲状腺肿大。

六、分子式

用元素符号还可以表示分子的组成，这种式子叫分子式。水的分子式为 H_2O ，元素符号右下角的数字，表示一个分子中该元素的原子个数，只有一个原子则不标数字。同样氢的分子式为 H_2 ，碳的分子式为C，二氧化碳的分子式为 CO_2 。

分子式不仅表示一种物质的分子组成，还代表一个分子。在分子式前加一定数值，就表示一定数目的分子，例如 $3H_2O$ 为3个水分子， $5H_2O$ 为5个水分子。

七、化合价

实验证明，在每一种化合物的分子内，各组成元素的原子个数都是固定不变的。例如，在氯化氢(HCl)分子中，一个氢原子只和一个氯原子化合；在水分子中，两个氢原子和一个氧原子化合；在氨(NH_3)分子中，一个氮原子就和三个氢原子化合。一定数目的一种元素的原子，只能跟一定数目的其他元素的原子化合，元素的这种性质叫做化合价。化合价是元素的一种重要性质。

通常把氢元素的化合价定为1，作为决定其他元素化合价的比较标准。所以在上述化合物中，氢的化合价是1价，氧的化合价是2价，氮的化合价是3价。

元素的化合价有正价和负价之分，由两种元素组成的化合物里，一种元素是正价，另一种元素一定是负价。金属元素一般显正价，非金属元素一般显负价，但与氧生成化合物的非金属通常显示正价。只有显正价的元素才能跟显负价的元素化合。

在氯化氢分子里，氢是正一价，氯是负一价，用 $H^{+1}Cl^{-1}$ 表示。在水和氨分子里，氢

都是正一价，氧是负二价而氮则是负三价，分别用 $\text{H}_2^{+1}\text{O}^{-2}$ 、 $\text{N}^{-3}\text{H}_3^{+1}$ 表示。化合物中，氢通常显 +1 价，氧通常显 -2 价。

有些元素常表现不同的化合价。如铁在氧化亚铁 ($\text{Fe}^{+2}\text{O}^{-2}$) 里显 +2 价，而在氧化铁 ($\text{Fe}_2^{+3}\text{O}_3^{-2}$) 里则显现 +3 价。碳在一氧化碳和二氧化碳里的化合价分别为 +2 和 +4 价。现将一些常见元素的化合价列表如下：

表三 一般常见元素的化合价

名 称	符 号	常见化合价	名 称	符 号	常见化合价
氢	H	+1	钠	Na	+1
氧	O	-2	钙	Ca	+2
氮	N	-3, +2, +4, +5	镁	Mg	+2
氯	Cl	-1, +1, +5, +7	铝	Al	+3
碳	C	+2, +4	铁	Fe	+2, +3
硫	S	-2, +4, +6	铜	Cu	+2
磷	P	+5	银	Ag	+1
钾	K	+1	铅	Pb	+2, +4

在化合物中，正价总数一定等于负价总数，它们的代数和等于零，这叫做等价规则。例如在 CO_2 分子中，C 是 +4 价，O 是 -2 价。

碳的正价总数 $(+4) \times 1 = +4$

氧的负价总数 $(-2) \times 2 = -4$

碳的正价总数与氧的负价总数的代数和 $= (-4) + (+4) = 0$

根据等价规则，我们可以利用分子式来确定元素的化合价。如碳酸 (H_2CO_3) 已知氢的化合价为 +1，氧的化合价为 -2，所以：

$$(+1) \times 2 + (\text{碳的化合价}) \times 1 + (-2) \times 3 = 0$$

碳的化合价 = +4

知道元素的化合价，根据等价规则，就可以写出化合物的分子式。例如，已知氧的化合价为 -2 价，铝的化合价为 +3 价，即可写出氧化铝的分子式。氧铝两元素化合价绝对值的最小公倍数是 6。用氧的化合价绝对值去除这个最小公倍数就是氧原子数，所以氧的原子数是 $6/2 = 3$ 。用铝的化合价的绝对值去除这个最小公倍数就是铝的原子数，铝的原子数是 $6/3 = 2$ 。因此氧化铝的分子式为 Al_2O_3 。在写分子式时，通常是正价元素写在前，负价元素写在后。

在单质里的元素，因为没有和其他元素化合，所以它的化合价为零。

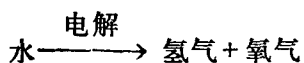
八、化学方程式

化学方程式是根据物质不灭定律，用分子式和符号来表示化学反应的式子。化学方程式又叫化学反应式，简称反应式。

实验证明：在一切化学反应中，反应前物质的总重量，等于反应后生成的各种物质的总重量。这个规律就叫做物质不灭定律。物质不灭定律是化学上的一个基本定律，它说明物质不能无中生有，也不能自行消灭，只能变化转换。实际上，这也是自然界一切变化所遵循的普遍规律。

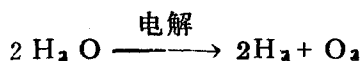
化学反应前后物质的总重量相等，这是因为，在一切化学变化中，反应物分子中的原子，完全转入生成物的分子里去了，原子既未增加，也未减少。

前面我们用简单的文字式子来表示化学反应，如电解水的反应写成：



上式只能表示反应物和生成物的种类，对于各物质分子中原子种类和数量以及反应前后原子数相等，均没有表达出来。

如果上反应用化学方程式表示就写成：



这样不但表示了参加反应的物质种类，也表示了各物质的组成，同时还表示各物质的分子个数。反应前后氢、氧两种元素的原子数相等，符合物质不灭定律，准确地表示了化学反应中反应物和生成物的量的关系。

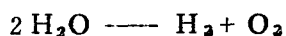
在化学方程式中，分子式前的数字叫做系数。为了使反应前后各种元素的原子数相等在分子式前配系数的过程叫配平，或平衡方程式。

下面以电解水为例，说明写化学方程式的方法：

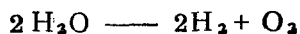
1. 将反应物的分子式写在左边，生成物的分子式写在右边，中间连一直线。



2. 配平方程式，使左右两边各元素的原子个数相等。左边有 1 个氧原子，右边有 2 个氧原子，所以水的系数应配为 2。

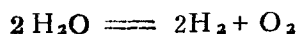


这样氢原子数还不相等，所以氢气前子前也应配上系数 2。



注意：配平方程式时，只能改变分子式前的系数，不能更改分子式。

3. 配平后，把作用物与生成物中间的直线改为等号。



九 原子量与分子量

原子的重量是非常小的。例如，氢原子的重量是 0.000,000,000,000,000,000,001,673 克；氧原子的重量是 0.000,000,900,000,000,000,000,000,026,57 克。这么小的重量

很不便于实际运用，所以在化学上就把一种碳 (C^{12}) 的原子重量的 $\frac{1}{12}$ 规定为 1 个碳单位，其重量为 0.000,000,000,000,000,000,016,6 克。其它元素的原子量就是它与碳单位比较所得的倍数。所以说原子量就是用碳单位表示的一种原子的重量。如氢的原子量为 1 个碳单位，碳 (C^{12}) 的原子量为 12 个碳单位。通常，说原子量时常把“碳单位”省去，例如说氢的原子量为 1，碳的原子量为 12。一些与医药关系较密切的元素的原子量列于表一中。

在分子中，所有原子量的总和，就是该物质的分子量。例如水是由两个氢原子和一个氧原子组成，所以

$$\begin{aligned} H_2O \text{ 的分子量} &= H \text{ 原子量} \times H \text{ 原子数} + O \text{ 原子量} \times O \text{ 原子数} \\ &= 1 \times 2 + 16 \times 1 \\ &= 18 \text{ 碳单位} \end{aligned}$$

又如氨气分子由一个 N 原子和三个氢原子组成其分子量为：

$$\begin{aligned} NH_3 \text{ 的分子量} &= 1 \times 14 + 3 \times 1 \\ &= 17 \text{ 碳单位} \end{aligned}$$

和原子量一样，通常说分子量时也把碳单位省掉。

十、克分子量

(一) 克分子和克原子

一克原子就是用原子量所表示的克数，即数值上与物质的原子量相同，而用克作单位来表示的量。例如氧的一克原子是 16 克；氢的一克原子是 1 克；氮的 1 克原子是 14 克。

一克分子就是用分子量所表示的克数，即数值上与物质的分子量相同，单位用克表示的量。例如水的一克分子为 18 克；氨的一克分子为 17 克。

克原子和克分子是一种化学上采用的特殊单位，它既能表示物质的重量，又能表示分子或原子的个数。

一克分子氢气含有 6.02×10^{23} 个分子，这个数值可用每个氢分子的重量除氢气的克分子量求得。同样的方法计算可知，一克分子的任何物质都含有 6.02×10^{23} 个分子。 6.02×10^{23} 是一个固定的数值，称为亚佛加德罗常数。所以说一克分子就是 6.02×10^{23} 个该物质分子的总重量。

克分子这一概念和分子量不同，分子量是一个分子的重量，它的单位是碳单位。而克分子则是 6.02×10^{23} 个分子的重量，它的单位是克。

同样，1 克原子也是表示某物质 6.02×10^{23} 个原子的重量，如 1 克原子氢的重量是 1 克，含氢原子个数是 6.02×10^{23} 个；1 克原子氧的重量是 16 克，含氧原子个数也是 6.02×10^{23} 个。

(二) 克分子数

我们已经知道一克分子水为 18 克，那末两个克分子的水就是 36 克，三个克分子的氨就为 51 克。物质的克分子数、克分子量和重量之间的关系，可用下式表示：

$$\text{克分子数} = \frac{\text{重量克数}}{\text{克分子量}}$$

如果用 n 表示某物质的克分子数， w 表示该物质的重量克数，则上式可写成：

$$n = \frac{w}{\text{克分子量}} \dots\dots\dots (1)$$

(三) 气体的克分子体积

气体的体积与温度、压力有关。热胀冷缩，温度升高气体的体积膨胀，温度降低时气体的体积缩小。加大压力气体体积缩小，减小压力气体的体积则增大。所以说测量一定重量的气体的体积时，必须标明温度和压力。温度为摄氏零度 (0°C)，压力为一个大气压时，这种状态叫做标准状态或标准状况。

实验证明：一克分子的任何气体在标准状态下所占的体积都是 22.4 升。这也是一常数，称为气体的克分子体积。例如 1 克分子 CO_2 、 O_2 、 H_2 在标准状态下的体积都为 22.4 升。

克分子体积用升表示数值太大，临床上多用毫克分子和毫升为单位。1 克分子 = 1000 毫克分子，1 升 = 1000 毫升。

1 克分子〔体积〕 $\text{CO}_2 = 22.4$ 升

1 毫克分子〔体积〕 $\text{CO}_2 = 22.4$ 毫升

(四) 气体状态方程式

一定量气体，在不同温度压力下，可具有不同的体积，它们的相互关系可用下式表示：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

在上式中， V_1 表示一定量气体在温度 T_1 和压力 P_1 时的体积； V_2 表示此气体在温度为 T_2 和压力为 P_2 时所佔有的体积。

如果一克分子气体在标准状态下，即气体所处压力为 1 大气压，温度为 0°C ($0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$ ， K 为绝对温度，其数值等于摄氏温度加 273)，此时气体的体积为 22.4 升，则上式变为：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{1 \times 22.4}{273} = 0.082 \frac{\text{大气压} \cdot \text{升}}{\text{度}}$$

0.082 是一常数，通常用 R 表示。如果表示一克分子气体在任何状态下的温度压力体积间的关系就可将上式写成：

$$PV = RT$$

注意 R 的单位，压力用大气压，体积用升，温度用绝对温度时，其值才是 0.082。单位发生改变， R 值亦随之改变，此点必须特别注意。

气体的量不是一克分子而是 n 克分子时，上式又可改写成：

$$PV = nRT \dots\dots\dots (2)$$

这就是气体状态方程式。式中， R 为一常数， P 、 V 、 T 三个值中，任知其中两个，就可求出第三个值。

作 业 题

1. 下列现象哪些属于物理变化? 哪些属于化学变化? 为什么?

猪油熔化 钢水铸成钢锭

电灯发光 煤油燃烧

火药爆炸

2. 两瓶无色无臭的气体, 用化学方法如何辨别哪瓶内是空气, 哪瓶内是氧气?

3. 区别下列概念

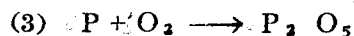
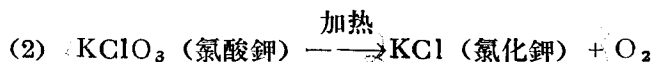
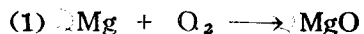
化合与分解 元素与原子

单质与化合物 纯物质与混合物

沸点与冰点

4. 计算硫化氢 (H_2S)、硫酸 (H_2SO_4) 中 S 的化合价

5. 平衡下列方程式



6. 计算食盐 (NaCl)、氢氧化钠 (NaOH)、和硫酸的分子量和克分子量。

7. 求下列物质各有几个克分子。

(1) 7.1克氯化氢

(2) 0.8克氢氧化钠

(3) 585克氯化钠

8. 在标准状态下 4.48 升氧气重若干克?