

全国中等卫生学校试用教材

化 学

(供中医、妇幼、放射专业用)

陕 西 人 民 出 版 社

全国中等卫生学校试用教材

化 学

〈供中医、妇幼、放射专业用〉

陕 西 人 民 出 版 社

编写说明

本书是由卫生部和陕西省卫生局组织有关高、中等医学院校编审的教材，供全国中等卫生学校三年制中医士、妇幼医士和放射医士等专业试用。

全书包括无机、有机和实验三部分，在内容上侧重于与医学关系比较密切的化学基础知识、基本理论和实验的基本操作技术。各章末附有习题。鉴于专业不同和地区上的差别，使用时可根据具体情况，适当掌握。

参加编写的单位有：河南省洛阳卫生学校、山东省滕县卫生学校、上海瑞金医院卫生学校、陕西省宝鸡卫生学校、陕西省卫生学校和西安市卫生学校。

本书由西安医学院审稿。

由于编写时间仓促，编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳切地希望使用本教材的同志们批评指正。

全国中等卫生学校试用教材《化学》编写组

一九七九年二月

化 学

全国中等卫生学校试用教材《化学》编写组

陕西人民出版社出版
西安新华印刷厂印刷
陕西省新华书店发行

开本 787×1092 1/16 印张 10 插页 1 字数 234 千字

1979年4月第1版 1979年6月第1次印刷

印数 1—40 150

书号：K7094·199 定价 0.78 元

目 录

绪 言	(1)
第一章 化学的基本概念	(3)
第一节 分子 原子 化学元素	(3)
一、分 子	(3)
二、原 子	(3)
三、化学元素	(3)
四、原子量 分子量	(3)
第二节 单质 化合物	(3)
一、单 质	(3)
二、化合物	(4)
第三节 物质的量单位——摩尔	(6)
一、摩尔	(6)
二、摩尔质量	(6)
三、气体的摩尔体积	(8)
第四节 当量 当量定律	(9)
一、当 量	(9)
二、元素的当量	(10)
三、化合物的当量	(11)
四、克当量和毫克当量	(12)
习 题	(13)
第二章 原子结构 分子结构 元素周期表	(15)
第一节 原子结构	(15)
一、原子的组成	(15)
二、同位素	(15)
三、原子核外电子的运动状态	(16)
四、原子结构和元素性质的关系	(19)
第二节 化学键	(19)
一、离子键	(20)
二、共价键	(20)
三、配价键	(22)
第三节 元素周期表	(23)
一、元素周期律	(23)
二、元素周期表	(24)
三、周期表和元素性质的关系	(25)

第四节 氧化——还原反应	(26)
一、氧化——还原反应	(26)
二、氧化剂和还原剂	(26)
三、医药上常用的几种氧化剂和还原剂	(27)
习 题	(27)
第三章 溶 液	(29)
第一节 分散系	(29)
一、分子或离子分散系	(29)
二、胶体分散系	(29)
三、粗分散系	(29)
第二节 溶液的浓度	(30)
一、比例浓度	(30)
二、百分浓度	(30)
三、摩尔浓度	(32)
四、当量浓度	(33)
五、溶液的稀释和浓度的换算	(34)
第三节 胶体溶液	(36)
一、丁铎尔现象	(36)
二、电泳现象	(36)
三、胶体溶液的稳定性	(37)
四、凝聚作用	(37)
第四节 高分子化合物溶液	(38)
一、高分子化合物的概念	(38)
二、高分子化合物溶液的性质	(38)
第五节 溶液的渗透压	(39)
一、渗透现象和渗透压	(39)
二、渗透压与溶液浓度的关系	(40)
三、渗透压与医学的关系	(41)
习 题	(42)
第四章 化学反应速度和化学平衡	(43)
第一节 化学反应速度	(43)
第二节 影响化学反应速度的因素	(44)
一、浓度对反应速度的影响	(44)
二、温度对反应速度的影响	(45)
三、催化剂对反应速度的影响	(46)
第三节 化学平衡	(47)
一、可逆反应和化学平衡	(47)
二、平衡常数	(48)
三、化学平衡的移动	(49)
习 题	(53)

第五章 电解质溶液	(55)
第一节 强电解质与弱电解质	(55)
一、电离度	(55)
二、强电解质和弱电解质的电离	(56)
第二节 弱电解质的电离平衡	(56)
一、电离平衡	(56)
二、电离平衡的移动和同离子效应	(57)
第三节 溶液的酸碱性和 pH 值	(58)
一、水的离子积	(58)
二、溶液的酸碱性和 pH 值	(58)
三、酸碱指示剂	(60)
第四节 盐的水解	(60)
一、弱酸和强碱组成的盐	(61)
二、强酸和弱碱组成的盐	(61)
三、弱酸和弱碱组成的盐	(61)
四、强酸和强碱组成的盐	(62)
第五节 缓冲溶液	(62)
一、缓冲溶液的组成	(62)
二、缓冲溶液的作用原理	(63)
三、缓冲作用在医学上的意义	(64)
习 题	(64)
第六章 烃	(65)
第一节 有机化合物的概述	(65)
一、有机化合物和有机化学	(65)
二、有机化合物的特性	(65)
三、有机化合物的结构特点	(66)
四、有机化合物的分类	(67)
第二节 开链烃	(68)
一、饱和链烃(烷烃)	(68)
二、不饱和链烃	(72)
第三节 闭链烃	(76)
一、脂环烃	(76)
二、芳香烃	(77)
习 题	(81)
第七章 烃的衍生物	(83)
第一节 醇 酚 醚	(85)
一、醇	(83)
二、酚	(87)
三、醚	(88)
第二节 醛和酮	(89)

一、醛和酮的结构	(89)
二、醛和酮的命名	(89)
三、醛和酮的化学性质	(90)
四、几种常见的醛和酮	(92)
第二节 羧酸和具有复合官能团的羧酸	(93)
一、羧酸	(93)
一、具有复合官能团的羧酸	(95)
第四节 胺和酰胺	(99)
一、胺	(99)
二、酰胺和尿素	(102)
习 题	(103)
第八章 杂环化合物和生物碱	(105)
第一节 杂环化合物	(105)
一、杂环化合物的分类及命名	(105)
二、常见的几种含杂环的化合物	(107)
第二节 生物碱	(108)
一、生物碱的一般性质	(108)
二、常见的几种生物碱	(108)
习 题	(110)
第九章 脂 类	(111)
第一节 油 脂	(111)
一、油脂的组成	(111)
二、油脂的性质	(112)
第二节 类 脂	(113)
一、磷 脂	(113)
二、甾 醇	(114)
习 题	(115)
第十章 糖 类	(116)
第一节 单 糖	(116)
一、葡萄糖	(116)
二、果 糖	(119)
三、核糖和脱氧核糖	(120)
第二节 双 糖	(121)
一、蔗 糖	(121)
二、麦芽糖	(122)
三、乳 糖	(122)
第三节 多 糖	(123)
一、淀 粉	(123)
二、糖 元	(124)
三、纤维素	(124)

习 题	(124)
第十一章 氨基酸和蛋白质	(125)
第一节 氨基酸	(125)
一、氨基酸的结构和分类	(125)
二、氨基酸的性质	(125)
第二节 蛋白质	(130)
一、蛋白质的分子组成和结构	(130)
二、蛋白质的性质	(131)
三、结合蛋白质	(134)
习 题	(137)
化学实验	(138)
实验室规则	(138)
实验一 化学实验基本操作	(139)
实验二 溶液及胶体溶液	(141)
实验三 化学平衡与电解质溶液	(143)
实验四 烃的性质	(144)
实验五 醇 酚 醛	(145)
实验六 羧酸 胺 油脂	(146)
实验七 糖	(147)
实验八 蛋白质	(148)
附 录	(150)
一、国际原子量表	(150)
二、酸、碱和盐的溶解性表	(151)
三、实验室常用酸碱的浓度	(152)
四、常用的量度单位及换算	(152)
五、化学元素周期表	(153)

绪 言

世界是物质的。物质世界是人类生活的基础。物质就是“作用于我们的感官而引起感觉的东西；物质是我们感觉到的客观实在。”自然界的物质种类虽然繁多、存在的形式各不相同，但它们都是不断运动、变化和发展的，彼此间既有本质上的差异，又互相联系，可以互相转化。自然科学就是研究物质和物质的相互关系及其运动形式的。化学是自然科学中一门重要的基础科学。它是研究物质的组成、结构、性质、变化及其合成的一门科学。

人类在与自然界长期斗争的过程中，积累了丰富的生产实践的经验和科学实验的成果，逐渐认识了化学现象和化学变化的规律，并把这些知识再应用到实践中去，反复地经受检验，通过“实践、认识、再实践、再认识”的过程，使化学科学逐步完善和发展起来。

我国是世界文明发达最早的国家之一。我国人民创造了灿烂的古代科学文化，在人类文明发展史上，曾经有过杰出的贡献。在化学方面也有过许多重大的发明创造。象造纸、制火药、烧陶瓷都早已闻名世界；在油漆、染色、酿造、制革、制糖、金属冶炼以及药物等化学工艺方面，也都有重大的贡献。只是到了近代，由于封建制度的日益腐败，外国的侵略，统治阶级的黑暗反动，我国的科学技术发展停滞了，化学科学和化学工业处于极端落后的状态。

解放后，在毛泽东同志为首的党中央的领导下，我国人民已把一个一穷二白的旧中国改造成为初步繁荣昌盛的社会主义新中国。我国化学科学和化学工业得到了迅速的发展。合成塑料、合成纤维、合成橡胶等化学工业都从无到有的建立和发展起来。化肥、农药以及酸、碱等基本化工产品的产量都有了飞速的增长。特别是石油工业的发展更是突飞猛进。现在，我国的石油不但已经完全自给，而且原油和石油产品还有出口。我国合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素，又相继完成了胰岛素晶体结构的测定。从而使人类在认识生命、揭开生命奥秘的伟大历程中，又向前迈进了一大步。展望未来，我们充满着无限的信心。在华国锋同志为首的党中央领导下，我国民族历史上最灿烂的科学的春天已经到来，化学科学和化学工业一定会成果累累，蓬勃发展。

“科学技术的基本任务，是为了发展生产，同自然界作斗争。”我们认识化学现象的本质，掌握化学变化的规律，就是为了发展生产，同自然界作斗争，加速四个现代化的进程，提高人民的物质生活水平。运用化学变化的规律，不仅可以把天然资源加工成各种产品（如化肥、农药、塑料、炸药、汽油、合成纤维、合成橡胶等）。同时，还可以对工业的废气、废液、废渣进行综合利用，做到变废为宝，化害为利，既使天然资源得到充分地利用，又保护了环境，为人民造福。在工业现代化建设中，化学不仅与化工生产有直接的联系，而且对于其它工业的生产，如冶金、交通运输、机械制造、染料、食品、药物、半导体等等，也都有重要的作用。而且，高分子材料的合成，能源的合理使用及新能源的探索都和化学有密切关系。在发展现代化农业中所需要的化肥、农药、

除草剂、植物激素以及土壤的改良，对化学都提出了重大的任务。同时，与农业现代化密切相关的分子生物学、遗传工程学等也都是以化学为基础的。现代国防装备是建立在先进的科学技术和广阔的物质基础之上的。国防工业所需要的各种合成材料、高能燃料、炸药都和化学有着直接的联系。总之，化学对建设伟大的社会主义的现代化强国，有着极其重要的作用。

化学与医药学也有密切的关系。人体中各种组织都是由化学物质所组成的。人体的一切生理现象和病理现象都与体内的化学变化有关。为了研究生理上或病理上的种种现象，就必须具有一定的化学知识。生物化学就是应用化学的原理和方法，研究人体所进行的各种复杂的化学变化的一门科学。为了正确地使用药物，从而达到治疗疾病的目的，就必须对各种药物的组成成分、化学结构、药物性质以及它们在人体内发生的变化与作用，都应该有全面地认识，同时，中草药有效成分的提取鉴定等，这些都需要丰富的化学知识。在诊断疾病时，常常要对血、尿、粪便等进行各种化学检验，以帮助诊断。在卫生防疫和卫生检验中的水质分析，食品检验和毒物分析，都和化学有关。放射性同位素在医学上的广泛应用，更密切了医学和化学的关系。而且，随着医学科学的进展，对遗传、变异、疾病、死亡等生命过程的探索，越来越显示出医学和化学的密切关系。所以，化学是学习医学科学不可缺少的基础课程之一。

学习化学必须首先树立为加速实现新时期的总任务而勤奋学习的思想，坚持又红又专的方向。在学习中，对于化学的基础理论、基本知识要准确地理解，牢固地掌握。运用辩证唯物主义的观点，分析各种化学现象的本质，认识它们的规律性，掌握物质的内部矛盾和各类物质间的相互关系。

化学是以实验为基础的一门科学，必须坚持理论联系实际的原则，重视实验课的学习。这样，既可加深和巩固所学的化学知识，又能掌握化学实验的基本操作技能，并培养实事求是的科学态度。

华国锋同志为首的党中央，号召我们提高整个中华民族的科学文化水平，向科学技术现代化进军。这是中国人民伟大而光荣的历史使命。让我们树雄心、立壮志，努力学好化学，为掌握医学科学技术，保障人民健康做出贡献。

(西安市卫生学校 孟龙韬)

第一章 化学的基本概念

第一节 分子 原子 化学元素

一、分子

分子是构成物质的一种微粒，它保持着原物质的化学性质。这种保持物质化学性质的最小微粒叫做分子。分子是以运动的形式存在的。分子之间有一定的间隔，这种间隔如果很大，物质就呈气态，如果间隔较小，物质就呈液态或固态。物质具有三态的变化，就是由于随着温度的变化而构成物质的分子之间的间隔大小发生变化的缘故。

同种物质的分子的大小、质量和性质相同。不同种物质的分子，它们的性质各不相同。物质的性质是由构成它的分子的性质所决定的。

二、原子

分子是很小的，但它还可以再分。在化学反应中，分子可以分成更小的微粒，这种微粒不再保持原分子的化学性质，而且在化学反应中不能再分。这种在化学反应中的最小微粒叫做原子。

三、化学元素

具有相同核电荷数（即质子数）的同一类原子总称为元素。例如，氧元素就是所有氧原子的总称，碳元素就是所有碳原子的总称。所以说元素是指质的泛称。自然界物质的种类非常多，但是构成这些物质的元素并不多。到目前为止，被人们公认的元素有107种。

四、原子量 分子量

原子和分子虽然很小，但它们还是有一定的质量。原子量是原子的相对质量，它是用一种元素的一个原子的质量跟一个 C^{12} 原子的质量的 $1/12$ 相比较所得的数值。由此可见，原子量只是一个比值，它是没有单位的。

一个分子中各原子的原子量的总和就是分子量。

第二节 单质 化合物

化学物质分成无机物和有机物两大类。根据物质的组成和性质，无机物又分成单质和化合物两类。

一、单质

由同种元素所组成的物质叫做单质。单质根据性质的不同，一般分成金属和非金属。

金属在通常情况下，除汞是液态外都是固态。一般具有金属光泽和延展性，容易传热、导电，比重较大，质坚硬，熔点较高。

非金属一般没有金属所具有的特征。通常没有金属光泽，质脆、不善于传热、导电。

除溴是液态外，有的是固态，也有的是气态。

金属和非金属之间并没有严格的界限。有些单质既具有金属的性质，又具有非金属的性质。例如，铋就是质脆、容易磨碎，而导电和传热的性质都比较差的一种金属。所以也称它为半金属。

此外，象氦、氖、氩、氪、氙等惰性气体，又构成非金属中特殊的一类。它们的化学性质比较稳定，在空气中的含量很少，因而也叫做稀有气体。

二、化合物

由不同种元素所组成的物质叫做化合物。常见的化合物按其组成和性质又分成氧化物、酸、碱、盐。

• (一) 氧化物

氧化物是由氧和另一种元素所组成的化合物。根据组成和化学性质的不同可分为：

1. 酸性氧化物

凡能与碱起反应，生成盐和水的氧化物叫做酸性氧化物。非金属氧化物大多是酸性氧化物。例如 CO_2 、 SO_3 、 P_2O_5 等。

2. 碱性氧化物

凡能与酸起反应，生成盐和水的氧化物叫做碱性氧化物。金属氧化物大多是碱性氧化物。例如 Na_2O 、 CaO 、 MgO 等。

3. 两性氧化物

少数氧化物兼有酸性氧化物和碱性氧化物的性质，它既能与酸反应生成盐和水，又能与碱反应生成盐和水，这类氧化物叫做两性氧化物。例如 ZnO 、 Al_2O_3 等。

4. 惰性氧化物

凡既不能与酸或碱作用生成盐，又不能与水作用生成酸或碱的氧化物叫做不成盐氧化物。例如 NO 、 CO 等。这类氧化物也叫做惰性氧化物。

(二) 酸

凡电解质电离时，所生成的阳离子全部是氢离子的化合物叫做酸。酸可根据组成中是否含有氧元素而分为含氧酸和无氧酸。

由于酸类在水溶液里都能电离出氢离子，所以它们具有一些相似的化学性质。

常见的酸有下列几种：

1. 盐酸 HCl

盐酸是氯化氢气体的水溶液。浓盐酸是无色有刺激性气味的液体，易挥发。稀盐酸在医药上可用于治疗胃酸缺乏症。

2. 硫酸 H_2SO_4

纯硫酸是无色粘稠液体，不易挥发，有强烈的吸水性和腐蚀性，是强氧化剂。硫酸溶于水时放出大量的热，因而在稀释浓硫酸时，应小心地把浓硫酸慢慢倒入水中，切不可将水倒入浓硫酸中。

3. 硝酸 HNO_3

硝酸是无色易挥发液体。它是强酸，也是强氧化剂，具有强烈腐蚀性。

4. 硼酸 H_3BO_3

硼酸是无色固体，微溶于水。硼酸的水溶液具有弱酸性，在医药上可用作眼、耳等器官的消毒剂。

(三) 碱

凡电解质电离时，所生成的阴离子全部是氢氧根离子的化合物叫做碱。由于碱类在水溶液中能都电离出氢氧根离子，所以它们也都有些相似的性质。

常见的碱有下列几种：

1. 氢氧化钠 NaOH

氢氧化钠是白色固体，有强烈的腐蚀作用，俗名烧碱或火碱。固体氢氧化钠在空气中很容易吸收水分和二氧化碳而生成碳酸钠，所以应密封保存。氢氧化钠在临床检验上用作测定胃酸含量的试剂。

2. 氢氧化铝 $\text{Al}(\text{OH})_3$

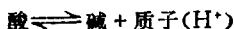
氢氧化铝是白色固体，它具有酸和碱两种性质，所以叫做两性氢氧化物。氢氧化铝在医药上常用于中和胃酸。它是胃舒平的主要成分。

3. 氨水 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

氨水是氨气的水溶液。氨气溶于水后可产生少量氢氧根离子，所以氨水呈弱碱性。氨水是一种常用的氮肥。很稀的氨水在外科手术上有时可用作皮肤消毒剂。氨水与酸反应生成铵盐。医药上氯化铵用作祛痰剂，溴化铵用作镇静剂。

(四) 酸碱的质子理论

酸碱的质子理论认为，凡能给出质子的物质都是酸，凡能与质子结合的物质都是碱。按照质子理论，酸和碱不是彼此分离的，而是统一在对质子的关系上。这种关系是：



从上述这些例子可以看出，酸可以是中性分子，也可以是阳离子或阴离子，它们都含有氢原子，并在反应中放出质子。原来在酸中与质子相结合的部分就是碱。碱也可以是中性分子、阳离子或阴离子。根据质子理论，酸和碱的概念更广泛得多了。例如，氨分子能接受质子，所以是碱；而铵离子能给出质子，所以是酸。而含氢的酸根离子，既能给出质子，也能接受质子，所以是两性化合物。当一种酸给出质子后，剩下的部分又能结合质子。也就是酸给出质子后变成碱，碱结合质子后就变成酸。这种酸碱关系正好体现了酸碱的相互依存和相互转化的辩证关系。

(五) 盐

盐是酸与碱中和反应的产物，是由金属离子（包括铵离子）和酸根离子组成的。盐类可分为以下几种：

1. 正盐：正盐是酸中的氢离子与碱中的氢氧根离子完全被中和的产物。所以正盐的分子中只含有金属离子（包括 NH_4^+ ）和酸根。例如， NaCl 、 MgSO_4 等。

2. 酸式盐：酸式盐是酸中的氢没有全部被中和的产物，所以分子中除含有金属离子（包括 NH_4^+ ）和酸根外，还含有氢。例如， NaHCO_3 、 NaH_2PO_4 等。

3. 碱式盐：碱式盐是碱中的氢氧根没有全部被中和的产物，所以分子中除含有金属离子（包括 NH_4^+ ）和酸根外，还含有氢氧根。例如， $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。

4. 复盐：复盐是分子中含有两种金属原子和酸根，而且在溶液里仍可分解为组成它的盐。例如，硫酸铝钾（明矾） $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 等。

第三节 物质的量单位——摩尔

一、摩尔

原子和分子都是很小的，它们的质量都很轻。在实际化学反应中又不是几个、几十个原子或分子参加反应，而是成千亿万个原子或分子参加反应的，如果我们用原子、分子的个数来表示物质的数量多少，就好比用米粒的个数来表示米的数量一样，既没有实际意义，又太不方便。为了满足科研和生产上的需要，国际上规定用一种新的物理量来表示构成物质的粒子数目的多少。这个物理量叫做物质的量。物质的量是表示组成物质的粒子（基本单元）的数目多少的一个物理量。物质的量的单位叫做摩尔，符号用 mol 表示。

摩尔是一个系统的物质的量。当某一定量的物质中，所包含的结构粒子（基本单元）数目和 0.012 千克（即 12 克） C^{12} 的原子数目相等，则由这些粒子所构成的物质的量就是 1 摩尔。结构粒子可以是原子、分子、离子或其它粒子。

0.012 千克 C^{12} 里所含的原子数目究竟是多少呢？我们知道，一个 C^{12} 原子的实际质量的 $1/12$ 是 1.66×10^{-24} 克，而 C^{12} 的原子量是 12，所以

一个 C^{12} 原子的实际质量 $= 1.66 \times 10^{-24}$ 克 $\times 12 = 1.992 \times 10^{-23}$ 克

因而 0.012 千克 C^{12} 里所含的原子数目是：

$$\frac{0.012 \times 1000}{1.992 \times 10^{-23}} = 6.02 \times 10^{23}$$

6.02×10^{23} 这个数值叫做阿佛加德罗常数。

1 摩尔的任何物质，都包含有 6.02×10^{23} 个粒子。由 6.02×10^{23} 个粒子所构成的物质的质量，就是 1 摩尔该物质的质量。由此可见，摩尔是一种表示粒子集体的数量单位。它具有双重含义，既表示一种物质所包含的粒子数，又表示该物质的质量。

二、摩尔质量

（一）原子的摩尔质量

一种元素如果包含有 6.02×10^{23} 个原子，则该原子集体所具有的物质的量就是 1 摩尔。

例如： 6.02×10^{23} 个氢原子就是 1 摩尔氢原子

6.02×10^{23} 个锌原子就是 1 摩尔锌原子

但是，在实际应用中，如果只知道 1 摩尔的原子是包含 6.02×10^{23} 个原子还是不能满足要求的。例如要取 1 摩尔的锌原子，就不可能数 6.02×10^{23} 个锌原子，而是要用天平称取一定质量的锌，使它恰好相当 1 摩尔锌原子。那么应称取质量是多少的锌就恰好是 1 摩尔的锌呢？也就是说称取多少克的锌恰好包含有 6.02×10^{23} 个锌原子。这就应该知道 6.02×10^{23} 个锌原子的质量究竟是多少。

因为 1 个锌原子的质量是 $65.4 \times 1.66 \times 10^{-24}$ 克

所以 6.02×10^{23} 个锌原子的质量就是：

* 根据国务院 1977 年 5 月 27 日国发〔1977〕60 号“关于颁发《中华人民共和国计量管理条例（试行）》的通知”，采用摩尔作为物质的量单位。

$$65.4 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 6.02 \times 10^{23} = 65.4 \text{ (克)}$$

即 1 摩尔的锌 = 65.4 克的锌

65.4 克锌恰好相当于 1 摩尔的锌，即 65.4 克锌恰好包含有 6.02×10^{23} 个锌原子。

1 摩尔元素的原子质量就叫原子的摩尔质量，单位用 克/摩尔 表示。

1 摩尔任何元素的原子，虽然它们所包含的原子数目相同，但由于单元粒子的质量不同，因而原子的摩尔质量也不同。原子的摩尔质量，如果用克作单位，在数值上等于该原子的原子量。

例如

氧的原子量是 16，所以氧原子的摩尔质量就是 16 克/摩尔，也就是 1 摩尔的氧相当于 16 克氧。

钠的原子量是 23，所以钠原子的摩尔质量为 23 克/摩尔，即 1 摩尔的钠相当于 23 克钠。

例 1 111.7 克铁相当于多少摩尔？

解：因为铁的原子量是 55.85，因而铁原子的摩尔质量为 55.85 克/摩尔，所以 111.7 克铁就相当于：

$$\frac{111.7 \text{ 克}}{55.85 \text{ 克/摩尔}} = 2 \text{ 摩尔}$$

答：111.7 克铁相当于 2 摩尔。

例 2 32.7 克锌相当于多少摩尔？

解：锌的原子量是 65.4，锌原子的摩尔质量为 65.4 克/摩尔，所以 32.7 克锌就相当于：

$$\frac{32.7 \text{ 克}}{65.4 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

答：32.7 克锌相当于 0.5 摩尔。

例 3 0.2 摩尔钙的质量是多少克？

解：因为钙的原子量是 40，钙原子的摩尔质量是 40 克/摩尔，所以 0.2 摩尔钙的质量为：

$$40 \text{ 克/摩尔} \times 0.2 \text{ 摩尔} = 8 \text{ 克}$$

答：0.2 摩尔钙的质量是 8 克。

综上所述，可以得出元素的质量、原子的摩尔质量和物质的量三者之间的关系：

$$\text{物质的量 (摩尔)} = \frac{\text{元素的质量 (克)}}{\text{原子的摩尔质量 (克/摩尔)}}$$

$$\text{或：元素的质量 (克)} = \text{原子的摩尔质量 (克/摩尔)} \times \text{物质的量 (摩尔)}$$

(二) 分子的摩尔质量

一种物质如果包含有 6.02×10^{23} 个分子，则该分子集体所具有的物质 的量就是 1 摩尔。

例如，1 摩尔的氢分子含有 6.02×10^{23} 个氢分子。

1 摩尔的水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子。

1 摩尔的任何物质所包含的分子数目都相同，但它们的质量并不相等。1 摩尔物质的分子质量就叫分子的摩尔质量。分子的摩尔质量如果用克作单位，在数值上等于其分子量，单位仍用克/摩尔表示。由于不同物质的分子量不同，所以不同物质分子的摩尔质量也不同。

例如，水的分子量是 18.02，所以水分子的摩尔质量为 18.02 克/摩尔，而硫酸的分子量是 98.08，则硫酸分子的摩尔质量为 98.08 克/摩尔。

例 1 18.23 克氯化氢相当于多少摩尔？

解：氯化氢的分子量是 36.46，因而氯化氢分子的摩尔质量为 36.46 克/摩尔，所以 18.23 克氯化氢就相当于：

$$\frac{18.23 \text{ 克}}{36.46 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

答：18.23 克氯化氢相当于 0.5 摩尔。

例 2 2.5 摩尔氢氧化钠的质量是多少克？

解：氢氧化钠的分子量是 40，氢氧化钠分子的摩尔质量是 40 克/摩尔，所以 2.5 摩尔氢氧化钠的质量为：

$$40 \text{ 克/摩尔} \times 2.5 \text{ 摩尔} = 100 \text{ 克}$$

答：2.5 摩尔氢氧化钠的质量是 100 克。

从而也可得出物质的质量、分子的摩尔质量和物质的量之间的关系是：

$$\text{物质的量 (摩尔)} = \frac{\text{物质的质量 (克)}}{\text{分子的摩尔质量 (克/摩尔)}}$$

或：物质的质量 (克) = 分子的摩尔质量 (克/摩尔) × 物质的量 (摩尔)

同样的道理，离子的摩尔质量就是 1 摩尔离子的质量，也含有 6.02×10^{23} 个离子。

例如，1 摩尔的 NH_4^+ 含有 6.02×10^{23} 个 NH_4^+ 离子， NH_4^+ 离子的摩尔质量为 18 克。

通过上述讨论，我们知道物质的量是一个物理量，摩尔是这个物理量所采用的单位。物质的量的大小，是用摩尔这个单位来量度的。如果物质的量相等，即摩尔数相等，则所包含的粒子数目一定相同。但是，不同的物质，它们的物质的量如果相同，而质量却并不一定相等。物质的量可以是整数，也可以是小数。物质的量的表示方法可以归纳如下：

$$\text{物质的量 (摩尔)} = \frac{\text{物质的质量 (克)}}{\text{摩尔质量 (克/摩尔)}}$$

三、气体的摩尔体积

气体占有一定的体积，并具有一定的质量。测定气体的体积比测定气体的质量容易，所以气体的量常用体积来表示。气体的体积与温度、压强有密切关系。一定质量的气体，温度升高则体积膨胀，压强增大则体积缩小。由实验测得，在标准状况（温度为 0°C 、压强为 1.034 千克/厘米^2 ）下，1 摩尔的任何气体所占有的体积都相同，都等于 22.4 升。这个 22.4 升的体积就叫做气体的摩尔体积，符号用 V_m 表示。

1 摩尔的气体在标准状况下的体积见表 1—1。

既然在标准状况下，1 摩尔的任何气体的体积都等于 22.4 升，那么在相同的温度和相同的压强下，物质的量相等的任何气体的体积也一定相同。换句话说，在同温、同压

表1—1 1摩尔的气体在标准状况下的体积

气 体	摩尔质量的克数	在标准状况下 每升的质量克数	1 摩 尔 气 体 的 体 积
O ₂	32	1.4285	$\frac{32 \text{ 克}}{1.4285 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$
H ₂	2.016	0.0899	$\frac{2.016 \text{ 克}}{0.0899 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$
N ₂	28.016	1.2507	$\frac{28.016 \text{ 克}}{1.2507 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$
CO ₂	44	1.964	$\frac{44 \text{ 克}}{1.964 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$

下，相同体积的任何气体都具有相同的物质的量。因为1摩尔物质都含有 6.02×10^{23} 个粒子，所以，在同温、同压下，相同体积的任何气体也都含有相同数目的分子。

第四节 当量 当量定律

一、当量

我们研究各元素相互化合时的质量关系，对任何元素来说都可以找出一个相当的数值，来表示它们之间相互化合的质量关系。从表1—2可以看出，和1份质量的氢相化合的各种元素的质量。

表1—2 几种元素和氢相化合时的质量比

质量比 化合物 \ 元素	Cl	C	S	Na	O	H
HCl	35.5					1
CH ₄		3				1
H ₂ S			16			1
NaH				23		1
H ₂ O					8	1

从上表可以看出：

氢和氯化合生成氯化氢（HCl）时，H与Cl的质量比是1:35.5。

氢和碳化合生成甲烷（CH₄）时，H与C的质量比是1:3。

氢和硫化合生成硫化氢（H₂S）时，H与S的质量比是1:16。

氢和钠化合生成氢化钠（NaH）时，H与Na的质量比是1:23。

氢和氧化合生成水（H₂O）时，H与O的质量比是1:8。

从上述关系可以得出：1份质量的氢和35.5份质量的氯相当，和3份质量的碳相当，和16份质量的硫相当，和23份质量的钠相当，也和8份质量的氧相当。

如果在氯、碳、硫、钠和氧几种元素之间任意两种元素相互化合时，也能按上述比