

中国乡村医生教材

医用化学

第 二 版

傅启瑞、苏钟浦 主 编



人 民 卫 生 出 版 社

前 言

化学是现代医学的重要基础学科之一。现代自然科学，尤其是化学、物理、计算机的发展促进了医学的现代化。为了帮助乡村医生、初级卫生人员掌握化学知识，为进一步系统学习基础医学、临床医学打下必要的基础，根据我国广大农村的实际情况和现有条件，编写了这本《医用化学》。

本书共分二大部分，第一部分为无机化学部分，主要包括化学基本概念和定律，溶液的性质和配制，重要化合物，电解质溶液，化学反应与化学平衡，复分解反应与氧化还原反应。根据偏远山区交通不便的特点，介绍了水的物理、化学性质，蒸馏水的制备（简易蒸馏水发生器）及氧气的制备（简易氧气发生器）。以便于交通不便的农村地区的卫生急救。第二部分为有机化学部分，以有机化合物的官能团为分类基础，重点介绍了烷、烯、炔、醇、酚、醚、醛、酮、胺、羧酸等有机化合物的结构、命名、物理及化学性质，以及在农村医药中的应用，并结合农村实际，介绍了中草药的化学基础。

为了达到通俗易懂，便于自学的目的，书中采用大量图解，使一些概念形象化、图表化，使难懂的概念易于理解；并尽可能以农村常用药物为例，加以说明。为了配合学员对重点内容的学习，每章后还附有复习题和思考题。

由于编写时间仓促，不妥之处恐难避免。我们欢迎大家提出批评建议，以便在今后修订中进一步完善提高。

编 者

1992年3月

中国乡村医生教材说明

为了贯彻落实卫生部“1991—2000年全国乡村医生教育规划”，在全国范围内开展乡村医生系统化、正规化教育，在卫生部教育司领导下，聘请了中国医科大学、华西医科大学、上海医科大学和部分省、市中等卫校的有关专家、教授对第一轮中国乡村医生教材进行了修订，在修订过程中，从乡村医生教育的培养目标出发，注意了全套教材的整体效果和实用性，使教材内容尽量适合农村卫生工作和乡村医生的实际，同时又适当地面向未来为乡村医生今后再提高打下基础，注意了理论联系实际、基础联系临床和中西医结合，注意了加强预防战略和适应医学模式的转变，加强了农村常见的急症处理和诊疗护理操作技术等内容。力图通过本系列教材的学习，使学员掌握预防、诊断、治疗农村常见病、多发病和开展初级卫生保健工作的基本知识和技能，达到中专程度的医士水平。本教材主要供各地普通中等卫校、乡村医生培训中心、县卫校、中等卫生职业技术学校等培训乡村医生使用。

本套教材共20种，其中14种为修订的第二版，6种是新增加品种，为第一版。全套教材均经乡村医生教材评审委员会审定。

中国乡村医生教材书目

1、《医用化学》第二版	傅启瑞	苏钟浦	主 编	李梦泉	吴加振	副主编
2、《医用生物学》第二版	王芸庆		主 编	刘立三		副主编
3、《解剖学与组织胚胎学》第二版	于 频		主 编	何三光	张宪惠	主 编
4、《生理学》第二版	宋可钦	李正贤	副主编	孙中祥	金成璧	副主编
5、《微生物学与寄生虫学》第二版	孙丽华		主 编	卢云石		主 编
6、《病理学》第二版	张岐山	徐 琳	副主编	魏克伦		主 编
7、《药理学》第二版	周正任		主 编	谭 平		副主编
8、《中医学》第二版	王恩荣		副主编	刘庆成		主 编
9、《医学心理学与精神病学》	宋继谒		主 编	宋质慧		副主编
10、《诊断学》第二版	李和泉		副主编	费声重	吴景天	主 编
11、《内科学》第二版	张克义	胡显亚	主 编	杨彦昌		主 编
	李 智		副主编	宋芳吉		主 编
	初 航		主 编	祖国栋		主 编
	陈 炯		副主编	蒋慎兴		副主编
	金魁和		主 编	车锡徽		主 编
	丁宝坤		副主编	陈洋洋		副主编
	赵丽娟		主 编	朱乃苏	冯雪英	主 编
	王家栋		副主编	沈 杰		副主编
	刘国良	王宏达	主 编			
12、《外科学》第二版						
13、《妇产科学与妇女保健》第二版						
14、《儿科学与儿童保健》第二版						
15、《传染病学》						
16、《五官科学》第二版						
17、《皮肤性病学》第二版						
18、《农村卫生学》						
19、《流行病学》						
20、《农村卫生管理学》						

以上教材均由人民卫生出版社出版，新华书店科技发行所发行。

中国乡村医生培训中心 乡村医生教材评审委员会

主任委员 金魁和 副主任委员 冯雪英 王家栋

委 员 (以姓氏笔画为序)

卢云石 刘书铭 刘国良 孙贵范 李家鹏 张克义

张家驹 林光生 南 潮 袁东河 郭有声 梁剑锋

办公室主任 黄道初

目 录

无机化学部分

第一章 化学基本概念和定律	1
第一节 原子、分子、离子	1
一、分子	2
二、原子	3
三、离子	5
第二节 元素、核素、同位素	5
一、元素	5
二、核素	7
三、同位素	8
第三节 化学用语及有关的简单计算	9
一、原子量	9
二、分子式和分子量	10
三、根据分子式的计算	11
四、化合价	12
五、质量守恒定律与化学方程式	15
六、根据化学方程式的计算	16
第四节 元素周期表	16
一、元素周期表的结构	18
二、元素性质的递变规律	18
三、元素周期律和元素周期表的意义	19
第二章 重要化合物	24
第一节 酸	24
一、酸的定义	24
二、酸的分类和命名	25
三、酸的通性	26
四、常见的酸	27
第二节 碱	29
一、碱的定义	29
二、碱的分类和命名	30
三、碱的通性	30
四、常见的两种碱	30
第三节 盐	31
一、盐的定义	31
二、盐的分类和命名	31
三、盐的性质	32

第四节 与医药有关的重要化合物和单质	32
第三章 溶液	37
第一节 溶液、溶质和溶剂	37
第二节 溶解平衡	37
一、溶解过程	37
二、饱和溶液和不饱和溶液	38
三、稀溶液和浓溶液	39
四、溶解性和溶解度	39
第三节 溶液的组成量度	41
一、物质的量	41
二、溶液的浓度	44
第四节 溶液的渗透压	49
一、渗透现象	49
二、渗透压与溶液浓度的关系	50
三、等渗、低渗和高渗溶液	50
四、渗透压在医学上的意义	51
第四章 化学反应速度和化学平衡	54
第一节 化学反应速度	54
第二节 影响化学反应速度的因素	55
一、浓度对化学反应速度的影响	55
二、温度对化学反应速度的影响	56
三、催化剂对化学反应速度的影响	56
四、压强对化学反应速度的影响	57
第三节 化学平衡	57
一、可逆反应与不可逆反应	57
二、化学平衡	58
第四节 化学平衡的移动	59
一、影响化学平衡的因素	59
二、平衡移动原理及其应用	60
第五章 电解质溶液——电离平衡	63
第一节 电解质、强电解质及弱电解质的基本概念	63
一、电解质	63
二、强电解质和弱电解质	64
第二节 电离平衡、电离度	65
一、电离平衡和平衡常数	65
二、电离度	67
第三节 水的电离平衡、pH值的测定, pH在医学上的应用	69
一、水的电离平衡	69
二、pH值的测定	70
三、pH值在医学上的意义	74
四、酸碱滴定法	74

五、盐类的水解.....	75
第四节 缓冲溶液、缓冲作用在医学上的意义.....	77
一、缓冲溶液的概念.....	77
二、缓冲溶液的组成.....	77
三、缓冲作用的原理.....	78
四、缓冲作用在医学上的意义.....	79
第六章 复分解反应和氧化还原反应	82
第一节 无机物间相互关系—复分解反应和反应进行的条件	83
第二节 复分解反应和反应发生的条件	86
第三节 氧化还原反应	89
第七章 水及水的净化	95
第一节 水的组成及性质.....	95
一、水的组成.....	95
二、水的物理性质.....	95
三、水的化学性质.....	95
第二节 水的污染与净化	97
一、水的污染.....	97
二、水的净化.....	97
第八章 氧气的制备	100
一、氧气.....	100
二、氧气的制备.....	100
三、使用氧气的注意事项.....	102

有机化学部分

第一章 有机化合物的概念	103
第一节 有机化合物的特点	103
第二节 有机物的基本结构	104
第三节 有机物的分类	112
第二章 烷烃	114
第一节 烷烃及其结构	114
第二节 烷烃的命名	119
第三节 烷烃的物理性质	120
第四节 烷烃的化学性质	122
第三章 不饱和烃	126
第一节 不饱和烃的结构	126
第二节 不饱和烃的物理性质	131
第三节 不饱和烃的化学性质	132
第四章 芳香烃	137
第一节 芳香烃的结构	137
第二节 芳香烃的物理性质.....	141

第三节	芳香烃的化学性质	141
第五章	有机卤素化合物	141
第一节	有机卤素化合物的概念	147
第二节	命名法	148
第三节	卤代烃的性质	148
第四节	一些常见的卤代物	150
第六章	醇、酚、醚及硫醇、硫醚	153
第一节	醇	153
第二节	酚	160
第三节	醚	163
第四节	硫醇和硫醚	164
第五节	几种常见的醇、酚、醚	165
第七章	胺	168
第一节	胺的分类和命名	168
第二节	胺的物理性质	170
第三节	胺的合成	171
第四节	胺的化学性质	172
第八章	醛与酮	176
第一节	醛、酮的结构、命名和物理性质	176
第二节	醛、酮的制备	178
第三节	醛、酮的化学性质	179
第四节	几种常见的醛和酮	183
第九章	羧酸及其衍生物	187
第一节	羧酸的分类、命名及制备方法	187
第二节	羧酸的性质	189
第三节	羧酸衍生物	192
第十章	取代羧酸	198
第一节	羟基酸	198
第二节	酮酸	200
第三节	旋光异构	205
第十一章	中草药的化学基础	213
第一节	中草药的有效成分概念	213
第二节	中草药有效成分的提取方法	215
第三节	生物碱	218
第四节	甙	222
第五节	挥发油	225
医用化学教学大纲		229
附录		240
表1	国际单位制的基本单位	240

表2	国际单位制中具有专门名称的导出单位	240
表3	国家选定的非国际单位制单位	241
表4	用于构成十倍数和分数单位的词头	241
表5	部分常见单位与法定计量单位的换算	242
表6	部分常见的物理化学常数	242
表7	某些酸、碱溶液的密度、浓度对照表	243
表8	国际原子量表	244
表9	酸、碱和盐的溶解性表 (20°C).....	245
	化学实验的常用仪器示意图 (图 I、I)	246
	元素周期表	

无机化学部分

第一章 化学基本概念和定律

内 容 提 要

一、掌握原子、分子、离子、原子量、分子式、分子量、单质、化合物等基本概念。了解相似概念之间的区别，并能准确应用这些概念。

二、掌握化学方程式的写法及有关计算。

三、了解元素周期表，熟悉元素周期表的结构，掌握同周期、同族元素性质的递变规律。

宇宙是由形形色色、多种多样的物质构成的。物质是客观存在的实实在在的东西。客观存在的物质不能创造，也不能消灭，只能在一定的条件下相互转化。

我们虽然不能去创造和消灭物质，但可以去认识物质。**化学就是研究物质的组成、结构、性质和变化规律的一门科学。**化学的基本概念和理论就是人们在认识了许多化学现象、化学事实的基础上归纳、概括而得到的。

在我们的医学工作、科学实验和实践等活动中，经常会遇到需要运用化学基本概念和理论来讨论问题，进行某些化学计算等。因此，有必要对一些化学基本概念和定律进行阐述。

第一节 原子、分子、离子

物质是由原子、分子或离子组成的。组成每个物质的分子和原子都处于永远不停的运动中（图 1-1）。物质是无限可分的；物质由分子组成，分子由原子组成，原子由核外电子、核内的质子和中子等其它“基本粒子”组成。它们也都在不停地进行着高速的运动。农田用氨水施肥时，在远处就能闻到刺激性的氨味。这种现象，就是分子不断运动扩散的结果。正如恩格斯（Engels, F. 1820~1895）在《反杜林论》一文中写的：“**运动是物质的存在形式，无论何时何地都没有也不可能有没有运动的物质。**”

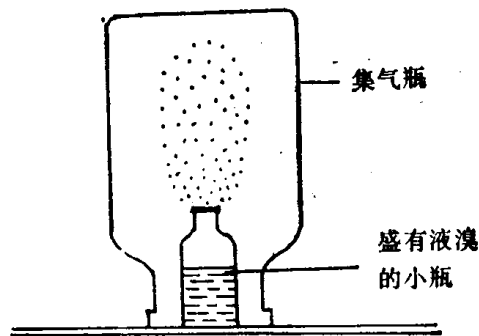


图 1-1 溴蒸气的扩散

一、分 子

分子是保持物质化学性质的最小微粒。

也就是说，物质的分子只保持该物质的化学性质，而不保持其物理性质。物质发生物理变化时，物质的形态改变（液态、气态、固态），但其分子并没有发生质的变化。物质的各种不同形态，主要是与物质的分子间距有关；分子间的距离如果大，物质就呈气态；分子间距如果小，就呈液态或固态（图 1-2）。



图 1-2 固体、液体、气体的分子间距离比较示意图

不同的物质具有不同的性质是由于它们是由不同的分子组成的（图 1-3）。不同的分子，不仅性质不同，其形状大小也不一样（图 1-4）。如果把一

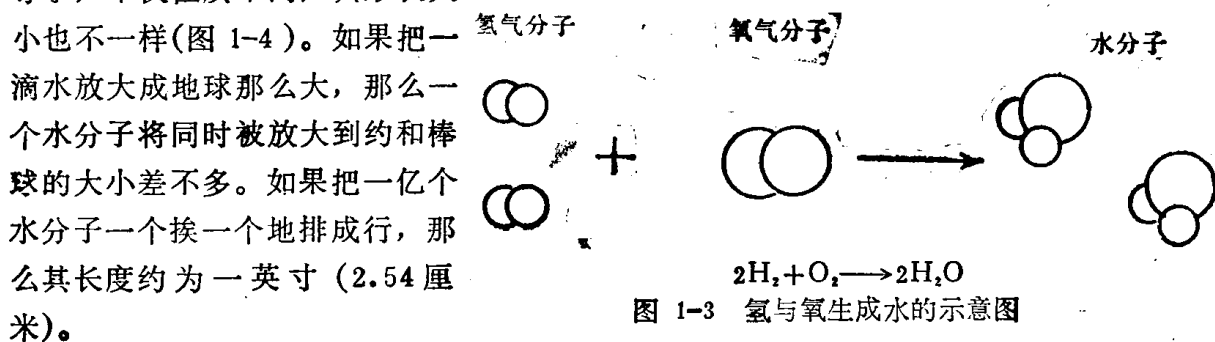


图 1-3 氢与氧生成水的示意图

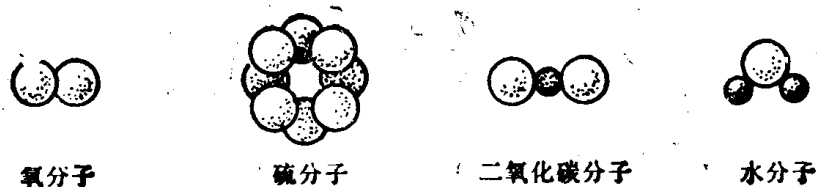


图 1-4 几种分子形状示意图

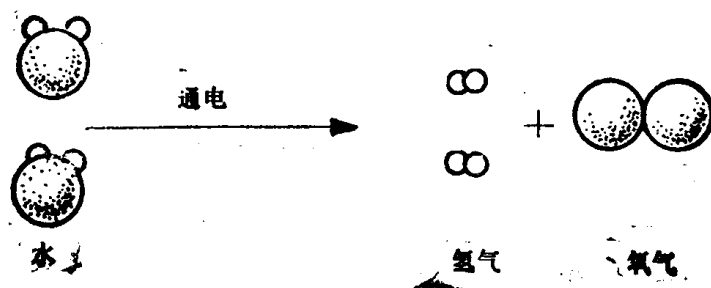


图 1-5 水电解为氢和氧的示意图

水分子是由更小的微粒——两个氢原子和一个氧原子组成的。如果将一个水分子再分，就会生成氢原子和氧原子；每两个氢原子相互结合就生成氢气，每两个氧原子结合就是氧气。氧气和氢气的性质各不相同，它们的性质与水更是截然不同〔这一过程可以通过电解水来实现(图 1-5)〕。

二、原 子

原子是物质进行化学反应的基本微粒。

分子继续分割，即是原子。

将水电解，水被分解为氢和氧，原来的水分子不存在了，产生了新的物质：氢气和氧气。这种过程就是化学反应。在氧化汞的分解反应里，每个氧化汞分子分解成一个氧原子和一个汞原子。氧原子和汞原子又各自重新组合成氧分子和金属汞(图 1-6)。

上图可以说明分子和原子的不同。在化学反应里，分子可以分成原子，而原子却不能再分

(但原子可以通过分解和化合的

相互作用，重新组合成另外一些物质的分子)。构成氧化汞分子的氧原子和汞原子在化学反应后，仍然是氧原子和汞原子，并没有变成其它原子。所以可以说：**原子是化学反应中的最小微粒。化学反应，有力地证实了这一点。**

原子和分子一样，也是在不断地运动着。

原子很小，如果有可能，把一亿个氧原子排成一行，它们的长度也只不过有一厘米多一些。

原子虽然是化学反应中的最小微粒，但并不是构成物质的最小微粒。每一个原子是由原子核和核外电子构成的。原子的大部分质量集中于原子核内，原子核的质量约占原子总质量的 99.9% 以上(图 1-7)，但是原子核的体积很小，约为整个原子体积的 10^{-16} 大小，如果把一个原子看成一座十层大楼，那么原子核也只有一个樱桃核那么大小。可见，原子内原子核外有很大的空间可供电子运动。

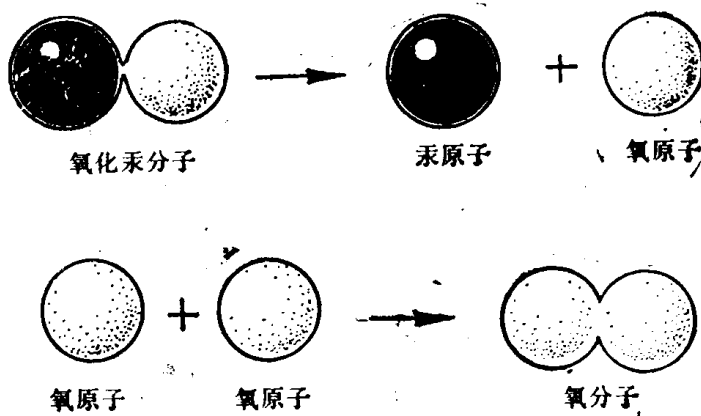
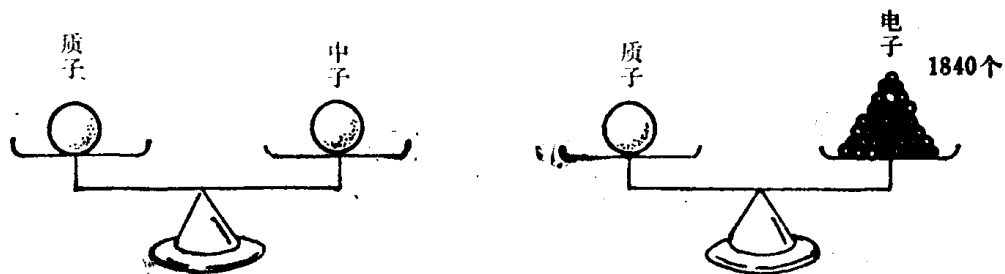
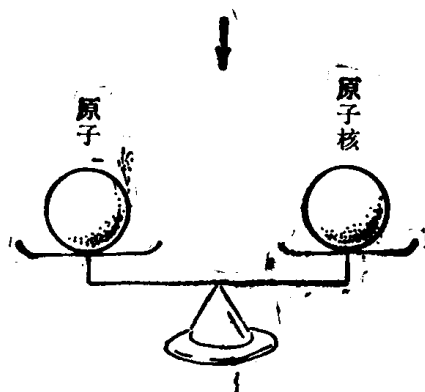


图 1-6 氧化汞分解示意图



1个质子的重量 $\approx$ 1个中子的重量 $\approx$ 1840个电子的重量



原子的重量 $\approx$ 原子核的重量

图 1-7 原子、原子核、电子重量示意图

原子在化学反应中不能再分。但是，如果在其它特殊条件下，原子还可以被分为更小的微粒。其复杂结构如下：

原子 (电中性) { 原子核 (居原子中心, 质量约占原子总质量的99.9%以上) { 质子: 一个质子带一个单位正电荷
中子: 不带电超微粒子
核外电子: 一个电子带一个单位的负电荷
核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

原子中的电子是分层排布的, 并且各自有各自的运动状态(图 1-8)。离核较近的电子能量较低, 离核较远的电子能量较高。绝大部份的化学反应是通过最外层电子的得失来实现的。

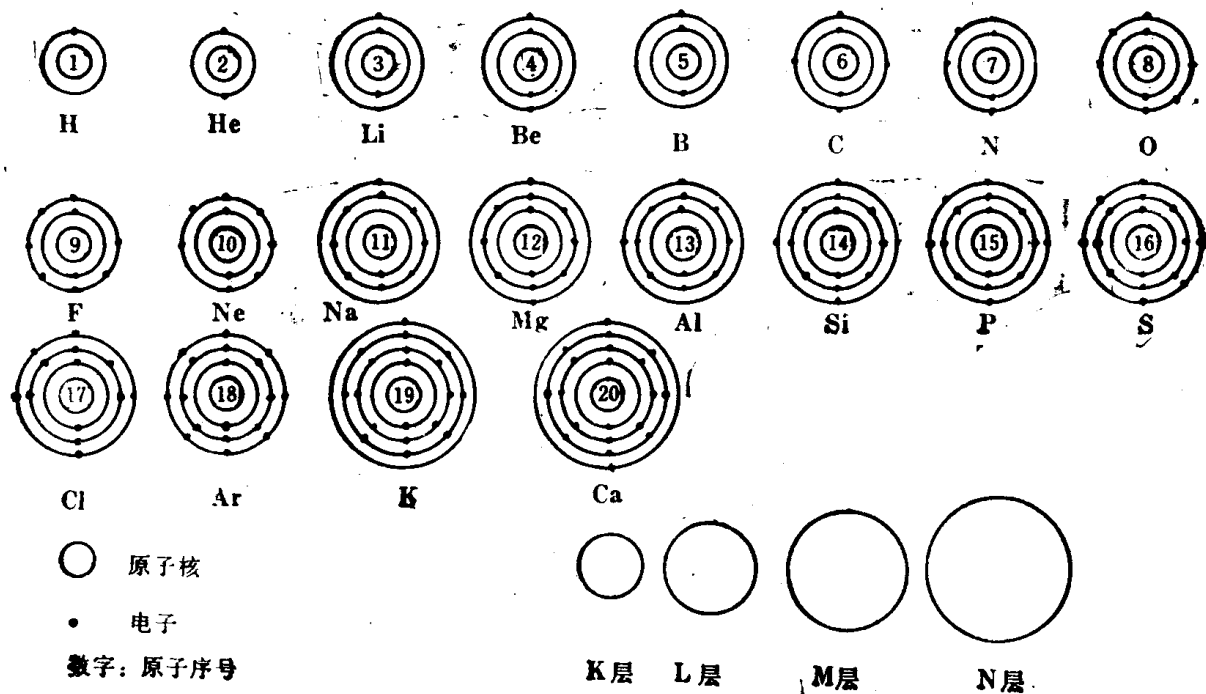


图 1-8 原子的电子排布示意图

表 1-1 原子和分子比较表

	原 子	分 子
相同点	(1) 构成物质的微粒; (3) 占有一定的空间; (5) 不停地运动	(2) 有一定的质量; (4) 互相之间有间隔;
不同点	化学反应中不能再分 直接构成物质(汞、铁等) 构成物质的分子	化学反应中能分 构成物质
含义	物质进行化学反应的基本微粒	保持物质化学性质的最小微粒
关系	分子由原子组成, 原子由更小的基本粒子组成	

三、离 子

离子是原子得到或失去电子后形成的微粒。

原子失去电子后生成的带正电荷的离子叫阳离子; 原子得到电子后生成的带负电荷的离子叫阴离子 (表 1-2)。

表 1-2 质子数和核外电子总数关系

微粒种类	质子数与核外电子总数关系
原子	质子数 = 核外电子总数
阳离子	质子数 > 核外电子总数
阴离子	质子数 < 核外电子总数

例如:

钠原子失去一个电子后, 成了带有一个单位正电荷的钠离子, 写成 Na^+ ;

镁原子失去二个电子后, 成了带有二个单位正电荷的镁离子, 写成 Mg^{2+} ;

氯原子得到一个电子后, 成了带有一个单位负电荷的氯离子, 写成 Cl^- 。

为什么有的原子易失去电子, 而有的原子却易得到电子呢? 这和原子结构、原子半径、原子的有效核电荷、电子亲合能、电负性等因素有关。在这里不再详细讨论。

第二节 元素、核素、同位素

一、元 素

一切物质都是由原子通过不同的方式结合而成的。而在性质各不相同的一些物质中有的含有相同的原子, 例如: 水 (H_2O)、氧化镁 (MgO)、二氧化硫 (SO_2)、碳酸钙 (CaCO_3)、硫酸 (H_2SO_4) 等等, 其中都含有氧原子“O”。于是元素的概念就诞生了。

元素即是具有相同核电荷数 (质子数) 的同一类原子的总称。目前人们知道的元素有 109 种, 宇宙万物就是由这些元素的原子构成的 (图 1-9)。

元素在自然界里有两种存在形态：游离态和化合态。这两种状态的物质我们又分别叫做单质（元素的游离态）和化合物（元素的化合态）。

（一）单质 由同种元素构成的纯净物叫做单质。例如氧气（ O_2 ）、氢气（ H_2 ）、氮气（ N_2 ）等等，这些是由分子构成的非金属单质。另外还有一些物质，如金刚石则是由碳（C）原子构成的非金属单质。除此之外，象铁（Fe）、镁（Mg）、铝（Al）等，则是由原子构成的金属单质。

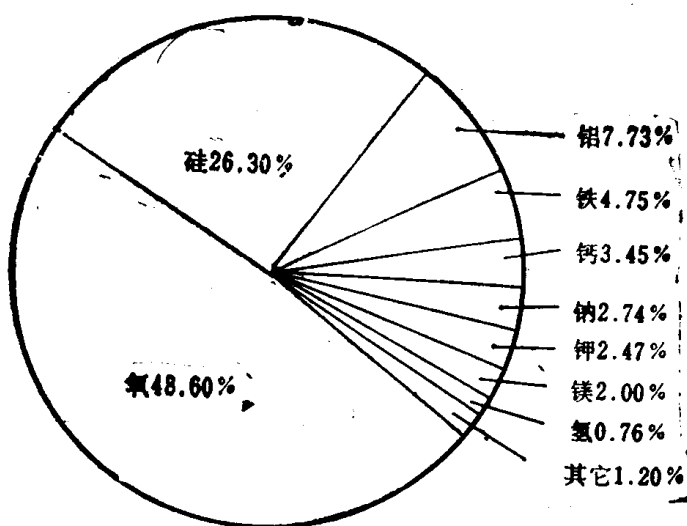
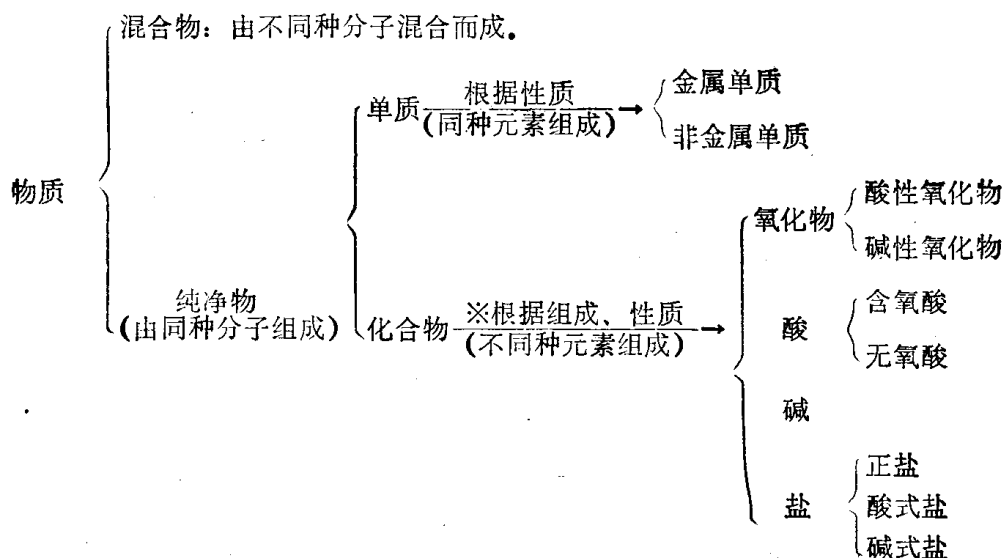


图 1-9 地壳里所含各种元素的质量百分比

（二）化合物 由不同种类的元素构成的纯净物叫做化合物。例如，食盐（ $NaCl$ ）是由钠、氯两种元素的原子组成的，碳酸钠（ $NaCO_3$ ）是由钠、碳、氧三种元素的原子构成的，碳酸氢钠（ $NaHCO_3$ ）是由钠、氢、碳、氧四种元素构成的。

以上都提到了“纯净物”的概念，那么究竟什么样的物质是纯净物呢？从字面上讲，**纯净即不含有杂质，也就是说，由一种物质组成的为纯净物；如果含有杂质，即由多种成分组成的物质就是混合物。**如果用分子构成物质的观点来解释，纯净物是由同种分子构成；而混合物则是由不同种分子构成的。例如空气就是混合物，它是由氢气、氧气、氮气等多种气体的分子构成的；而氧气则是纯净物，它是由单一的氧气分子构成的。

由此，可按物质的组成进行如下分类：



※ 这部分内容将在后几章中分别叙述

（三）元素符号 在指明元素时，作为一种方便的手段，化学家习惯上采用缩写的方法。这样要比写它们的名称快得多。这些缩写就叫做元素符号（表 1-3）。

例如，氧元素的符号是O（英文：Oxygen），氢元素的符号是H（英文：Hydrogen），

碳元素的符号是C (英文: Carbon)。有时两个或多个元素的名称开头的字母相同, 那就需要用两个字母作为它们的符号来加以区别。如钙 Ca(Calcium)、钴 Co(Cobalt), 铬 Cr (Chromium)、氯 Cl (Chlorine)。多于两个字母的元素符号是没有的。有的符号是元素拉丁文名称的缩写, 如铁 Fe(拉丁文: Ferrum)、钠 Na(拉丁文: Natrium)、铜 Cu (拉丁文: Cuprum), 钨的符号是W, 是来源于德文 Wolfram。

书写元素符号, 字母一定要规范。遇到符号是两个字母的, 一定要记住“一大二小”(第一个字母大写, 第二个字母小写)。例如铜元素的符号是Cu, 决不可写成CU或cU、cu; 铁的元素符号是Fe, 决不可写成FE, fe或fE。

元素符号可以表示一种元素, 可以表示这种元素的一个原子及这种元素的原子量。

例如, “Cl”表示氯元素; (种类),

表示氯元素的一个原子; (颗粒)

表示氯元素的原子量是 35.5。(质量)。

表 1-3 一些常见元素的名称、符号、原子量(近似值)

元素名称*	元素符号	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	碳	C	12	钙	Ca	40
氦	He	4	硅	Si	28	锰	Mn	55
氮	N	14	磷	P	31	铁	Fe	56
氧	O	16	硫	S	32	铜	Cu	63.5
氟	F	19	碘	I	127	锌	Zn	65
氖	Ne	20	钠	Na	23	银	Ag	108
氯	Cl	35.5	镁	Mg	24	钡	Ba	137
氩	Ar	40	铝	Al	27	铂	Pt	195
溴	Br	80	钾	K	39	金	Au	197

* 表示每种元素的名称都有一个专用的汉字。气态非金属元素的名称都有“气”字头, 液态非金属元素的名称有“氵”旁, 固态非金属元素的名称都有“石”字旁。金属元素的名称都有“钅”旁(汞除外)。

二、核 素

具有一定数目的质子和一定数目中子的一种原子称为核素。

例如: 自然界中氧元素的原子有 99.759% 是由 8 个质子和 8 个中子组成的, 可写成 $^{16}_8\text{O}$ (左上角标是原子质量, 左下角标是质子数, 二者之差即为中子数), 称为氧-16 核素 (写成 ^{16}O 核素)。有 0.038% 是由 8 个质子和 9 个中子组成的氧-17 核素 (^{17}O 核素), 写成 $^{17}_8\text{O}$ 。还有 0.204% 是由 8 个质子和 10 个中子组成的氧-18 核素 (^{18}O 核素), 写成 $^{18}_8\text{O}$ 。虽然三者的中子数不同, 但决定元素化学性质的主要因素是核外电子数, 而核外电子数又决定于核内的质子数, 即核电荷数, 所以尽管中子数不同, 而质子数相同的一类原子, 其化学性质基本上相同 (表 1-4)。

氧元素有三种核素, 除此之外, 碳元素有二种核素, ^{12}C 、 ^{13}C ; 氢元素有二种核素, ^1H 、 ^2H 。象这种具有多种核素的元素, 称为多核素元素。天然存在的另一些元素, 例如钠元素, 只有质子数为 11, 中子数为 12 的一种, 即 $^{23}_{11}\text{Na}$ 原子。这样的元素, 称为单一核素元素。这样的单一核素元素还有: $^{27}_{13}\text{Al}$ 、 $^{31}_{15}\text{P}$ 、 $^{55}_{25}\text{Mn}$ 、 $^{59}_{27}\text{Co}$ 、 ^9_4Be 、 $^{19}_9\text{F}$ 等。

表 1-4 常见的几种核素

原子序号	核素种类	存在百分比(%)	质 量	原子序号	核素种类	存在百分比(%)	质 量
1	^1H	99.985	1.0078250		^{17}O	0.038	16.999131
	^2H	0.0148	2.0141018		^{18}O	0.204	17.999158
3	^6Li	7.5	6.015123	12	^{24}Mg	78.99	23.985045
	^7Li	92.5	7.016005		^{25}Mg	10.00	24.98584
5	^{10}B	19.1~20.3	10.012938		^{26}Mg	11.01	25.98260
	^{11}B	79.7~80.9	11.009305	16	^{32}S	95.02	31.972072
6	^{12}C	98.89	12.000000		^{33}S	0.75	32.971459
	^{13}C	1.11	13.0033548		^{34}S	4.21	33.967868
8	^{16}O	99.76	15.9949146		^{36}S	0.017	35.96708

三、同 位 素

质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称同位素。换句话说，多核素元素中的不同核素，由于它们的质子数相同，因而在周期表中占有同一位置，故而得名同位素。

天然存在的元素，不论是游离态的还是化合态的，各种同位素所占的原子百分比一般是**不变的。也就是说，天然元素大都是由几种同位素组成的混合物。

同位素有的是稳定的，称稳定同位素；有的具有放射性，称放射同位素。目前用人工方法进行核反应，能制造出许多种放射性同位素，这些同位素叫做人造放射性同位素。

目前已经发现氢有三种同位素： ^1H （氕，音：撇）、 ^2H （氘，音：刀）、 ^3H （氚，音：川），俗称分别为：氢、重氢、超重氢。其中 ^1H 和 ^2H 是自然存在的稳定同位素， ^3H 是人造放射性同位素。

同一元素的同位素，由于它们的质子数相同，它们的化学性质基本相同。但原子核中的中子数不同，某些物理性质稍有差异。由氘 ^2H 组成的水叫重水，或氧化氘（ D_2O ）。重水在外观上和普通水相似，但许多物理性质与 H_2O 不同（表 1-5）。

表 1-5 普通水和重水的一些物理性质

性 质	H_2O	D_2O
密度 (20°C)	0.997	1.108
沸点°C	100.00	101.41
熔点°C	0.00	3.79
蒸发热 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	40.67	41.6
熔化热 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	6.008	6.276

一切放射性元素都能自发地不断地放射出 α 、 β 或 γ 射线，或者三种射线都有。由于放射性同位素的这种性质，它在工业、农业、科研、国防等方面都有着广泛的应用，同时在医药上也有着广泛的应用。例如，利用放射性钴（ ^{60}Co ）、镭（ ^{226}Ra ）放射出来的射线，能抑制和破坏细胞的生长活动。这一作用，医院里常用它们来杀死癌细胞，也就是我们平时所说的“放疗”。又如 Na^{131}I 用于甲状腺机能亢进的诊断和治疗。用放射性同位素作示踪原子，研究药物的作用机制、药物的吸收和代谢等等。

一、原子量

1979 年国际原子量与同位素丰度委员会给原子量下的定义是：**一种元素的原子量是该元素 1 摩尔*质量对核素 ^{12}C 的 1 摩尔质量 1/12 的比值。**也就是说，以碳-12 原子 (^{12}C) 的质量的 1/12 作为原子量的标准（通常称为碳单位或原子单位），其它元素原子的质量与它相比所得的数值即为该元素原子的原子量。由于 1 摩尔任何元素都含有相同的原子数，因此，**原子量也就是一种元素的一个原子的平均质量^[1]对 ^{12}C 核素一个原子的质量的 1/12 之比。**

$$\text{某元素的原子量} = \frac{\text{某元素一个原子的质量}}{^{12}\text{C 核素原子的质量} \times \frac{1}{12}}$$

它的 $\frac{1}{12}$ 为 1.66×10^{-24} 克

“物质的量”是表示物质的数量。前面已经提到，物质是由基本粒子构成（分子、原子、离子、电子……），“物质的量”是指构成物质的基本粒子的数量。这些基本粒子很小，不便以“个”为单位来计量，因而采用一个特殊单位“摩尔”来表示粒子的数目。某物质中所含的粒子数如果与12.000克 ^{12}C 的原子数目相等，则该物质的“物质的量”就为1摩尔（这时须指出该物质是分子，还是原子或离子等）。

$$12.000 \text{ 克 } ^{12}\text{C} \text{ 的原子数目} = \frac{12.000}{1.992 \times 10^{-23}} \approx 6.02 \times 10^{23} \text{ (个)}$$

由此可知，1摩尔任何物质所含的基本粒子数都是 6.02×10^{23} 个（图1-10）。对于不同的物质，由于其基本粒子的质量各不相同，因此，摩尔数相同，物质不同，其质量不同。

〔例 1〕 铁原子的质量是 9.288×10^{-23} 克, 求铁的原子量。

- 9 -