

中 学 生 之 友

化学辅导

上

中学生之友丛书

化 学 辅 导

(上)

楼书聪 黄炳荣 李寄陶 编

江苏科学技术出版社

《化学辅导》共分上、中、下三册。

本册着重阐明中学化学无机部分的基本概念和理论。在内容编排上，将中学教材上分散的内容予以集中，使之系统化，以便于读者领会掌握。叙述通俗易懂，注意综合归纳，并介绍一些帮助记忆的方法。例题均有分析说明，注意一题多解。每节有思考练习题，每章有复习题，题目中有较多的帮助学生搞清概念的选择題，多数题附有答案。书后附有重要计算公式表，可便于查找和记忆。另外，对化学科学上一些尚未解决的问题，或教材中的不当之处，书中也稍加讨论，以开阅读者思路。

本书承南京大学化学系顾庆超同志审、修阅改，江苏省常州中学蒋溢涛同志也提出了宝贵的修改意见，南京市第二中学蒋济中、南京动力学校李还要等同志为本书提供了部分资料。曹载萍同志为本书制图。

中学生之友丛书

化学辅导（上）

楼书聪等编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：镇江前进印刷厂

开本 787×1092毫米 1/32 印张 13.625 字数 301,000

1981年5月第1版 1981年5月第1次印刷

印数：1—99,000册

书号：13196·059 定价：0.99元

责任编辑 赵所生

出版说明

近年来，全国中学普遍开始贯彻执行教育部颁布的全日制十年制学校教学大纲，逐步采用新的全国统编教材，并且从一九八一年起全国高等学校招生考试将以此为依据进行命题，所以，广大中学生迫切需要与此相适应的复习参考资料。为此，我们编辑出版了这套以数学、物理、化学为内容的《中学生之友》丛书，供中学生平时学习参考和高考前进行系统复习之用，同时也可供有关的中学教师作教学参考。

本《丛书》基本上是按照新大纲、新教材进行编写的，个别章节则略有提高。在保证内容完整的前提下，突出基本概念和基本理论，着重阐述教材中的重点和难点，对一般内容只作简单交代。编写方法上注意分析归纳，指出常见的错误和容易混淆的地方。配有一定数量的例题和习题，题目由浅入深，循序渐进，一部分题目深度与高考水平相当。

《丛书》共有八册，其中《数学辅导》分上、中、下三册；《物理辅导》分上、下两册；《化学辅导》分上、中、下三册。

目 录

第一章 总论

第一节	化学是什么	1
第二节	组成物质的结构微粒	3
第三节	原子的组成	5
第四节	原子量和分子量	9
第五节	摩尔	11
第六节	气体摩尔体积	17
第七节	元素及元素符号	24
第八节	分子式和化学式	28
第九节	物质的分类	41

第二章 气体的性质

第一节	空气的组成	61
第二节	惰性气体	62
第三节	空气的平均分子量计算	66
第四节	理想气体状态方程	68

第三章 原子结构和元素周期表

第一节	电子云的概念	79
第二节	核外电子的运动状态	82
第三节	原子核外电子的排布	86
第四节	元素周期律	93
第五节	元素周期表	96
第六节	元素周期表中元素性质的递变规律	101
第七节	根据原子序数或外层电子构型确定元素 在周期表中位置	109

第八节 元素周期表的意义	111
第四章 分子结构	
第一节 化学键	118
第二节 离子键	119
第三节 共价键	125
第四节 键的极性、分子的极性和元素的电负性	136
第五节 化合价和氧化数	141
第六节 金属键	148
第七节 分子间作用力	149
第八节 氢键	150
第九节 晶体结构	151
第五章 化学方程式及其计算	
第一节 化学方程式	158
第二节 化学方程式的配平	164
第三节 热化学方程式	173
第四节 无机反应的分类	179
第五节 基于化学方程式的计算	185
第六节 克当量 克当量数 当量定律	204
第六章 水和溶液	
第一节 水	229
第二节 溶液的一般概念	233
第三节 溶解度	234
第四节 溶解过程	246
第五节 物质的结晶	249
第六节 溶液的浓度及其表示方法	254
第七节 酸碱滴定	279
第八节 悬浊液、乳浊液和胶体	285
第七章 化学反应速度和化学平衡	
第一节 化学反应速度	296

第二节	化学平衡	303
第三节	化学反应速度和化学平衡的应用	323
第八章 电解质溶液的电离平衡		
第一节	电解质与非电解质	331
第二节	阿仑尼乌斯电离学说	331
第三节	酸、碱、盐的电离	335
第四节	电离度和电离常数	342
第五节	水的电离和 pH 值	352
第六节	电离平衡的移动—同离子效应和缓冲溶液	360
第七节	离子反应 离子方程式	369
第八节	盐类水解	377
第九节	酸碱质子理论	383
第九章 氧化-还原		
第一节	氧化-还原反应	393
第二节	氧化-还原反应方程式的配平	401
第三节	化学电源	410
第四节	电解	415
附录 1	重要计算公式	428
附录 2	长度、质量、体积单位换算表	429
附录 3	国际原子量表	430

第一章 总 论

第一节 化学是什么？

一、化学是什么？

化学主要是在分子或原子水平上研究和阐述物质的结构、性质和变化的一门科学。物质的组成及其内部结构微粒的结合和排列情况，它的物理性质、化学性质以及在各种条件下所发生的变化等等，都属化学研究的范围。

化学科学不仅帮助我们充分利用自然资源，而且使人类能够创造出数以百万计的新物质，开辟新能源。无论是国民经济的哪一个部门，还是人民日常生活的哪一个方面，都与化学有密切关系。例如工农业生产和日常生活中所必需的汽油、酸、碱、水泥、化肥、农药、染料、炸药、药品、半导体材料以及人造橡胶、塑料、合成纤维等等，就都是通过化学加工方法获得的。因此，化学今天已成为发展生产力和改善人民物质生活的重要手段。

化学是给全人类不仅带来知识也带来繁荣的科学，是工业和最新技术的基础，是生物、医药、农业和材料科学的基础。我国要在本世纪末实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，化学在这里将发挥多方面的作用，因此也就需要一支宏大的又红又专的化学科学技术队伍。现在的青年学生，将是这支队伍里的重要力量。为了胜任这样的历史使命，青年

学生要培养自己的“化学智慧”，努力学好化学这门功课。

二、物质及其运动

列宁说：“物质是作用于我们的感觉器官而引起感觉的东西，物质是我们感觉到的客观实在。”化学研究的对象是物质。但化学中所指的物质比哲学中所指的范围要小，仅仅是指构成物体（它具有质量且占有一定的空间）的材料。例如烧杯、烧瓶和试管都是物体，而构成烧杯、烧瓶和试管的材料——玻璃才是物质，才是化学研究的对象。

一切物质都是在不停地运动着的。物理变化和化学变化是物质运动的两种形式。

物理变化：物质变化后，仅改变外表形态而没有生成新的物质，这样的变化叫做物理变化。例如，水冷却凝结成冰，加热又变成水蒸气，而水的组成始终不变。

化学变化：物质变化后，发生了分子组成或原子结合方式的质变，生成了新的物质，这类变化叫做化学变化，或叫化学反应。例如，铁的生锈，木柴的燃烧，等等。在化学变化过程中，往往会产生一些放热、吸热、发光、变色、生成沉淀、放出气体或产生电流等现象，因此我们也可以根据这些现象来大致地判断有没有发生化学反应。

应当指出的是，在习惯上，人们将核裂变或核聚变等核反应归入物理变化，它们一般不属于化学变化。

根据物质的性质，可以区别不同的物质。恩格斯在《自然辩证法》一书中说：“物质的性质只有在运动中才能体现出来。”所以物质的性质随着其运动形式的不同，相应地也可以分为两类：

物理性质：物质在不发生化学变化时所具有的一切特

征，叫做物质的物理性质。物理性质包括物质三态（固态、液态、气态）、色、嗅、味、密度、熔点、沸点、溶解度、导电性、导热性、硬度等等。例如，在常温常压下，水是无色、无嗅、无味的液体，密度为1克/厘米³，熔点为0℃，沸点为100℃，难导电等等，这些都是水的物理性质。

化学性质：物质在化学变化时才表现出来的一切特征，叫做物质的化学性质。化学性质包括物质所能发生的一切化学变化。例如，碳能在氧气中燃烧变成二氧化碳，这就是碳的化学性质。

思考练习题

1) 下列现象哪些是物理变化？哪些是化学变化？

(1) 铜器上生出铜绿 (6) 煤燃烧

(2) 铜锭轧成钢材 (7) 银失去光泽

(3) 火药爆炸 (8) 糖溶于水

(4) 电灯发光 (9) 玻璃瓶受热而破裂

(5) 水沸腾 (10) 酒味变酸

2) 物质发生化学变化时有些什么现象？

3) 物质的哪些性质是物理性质？哪些性质是化学性质？如何判断某一性质是物理性质还是化学性质？

第二节 组成物质的结构微粒

自然界中的一切物体都是由物质构成的。水、氧气、铜、铁、蔗糖、淀粉等都是物质。那么物质是由什么组成的呢？

科学实验证明：自然界中大多数物质是由很小很小的粒

子——分子组成的。例如，水是由水分子组成的，氨是由氨分子组成的。同种物质的分子性质相同，不同种物质的分子性质不同。

物质可以分成分子，分子还可以分成比它更小的粒子——原子。例如，每个水分子可以分为两个氢原子和一个氧原子，每个氨分子可以分为一个氮原子和三个氢原子。但是，当水分子分成氢和氧、氨分子分成氢和氮时，原来的水和氨的性质就完全丧失了。所以，对于由分子组成的物质来说，分子是能够保持原物质的组成和化学性质的最小粒子。

有些物质，例如金刚石、石墨、晶体硅等，它们是由原子直接组成的。

分子在化学变化中可以分为原子，但原子在化学变化中不能再分为更小的微粒，这是原子和分子之间最重要的区别之一。随着科学的发展，人们可以用其他方法将原子分为更小的质点，这将在下一节中讨论。

许多物质则是由负离子（又称阴离子）和正离子（又称阳离子）组成的。在化学上，我们把带有电荷的原子或原子团*叫做离子。带正电荷的叫正离子，带负电荷的叫负离子。食盐（氯化钠）就是由带正电荷的钠离子和带负电荷的氯离子所组成的。

在物质中，结构微粒（分子、原子或离子）与结构微粒之间存在着空隙、引力和斥力，并且处于永恒的运动中。微粒的紊乱而无规则的运动叫做热运动。其运动速度愈快，物质的温度就愈高，而且一般说来，物质就可随之由固态转变

* 原子团是指由两个或两个以上的原子所组成的集团，它们在化学反应中通常作为一个整体参加反应。例如，基、根、官能团、游离基和许多离子都可看作原子团。

为液态，以至气态。此时，微粒与微粒之间的距离增大。如果温度降低，则微粒的运动速度减慢，相互之间的距离缩短，物质就可由气态转变为液态以至固态。如果微粒的热运动完全停止，这时候的温度就是绝对零度（ -273°C ）。

思考练习题

- 1) 组成物质的结构微粒有哪些？
- 2) 分子和原子有何区别？
- 3) “对于由分子组成的物质来说，分子是能保持原物质的组成和化学性质的最小粒子”，为什么不写上“能保持原物质的物理性质”这个意思？

第三节 原子的组成

一、原子结构的复杂性

大多数物质是由分子组成的，分子是由原子组成的，那末原子是由什么组成的呢？原子结构的复杂性，是从十九世纪的后期起，在化学和物理学上有了许多重要的发现之后，才逐渐为人们所认识的。

1895年，法国物理学家和化学家J.B.潘林(1870~1942，曾获1926年诺贝尔物理奖)，在一个封有正负电极的玻璃管内，抽去管内气体成高度真空，通以高压电流，这时便从阴极射出一种肉眼看不见的射线，使荧光屏发出荧光。这种射线就是阴极射线。他们用实验证实阴极射线在电场或磁场中会发生偏转，从而知道它是带有负电荷的物质。

1897年，英国科学家J.J.汤姆逊用另外的一些实验证实

阴极射线就是由一个个电子组成的一束电子流，电子的质量为氢原子质量的 $\frac{1}{1837}$ 。美国物理学家R.A.密立根(1868~1953,曾获1923年诺贝尔物理学奖)从1906年开始到1909年,用著名的油滴实验测得电子的电量为 1.60×10^{-19} 库仑。尤其值得注意的是:无论用什么金属做阴极,管内装什么气体,放出的电子的电量和质量都一样。此外,当金属在灼热时也都能放出电子来。这些现象说明在各种原子内部含有电子。

在汤姆逊发现电子前一年,即1896年,法国物理学家A.H.贝克勒尔(1852~1908,与居里夫妇合得1903年诺贝尔物理学奖)发现:含铀的化合物能自发地放射出一种看不见的射线,这种射线能透过黑纸,使照相底片感光。以后,居里夫妇*又发现镭的放射性比铀大400倍。

这种自发地放出不可见射线的现象,叫放射性。具有放射性的物质叫做放射性物质。

放射性现象的发现,进一步揭露了原子内部结构的复杂性,也为进一步研究原子结构提供了物质基础。

原子是中性的。既然原子中有带有负电荷的电子,就一定有带正电荷的物质存在,这个带正电荷的物质是什么?它与电子是如何共处的?带负电荷的电子是象葡萄干面包那样嵌在带正电荷的物质中,还是彼此分开的?

从1906到1908的这三年中,英国物理学家L.E.卢瑟福(1871~1937,曾获1908年诺贝尔化学奖)反复进行了著

* 玛丽·居里(1867~1934,原籍波兰)与她丈夫皮埃尔·居里(1859~1906)同为法国物理学家及化学家,1903年荣获诺贝尔物理学奖,1911年她又获诺贝尔化学奖。

名的“卢瑟福实验”，即 α -粒子散射实验。在这个基础上，卢瑟福于1911年提出了原子结构模型：原子由原子核和核外高速运动的电子所组成，原子核带正电荷，位于整个原子的中心，占有很小很小的体积，所以整个原子几乎是“空”的。原子核是靠静电引力吸引核外的电子的，而电子就以此引力作为向心力围绕核作高速圆周运动。

二、原子的组成

原子既然是由原子核和电子组成的，那末每个原子中有多少个电子？原子核又是由什么东西组成的？

第一个问题是由卢瑟福的学生、在英国曼彻斯特大学工作的青年英国物理学家H.G.J. 摩斯莱(1887~1915)，于1913年解决的。他发现，原子核所带的正电荷数，就是该原子的原子序数(其意义见第四章)，也等于核外的电子数，即原子序数 = 核电荷数 = 核外电子数。

那么，原子核是由什么组成的？1919年卢瑟福用放射线中高速运动的 α -粒子(即元素氦的原子核，符号为 ${}^4_2\text{He}$)打击氮时，发现有质子放射出来，这说明原子核中有质子。质子的质量为 1.67×10^{-24} 克，是电子质量的1839倍。它带有 1.60×10^{-19} 库仑的电量，与电子所带的电量一样，但是质子带的是正电荷。

1932年，英国物理学家J. 查德威克(1891~1974，曾获1935年的诺贝尔物理学奖)发现了中子。中子也是组成原子核的基本粒子之一。它的质量是 1.67×10^{-24} 克，是电子质量的1836倍。它不带电。

关于原子核的构造，到目前为止还不能说已经完全清楚了，不过现在物理学家一致同意：原子核是由质子和中子组

成的。原子核所带的电荷就是所有质子的正电荷总数。由于原子是电中性的，因此核内质子数等于核外电子数。于是便可得到如下等式：

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

这个等式很重要，应当记住。

质子和中子之所以能保持在原子核那样小的体积内，是由于核力的作用。核力是一种非常强大的作用力，它不但能把中子，而且能把由于都带正电荷而互相排斥的质子束缚在原子核内。因此，要打破原子核，就必须战胜核力。卢瑟福在1919年就是因为找到了具有巨大能量的炮弹（ α -粒子），才第一次打破了原子核，从而发现了质子。现在，科学家已经发明并建造了能把炮弹（质子或 α -粒子）人为地加速到很高能量的机器，这些机器各有不同的名称：回旋加速器，同步回旋加速器，静电加速器，等等。

至此我们可以知道，自然界中所有物质都是由质子、中子和电子这三种基本粒子组成的。质子和中子结合成原子核，电子和原子核组成了原子，原子相互结合成分子或直接组成物质，而分子又聚集成物质。现将构成物质的基本粒子的性质和各种微粒之间的关系分别归纳如表1-1和图1-1。

表 1-1 基本粒子的性质

名称	符 号	质 量	电荷
质子	p, H^+	1.67×10^{-24} 克，或相当于1个氢原子质量	+1
中子	$\frac{1}{0}n$	1.67×10^{-24} 克，或相当于1个氢原子质量	0
电子	e	9.11×10^{-28} 克，或相当于1个氢原子质量的 $\frac{1}{1837}$	-1

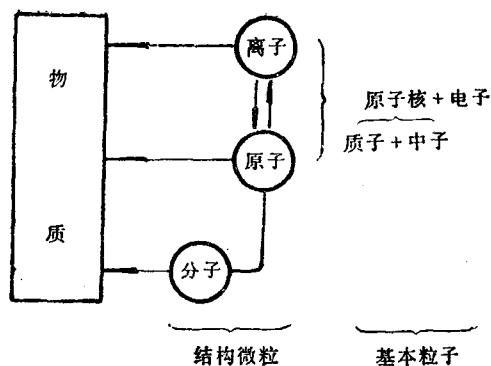


图1-1 物质各种微粒之间的关系

思考练习题

- 1) 组成原子的基本粒子有哪些？试从带电状态、质量大小、在原子中地位进行比较。
- 2) 原子和离子有何区别？
- 3) 自然界中存在无中子的原子吗？
- 4) 碳原子有6个核外电子，问它有几个质子？核电荷数是多少？

答案

- 3) 氦无中子
- 4) 6个质子，核电荷数为6

第四节 原子量和分子量

任何物质都有质量，因此原子也有质量，只不过非常微小。应用现代物理学的方法，我们能够测出原子的质量。例如：

1 个碳原子的质量 = 0.000,000,000,000,000,000,000,
019,93克;

一个氢原子的质量 = 0.000,000,000,000,000,000,000,
001,67克

从上面的数字可以看出,用“克”为单位表示原子的质量,就象用“吨”为单位表示一粒芝麻的质量一样,数值太小了,以致于书写、记忆和计算都不方便。所以在科学上,原子量一般采用原子与原子之间的相对质量来表示。国际上是以碳-12 的质量的 $\frac{1}{12}$ 作为标准,其他原子的质量与此标准相比较所得的数值,就是该种原子的原子量*。而碳-12 的原子量自然就是12。由于原子量只是一个比值,因此没有计量单位。

各种元素的原子量可以在书末“国际原子量表”中查得。在一般化学计算中,不必用精确的原子量,只要取它的近似值就可以了。

因为分子是由原子组成的,所以计算物质的分子量,就只要把分子中所有原子的原子量加起来就是了。例如水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成的,所以水的分子量为:

$$1 \times 2 + 16 = 18$$

和原子量一样,以原子量为基础的分子量也是相对的,故也没有计量单位。

思考练习题

1) 为什么原子量、分子量没有计量单位?

* 1977年,国际理论和应用化学联合会(IUPAC)新规定的原子量定义为:元素的原子量是1摩尔该元素的质量与1摩尔碳-12 质量的 $\frac{1}{12}$ 的比值。