

原子结构浅说

YUANZI
JIEGOU
QIANSHUO

27
8:5

上海教育出版社



中学生文库

原子结构浅说

韩建成 编著

上海教育出版社

内 容 提 要

本书是初中学生化学课外读物。

世界是由物质组成的，这些物质可能是固体、液体或气体，但不管怎么样，一切物质都是由原子、分子等微粒构成的。原子太小了，到现在为止，我们还没有办法直接看到它，可是它也有体积和质量。更叫人难以相信的是原子中的电子在高速运动，电子的运动还挺有规律呢……在今天看来，这些都是很普通的常识，可是人类为此付出过代价，走过了一条漫长而曲折的道路。

本书从日常生活中的事例出发，由近及远，从具体到抽象，介绍原子结构的基础知识。文字浅显，又配有相当多的插图，不仅对中学生会有帮助，也可供中学教师教学时参考。

中学生文库

原子结构浅说

韩建成 编著

上海教育出版社出版
(上海永福路 123 号)

江苏苏州印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行
开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 50,000

1984 年 5 月第 1 版 1986 年 7 月第 3 次印刷

印数 27,601—67,600 本

统一书号: 7150·3126 定价: 0.34 元

序

初学化学的中学生,要了解形形色色的化学反应,原子理论是重要的理论基础。现代的原子理论对初中学生来说,是既抽象又难以想象的内容,怎样使中学生正确地掌握这方面的知识,除了教师要根据学生认识的规律和年龄特征科学地进行讲解外,适当的课外读物也是必不可少的。韩建成同志在大学里先后担任过“化学教学法”、“结构化学”等课程的教学工作,他根据自己的教学经验写了这本中学生课外读物。本书注意知识内容的科学性和可接受性,用了许多直观的比喻和图例深入浅出地叙述现代原子理论的内容,是一本适合中学生阅读的课外读物。

建设现代化的社会主义祖国,化学工作者一方面要从事专业的研究,丰富自然科学方面的成就,同时也要把人类在科学技术上所取得的成就,用通俗易懂的形式对广大青年进行普及宣传。韩建成同志就是这样做的,值此书出版之际,乐为之序。

夏 炎

1984年春于华东师大

ABP07/05

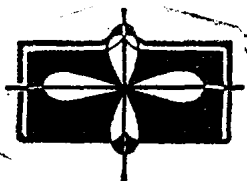


目录

ZHONG XUE SHENG WENKU

一	绪言	1
二	分子和原子的特征	5
	(一) 分子有什么特征	5
	(二) 原子有什么特征	10
三	分子和原子的大小和质量	16
	(一) 分子究竟有多大	16
	(二) 原子有多大, 多重	17
四	原子还能再分	23
五	氢原子电子云	30
	(一) 卢瑟福的原子行星模型	30
	(二) 宏观物体和微观粒子的区别	31
	(三) 通常状况下的氢原子电子云	33
六	原子核外电子的运动	38
	(一) 原子核外电子的分层排布	38
	(二) 用图式表示原子结构	45
	(三) 元素的原子结构跟元素性质的关系	46
七	原子核的结构、同位素、原子量	51

(一) 原子核的结构	51
(二) 同位素	58
(三) 自然界里的同位素	60
(四) 原子量	63
八 原子能的利用	67
(一) 核裂变反应能量的应用	67
(二) 核聚变核反应能量的应用	69
(三) 放射性同位素的应用	72

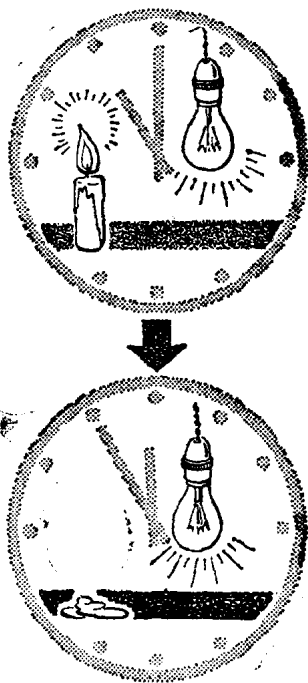


一 绪 言

在我们讲原子结构的知识以前，先来看看日常生活里的几个小例子。

你有这样的经验吗？蜡烛点燃以后，灯芯和蜡烛慢慢地同归于尽，最后化成水汽和二氧化碳，跑到空气里去了。可是家里的白炽灯泡的寿命却很长，虽然用了不少时间，里面的钨丝并没有多大变化。这是为什么呢？

原来蜡烛是在空气里燃烧的，而钨丝是在惰性气体里发光发亮的。灯泡里充满的这种惰性气体叫氩气。氩气性情很“懒惰”，不喜欢动弹，更不爱惹事生非，它通常几乎不跟任何物质发生化学作用。以后我们会告诉你：氩气这种“懒惰”的化学性质是跟氩原子的结构，即跟氩原子最外电子层上的电子数有关的。氩原子的原子结构非常稳定，或者换句话说，



氩原子最外电子层上的电子数已经饱和了，它既不需要俘获电子，也不会失去电子。这样，在这种懒洋洋、不活泼的气体里，白热状的金属钨丝就不会坏得太快，可以保用一段时间。别说是这种难熔的金属钨了，就是易燃的煤油，在氩气里也着不了火。

我想，你一定用过温度计，生病发烧的时候，用口腔体温表量一量，看看体温是多少。天气忽冷忽热的时候，看看室内的温度计，就知道今天的气温了。口腔体温表和温度计的下端都有个玻璃体，里面装满了水银（水银的化学名叫汞），温度计就是靠这些水银在温度升高时膨胀，在温度降低时收缩，来准确地告诉你温度高低的。别看装在玻璃里的水银那么听话，如果你不小心打坏了温度计，它们就开始淘气了，满地乱滚，更糟糕的是水银在常温下会挥发成水银蒸气。水银蒸气是剧毒气体，人吸了以后，轻的头痛，记忆力衰退，或者齿龈松动，牙齿脱落，重的会中毒身亡。在二十世纪五十年代，在一艘远洋轮船上，因为一位旅客不小心打翻了随身携带的水银瓶，水银滚满一地，大量的水银蒸气在客舱中弥漫，竟使二百多位旅客中毒生病。

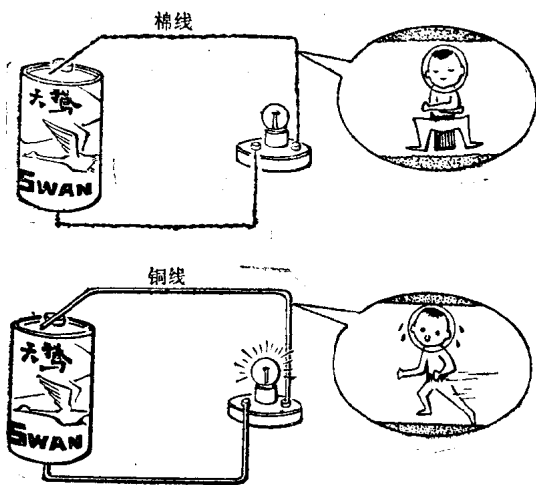
也许你会说，用扫帚扫一扫不就没事了。可是说来也怪，水银象银白色的水珠，大滴水银一掉在地上，就摔成许许多多的小滴水银，到处乱滚。即使能扫起一些，但它们还会在垃圾



箱里挥发,污染周围的环境。学过原子结构知识以后,你就会知道,水银虽然是液体,但也是一种金属。金属一般容易失去电子,只要用一种容易获得电子的非金属,让它跟水银发生化学反应,就能抓住到处乱跑的水银了。一般人们就是把常见的硫黄粉撒在水银液滴上,让它们生成硫化汞。硫化汞是固体,不挥发,用扫帚一扫,自然就把撒落在地上的水银清除得干干净净了。

你有没有听说过古代封建皇帝为求长生不老,让炼丹方士们炼丹的故事? 这些皇帝没有一点化学知识,他只求长生不老,哪里知道有种“仙丹”就是硫化汞。硫化汞俗名朱砂,是一种红色固体。汞蒸气有毒,一般汞化物也有毒,人常吃这种仙丹就要中毒。封建皇帝一心想长生不老,结果吃得仙丹越多,死得越早。

下面请你和我们一起来做个小实验。拿两段棉线,象下图那样把干电池跟小灯泡连接起来,小灯泡没有亮。换两段



铜丝再试一试,小灯泡亮了。也许你已经从物理中知道,铜丝是电的良导体,棉线是绝缘体,所以电流能通过铜丝,不能通过棉线。如果我问你一下,电为什么能通过铜丝而不能通过棉线呢?你能答上来吗?其实这也跟不同物质的不同的原子结构有关系。你看,世界上无论什么物质,都有自己的原子结构,而且不同的结构又决定物质不同的性质,由此构成我们这个千差万别、五彩缤纷的世界。

各种原子的结构究竟是怎么样的,在过去的课本和一些



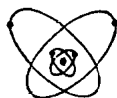
氢



氦



锂



铍

广告、电视节目和图片中,我们常常能看到如左图那样的各种原子结构,原子里的一个个电子(用小黑点表示)围绕着原子核在一定的轨道上运动。原子结构果真是这样的吗?

不!实际情况并不是这样。例如,氢原子核外只有一个电子,这个

电子是象 36 页的图中所表示的那样运动的。但是为了直观起见,我们常常还用上面那样的原子轨道图式来表示原子结构,不过它并不代表真正的原子结构。学过原子结构知识以后,你应该注意这个问题了。



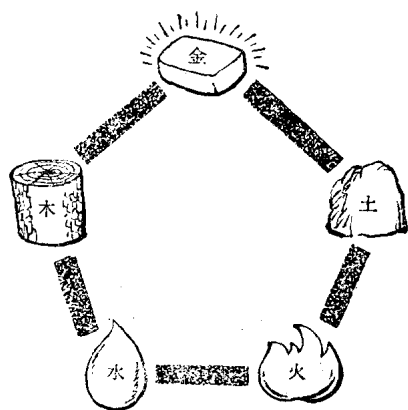
二 分子和 原子的特征

(一) 分子有什么特征

我们周围的世界是由什么东西构成的呢？向四周看看，你会看到很多东西：在教室里有课桌、椅子、黑板和粉笔，透过窗户是喧闹的校园、树木和花草。如果到海边，会有沙滩、礁石和无边的大海。在田野里，你会发现庄稼、小草、泥土。这些都是我们可以用手摸得到、用眼睛看得到的东西。除了这些摸得到、看得见的物质以外，世界上还有其他东西吗？也许你会讲，除去大地上的一切什么都没有了，整个空间都是空荡荡的了。真是这样吗？你哪儿也不用去，只要捏紧鼻子，屏住呼吸，要不了多长时间，你会感到很难受，憋得透不上气来。可是放开手，深深地吸口气，你马上就舒服了。为什么呢？因为你离不开空气。我们知道，空气主要是由氮气、氧气、二氧化碳和惰性气体组成的。无论是哪种气体，我们肉眼都看不到，但是我们却能感觉到它们的存在。以后你还会知道，世界上还有许许多多用肉眼看不到的东西，就是这些肉眼看得见的物质和肉眼看不见的物质构成我们周围的世界。

世界上有千千万万种不同的物质，物质是由什么东西构成的呢？远在两千多年前，我们的老祖宗就在想这个问题了。那时还是铜器时代，生产很落后，当然不可能用科学方法去检

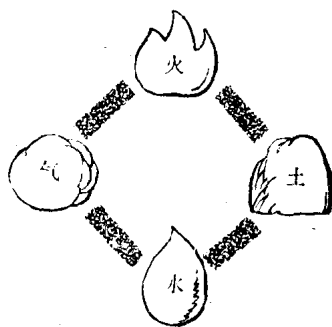
验,人们只能根据周围的事物来猜测。例如,当时铜是用土一样的矿物、木炭和火炼成的,人们就以为铜是由土、木、火等组成的。再推广开来,世上的东西都离不开金、木、水、火、土,那



么宇宙万物就是由金、木、水、火、土这五行组成的。五行之间又有错综复杂的作用,经过不同组合变化,世界上形形色色的一切物质就产生了。那时,希腊人也有过类似的想法,他们认为世界是由四种原始物质——水、火、土和气

组成的,水、火、土和气是宇宙间最基本最简单的东西。它们由“爱”结合在一起,由“憎”而彼此分开,当它们按不同比例组合在一起时,就构成自然界的一切物质。

不管是五行还是四种原始物质,在我们今天看来,显然都是滑稽可笑的。尽管如此,古代人提出万物起源问题,提出物质是可分思想,却是难能可贵的。

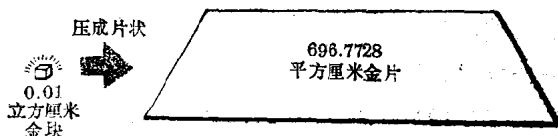


又过了很多很多年,在我国战国年间,出了个哲学家墨翟。有一天他在山边散步,看见山上的巉岩怪石和脚下的沙砾。他想,这沙砾不是从坚硬的岩石变来的吗?常年的风吹

雨打和日晒,岩石松动了,分化了,慢慢变成沙砾。那么沙砾呢,时间一长,会变成细细的沙子。沙子呢,又会变成粉末。这件事可真有意思,一块挺大的石头,这样一点点分下去,就会得到比前一种更小些的粒子。在这个想法支配下,他又研究了自然界的其他现象,提出一个思想,大意是随便什么东西分下去,最后都能分到头,这个头又叫做“端”,到了“端”,这种东西就不能再分了。同时,希腊哲学家德谟克利特也提出:物质是可以分割的,但物质的分割有限度,这个限度就是原子。他认为原子是不能再分的最小物质微粒。

墨翟和德谟克利特用原子的结合和分解去解释自然界的一切变化,他们认为世界上形形色色的万物是由于构成物质的原子形式不同和所处的状态、结合方式不同而造成的。尽管墨翟提出“端”不能再分和德谟克利特提出原子是不能再分的最小微粒的想法,在今天看来都带片面性,都是他们对自然现象经过长期观察和研究以后,想象和推测出来的,但是他们提出一切物质都是可分的思想,这推动后代人去研究物质世界、认识物质世界、改造物质世界。直到现在,我们仍然忘不了他们的功绩。

时代在前进,到十八世纪五十年代,金属加工工业(如锻压)已经相当发达,当时已经能把0.01立方厘米(相当于火柴头大小)的金块锻压成厚 1.361×10^{-5} 厘米、面积是696.7728平方厘米的金箔。这件事吸引了科学家们的注意。俄国科学



家罗蒙诺索夫为这做了一个数学运算。他假定金箔里的金粒子是一个一个紧挨着的，而且每个金粒子的边长等于金箔的厚度，那么每个金粒子有 $(1.361 \times 10^{-5})^3 \approx 2.52 \times 10^{-15}$ 立方厘米大。0.01立方厘米金块里就有

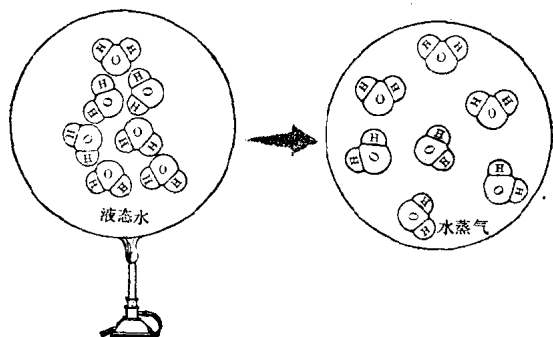
$$\frac{0.01}{(1.361 \times 10^{-5})^3} \approx 4,000,000,000,000$$

颗金粒子。(这金粒子体积比现在测定的金原子体积大得多。)因此罗蒙诺索夫得出一个结论：“物体是由……小得惊人而且可以用物理方法分开的粒子构成的。”显然，由极微小的金粒子构成的金箔和金块的化学性质没什么两样，例如，它们化学性质非常稳定，都不溶于酸。罗蒙诺索夫就把这种粒子叫做分子，并且得出结论：尽管我们肉眼看不到分子，但我们可以通过分子的长度、体积、质量等证实它确实是存在的。

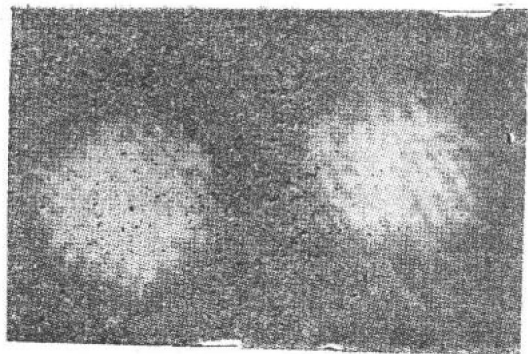
新的事实层出不穷，采矿工业的发展，使人们能用研磨机把大块黄铁矿(它的主要成分是 FeS_2)研磨成细小的粉末。大块黄铁矿和细粉状黄铁矿，虽然它们的物理性质(如密度)不同，但是化学性质是一样的，都不能在空气中燃烧。所以它们仍然还是 FeS_2 分子，分子种类没有改变。隔绝空气加热黄铁矿，会生成硫化亚铁(FeS)和硫(S)，分子种类就改变了。硫分子能在空气中燃烧，生成二氧化硫(SO_2)气体，它的化学性质跟硫化亚铁不同。罗蒙诺索夫注意到这些科学的曙光，并且根据其他大量的实验事实总结出：“分子是保持物质化学性质的最小微粒，但是它不保持物质的物理性质。分子永远处在不停地运动中。”罗蒙诺索夫的分子学说，为以后一百年的科学发展铺平了道路。现在我们已经知道，许多纯净的物质都是由分子构成的，氧气是由许许多多氧分子构成的，水汽又

是由许许多多水分子构成的，而分子是能够独立存在的。所以，世界上有多少种分子，就有多少种物质。分子种类是无穷无尽的，物质的种类当然也是无穷无尽的。

你烧过开水吧，水开了，如果不灌，任水沸腾，不多一会，水蒸气会布满整个房间。这是为什么呢？因为组成物质的分子不是一个挨一个象排队似的紧靠着的，分子间有或大或小的空隙，温度上升了，分子受热，相互间的距离增大，温度下降了，分子间的距离就缩小。自然，水蒸气分子的间隙要比水或冰分子的间隙大。这样，水受热沸腾，从液态水变成气态，水和水蒸气的质量没有变，但水蒸气的体积却大大增大，扩散到房间里，我们就能发现它。从而能间接地确认水分子是实实在在独立存在的。尽管水和水蒸气的物理性质如密度不同，但是化学性质并没有什么两样。举例来说，水能够跟生石灰反应而生成消石灰，水蒸气也能跟生石灰反应而生成消石灰。可见，分子间间隙的大小并不改变物质的化学性质，而只影响物质的存在状态。



到目前为止，我们还不能直接用肉眼看到单个的分子，不过随着科学技术的发展，现在可以用 20 万倍电子显微镜看到



某些比较大的分子。上图就是由核蛋白分子组成的病毒照片，这有力地证明分子是真实存在的。

现在你明白了，我们熟悉的物质，很多是由分子构成的，即物质可以分成分子微粒。分子是很小的，它是不是可以再分呢？

(二) 原子有什么特征

长江后浪推前浪，十八世纪末，由于在化学研究中普遍使



用了天平，化学家对物质变化的简单的定性研究就进入到精密的定量研究。那时，有一位英国化学家、中学化学教师道尔顿用天平做了大量的化学实验。经过两年多的努力，他发现氮和氧可以组成五种不同的化合物，就是一氧化二氮 (N_2O)、氧化氮 (NO)、三氧化二氮 (N_2O_3)、二氧化氮

(NO_2)和五氧化二氮(N_2O_5)。这五种化合物的化学性质跟氮气或氧气完全不相同,它们彼此的化学性质也不相同,这就不能用氮气和氧气的简单组合来说明了。道尔顿设想:氮气微粒、氧气微粒应该分别由更微小的粒子氮原子和氧原子构成,这些氮原子和氧原子再以不同的方式组合就生成五种氮氧化合物新微粒。微粒种类不同,这些新微粒的化学性质自然跟氮微粒、氧微粒完全不同。那原子以什么样的方式组合成新微粒呢?道尔顿用天平仔细地称量了这五种氮氧化合物里跟一分质量氮(两个氮原子)相化合的氧的质量,得到一组氧的质量比 $0.57:1.14:1.71:2.28:2.85$,他试着用这些数字中最小的一个数去除各个数,得到的结果是 $1:2:3:4:5$,一组简单的整数比。这就是说在这五种不同的氮氧化合物里,跟一定质量氮原子相化合的氧原子质量互成简单的整数比,这就是道尔顿发现的倍比定律。根据倍比定律,在这五种氮氧化物中,氮原子数跟氧原子数的个数比应该是 $2:1$ 、 $2:2$ 、 $2:3$ 、 $2:4$ 、 $2:5$ 。事实上,在化合物中,习惯上都采用最简单的整数比, $2:2=1:1$, $2:4=1:2$ 。这样,在五种氮氧化物中,氮原子跟氧原子个数比应该写成 $2:1$ 、 $1:1$ 、 $2:3$ 、 $1:2$ 和 $2:5$ 。这跟我们前面提到实验结果完全一致,说明氮原子和氧原子按照一定的比例组合成新微粒的。道尔顿根据以上实验事实证明,新微粒由比它更小微粒原子构成的,不同的元素原子按照一定的比例组合,就形成不同的新微粒。后人证实它就是分子。

分子可以再分成原子,那原子能不能再分呢?我们用个实验来说明。用下页左图的装置可以让水分子在电流作用下变成氢气分子和氧气分子。你看,反应前后的分子里都有氢原子和氧原子,原子种类没有变。再数一数反应前后的原子个