

中 学 生 课 外 读 物

物质结构 与元素周期律

徐文韬

B	C	N	O	F	Ne
---	---	---	---	---	----

Al	Si	P	S	Cl	Ar
----	----	---	---	----	----

Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
----	----	----	----	----	----

In	Sn	Sb
----	----	----

河北人民出版社

Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
----	----	----	----	----	----

中学生课外读物。

物质结构与元素周期律

徐文韬

河北人民出版社

一九八三年·石家庄

中学生课外读物
物质结构与元素周期律

徐文韬

河北人民出版社出版（石家庄市北马路45号）

唐山市印刷厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 8³/₈印张 2插页 176,000字 印数：1—14,300

1983年12月第1次印刷 1983年12月第1版

统一书号：7086·1130 定价：0.76元

前 言

物质结构理论是自然科学中三大基础理论之一。它是研究微观粒子（分子、原子、基本粒子）如何构成物质世界的各个层次，以及物质的种种性质又是如何由它的微观结构所决定的。因此，对物质结构的研究是关系到人类对自然界规律的更本质的认识，对物质世界的深刻了解。

物质结构是中学化学课程中最重要的理论，它在学习化学起着理论指导作用。学好物质结构的知识，便有可能把已学过的物质及其变化的知识提高到理性认识的阶段，揭露出化学现象的本质，并能对元素周期律有本质的理解。因此，只有掌握了物质结构的知识，才能更好地理解整个化学教材。

为了密切结合中学化学教学大纲，本书着重讨论原子结构、周期律、化学键三部分。对于原子核和基本粒子，只是介绍了一些常识。本书主要供中学生课外阅读，中学化学教师教学参考。

在编写过程中，蒙河北师范大学化学系副教授董耐劳同志和讲师周瑞同志以及石家庄市教育学院物理教研室主任田继欣同志多次审阅和修改；石家庄市图书馆也给了大力的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

作 者

1983年元月2日

目 录

前 言

第一章 化学基本定律与原子——分子论	(1)
第一节 古代人类对物质结构的臆测	(1)
第二节 炼金术	(5)
第三节 化学的基本定律与原子——分子论	(7)
第四节 怎样证明原子分子的存在 原子量	(17)
第五节 物质结构理论的第一次突破	(26)
第二章 原子结构	(29)
第一节 伦琴射线的发现	(29)
第二节 电子的发现	(32)
第三节 原子模型	(34)
第四节 发射光谱和吸收光谱	(42)
第五节 氢光谱	(47)
第六节 微观粒子的特点	(59)
第七节 电子云	(69)
第八节 原子中电子的运动状态	(75)
第九节 电子的能级	(81)
第十节 核外电子的排布	(89)
第三章 元素周期律	(94)
第一节 元素概念的发展	(94)
第二节 化学元素周期律	(100)
第三节 各周期元素的电子层结构	(110)
第四节 周期表扩大的展望	(121)
第四章 元素的性质与原子结构的关系	(123)
第一节 原子半径	(123)

第二节	电离能 电子亲和能 电负性	(127)
第三节	化合价与氧化数	(136)
第四节	金属性和非金属性	(145)
第五章	化学键	(148)
第一节	离子键	(148)
第二节	共价键	(157)
第三节	金属键	(163)
第四节	键参数 分子的极性	(165)
第五节	轨道杂化理论	(180)
第六节	分子间力 氢键	(186)
第七节	物质结构理论的第二次突破	(195)
第六章	原子核的初步知识	(199)
第一节	放射性	(199)
第二节	威尔逊云室	(209)
第三节	元素的人工转变	(211)
第四节	中子的发现	(215)
第五节	原子能	(219)
第六节	放射性同位素的应用	(231)
第七节	物质结构理论的第三次突破	(235)
第七章	基本粒子	(238)
第一节	基本粒子从哪里展现出来的	(238)
第二节	基本粒子模型	(243)
结束语		(250)
附录一	元素的符号、读音、原子量、化合价表	
附录二	元素周期表 (短表)	
附录三	元素周期表 (长表)	
附录四	希腊字母表	
附录五	化学元素的发现日期和发现者	

第一章 化学基本定律与 原子——分子论

第一节 古代人类对物质结构的臆测

我们眺望大自然界，可以看到无限变化的物质以及这些物质所产生的各种复杂现象。通过这些现象，我们还可以认识到它们具有完美的变化秩序和规律。这样，在大自然界的多样性和规律性的背后，必然存在着把它统一起来的基本原理。这种想法，自古以来就在人们的头脑中萌芽了：宇宙是由哪些基本物质组成的，物质是怎样结构的，人类是怎样随着历史的进展逐步得到这些知识的？

在遥远的古代，就有许多人曾试图揭开物质结构这个谜。可是由于生产落后，在当时还不能通过实验的方法去寻找自然界的规律，只能作一些主观的臆测，只能从观察自然现象来总结规律。这种完全从观察自然现象来总结规律的科学，人们称它为自然哲学。

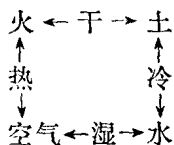
在古代自然哲学的范畴中，在解答宇宙是由什么物质构成的，有“元素论”；宇宙是连续的还是不连续的？有“原子论”。

为了说明宇宙是由什么物质构成的，古代自然哲学家冥思苦想，臆测了一些原理。

在我国战国末期有“五行”学说。所谓五行，就是金、

木、水、火、土。按这种学说，宇宙间的一切物质，都是由这五种元素组合而成。应当指出的是，五行不是指字面所代表的物质。其中的“金”并不是指黄金，甚至不是指金属，而是指具有金属通性的基本因子。可见五行有时作为“原性”，有时作为“元素”。

公元前640—546年，希腊的泰利斯认为“水是万物之母”。希腊的另一位哲学家亚理斯多德（公元前384—322年）提出，世界除了有四种基本的物质元素——土、水、空气和火之外，还有四种基本的“原始性质”，即冷、热、湿、干。这四种“原性”可以独立存在。而且也能相互结合，它们成对的结合就形成了四种元素。他说土是由冷和干构成的，火是由热和干构成的，空气是由湿和热构成的，水是由湿和冷构成的。这四种元素具有不同的性质：水——冷和湿；空气——湿和热；火——热和干；土——干和冷。这些“元素”和“原性”按各种比例相混和就得出了我们周围世界的多种多样的物质。亚理斯多德的物质构成的学说，可以用下式作一概括：



元素论者们，虽然企图以物质为根据探求自然规律，但他们把超物质的“原性”和物质混为一谈，因此，元素论实际上是一种模糊不清的概念。

关于原子论，最早是在公元前500年，由印度哲学家康纳德提出的，他认为物质是由最小的质点所构成。这种质点又由比它本身还小的不能再分割的某些质点组成的。

我国著名的哲学家墨翟（公元前479—381年）也提出有

与康纳德类似的观点^①。

在这方面，与墨翟几乎是同时代的希腊哲学家德莫克利特（公元前470—360年）在观察各种自然现象中，有更为详尽的解释。比如对下列问题：

（1）为什么杯子里的水会慢慢地变成看不见的蒸气？

（2）为什么衣服放在海岸上会潮湿，而在离海岸远的地方可以晒干？

（3）为什么从冷的地方拿到暖的地方来的东西上会凝聚水珠？

（4）为什么能够闻到从远方来的看不见的东西的气味，这气味是怎样传到鼻子里来的？德莫克利特是这样解释的：所有的物质都是由极小的微粒组成的，它们小到使我们看不见的程度。这些小微粒处于永恒地运动状态，小微粒彼此间有空隙。

水会蒸发，因为组成水的小微粒由于运动会离开水的表面飞散；暖的地方小微粒运动快，所以湿的衣服在日光下很快就被晒干。

冷物体的露珠是由水的小微粒聚集而成的；许多看不见的微粒脱离了那种物质而散发在空气中，当这些微粒扑入鼻子里的时候，我们就闻到那种物质的气味。

德莫克利特认为宇宙万物都是由极微小的不可分割的微粒所组成。他称这种微粒为原子（希腊文即“不可分割”的意思）。

用现代的观点来看，德莫克利特等人的原子论，在许多方面也是正确的，只是在当时由于历史条件的限制，他们不可能证明原子的实际存在，他们的原子论只能是思辨上的臆

说。证明原子的真实存在，是很久以后、十八世纪末期和十九世纪初期的事情。

在研究物质结构的历史上，使我们不能忘怀的一位哲学家——战国末期的庄子。他的想象力远远超过当时哲学家的水平，他用朴素的唯物主义观点说明物质是无限可分的。他说：“一尺之棰，日取其半，万世不竭”。

古代哲学家对物质结构的臆测，以我们现代的知识看来，或许是微不足道的。然而，他们却是探求物质结构理论的先驱，他们对物质结构的臆测给我们解释了自然界许多现象，使各种神秘的，无法解释的现象得到了解释，其中包括过去认为是超自然的，靠上帝的力量产生的现象。这样就冒犯了神权和反动统治阶级的利益。特别是在基督教兴起之后，原子存在的假说被视为“邪说”、“谬论”。宣传这种学说的人就要遭受严惩^②。于是，原子这一概念就被压了下去。致使人们遗忘了二千多年。

尽管科学的道路是曲折的、坎坷的，但它总是向前发展的。到十五、十六世纪，许多科学家又经常回忆起前辈哲学家对原子的臆测，并企图用原子来解释自然现象和规律性。

注①：公元前五世纪，我国当时著名的哲学家墨翟说：“非半不薪则不动，说在端。……薪必半，毋与非半，不可薪也。……端，是无间也”。意思是，物质到了没有一半的时候，就不能斫开它了。要分就得要那物质本身有可分为两半的条件，如果没有可分的条件，那就不能分了。墨子所说的“端”，有现代“原子”的意思。因此，他的臆测是接近现代原子观点的。

注②：1626年9月4日，巴黎国会通过用死刑来禁止宣传原子学说。

第二节 炼金术

古代人类对物质的变化感到奇怪。他们看到，在人们周围的一切物质都在变化。变化特别显著的是金属。金属互相熔合的时候，它们的颜色、光泽和别的物理性质的改变，使古代人们以为一切金属都能互相转变。例如，红色的铜和白色的锡熔合在一起，得到的合金跟黄金非常相象。

公元一世纪在古埃及的亚历山大城传播着一种“科学”，这种科学是研究金属的相互转变，就是想用人工方法把普通的金属转变成贵金属——黄金。他们不但要把普通金属转变成黄金，还想用人工方法制造一种万能的“哲人石”。传说，有了这种石头，就可以从这种石头得到财富、权力，也能使人长生不老。以后阿拉伯人把这种“科学”叫做炼金术，从事炼金术的人被称为炼金术士。

炼金术从一诞生就变成了神秘的，荒唐的道术。他们认为要把贱金属，如铜、锌、铁、汞等转变成贵金属——黄金，必须借助于“哲人石”之力。他们还异想天开地要在“哲人石”的帮助下得到一种活的生物——荷蒙库尔^①。

在欧洲炼金术传播得也很普遍，不少学者也相信它，这些学者多为亚理斯多德的信徒。他们坚信，原始的四种元素（土、火、水、空气）跟四种“原性”（冷、热、湿、干），按不同的比例相结合能够得到任何物质。所以他们认为炼金术士要把贱金属变成贵金属是完全可能的，只要能找到“哲人石”就能实现。

在我国的化学史上，也有炼丹时期，或称金丹术时期。

历代封建皇帝都贪得无厌，梦想长生不老，致使许多道家去用化学方法研究和制造长生不老药——仙丹。所谓仙丹就是四氧化三铅和硫化汞。铅汞之丹有毒，吃了仙丹只能送命，绝不会延年益寿。

我国的炼丹术开始于公元前二世纪，而西方的炼金术约自公元后 300 年才开始。但是由于欧洲的生产力发展较快，资本主义在 16 世纪已经开始；而我国的封建社会结束较晚，到 20 世纪上半叶，中国还处在半封建半殖民地的社会，因此，我国的炼丹时期也拖得较长。

为什么在漫长的年代里，许多著名的学者都被“仙丹”或“哲人石”的美妙幻想所迷惑呢？为什么炼丹家前后经过了一千多年的时间，始终未能制出长生不老药；而炼金术士在寻找万能的“哲人石”方面也同样一无所获呢？这主要因为他们的思想是唯心的，没有正确的物质结构理论作指导。

尽管还没有一个炼金术士和炼丹家能成功地把贱金属转变成黄金或制出长生不老药，但他们为此目的所作的大量工作却在另一个方面开花结果。他们收集了许多宝贵的资料；研究了很多物质的性质，特别是金属的性质；发现了不少的化合物，记录了许多化学操作方法，如蒸馏、过滤、结晶等等；同时他们还研制了许多化学仪器。所有这些都促进科学的进一步发展。

注①：荷蒙库尔或荷蒙库鲁斯，是一种幻想的活人，按照炼金术士的想法，可以用人工的方法制得这种人。

第三节 化学的基本定律与 原子——分子论

化学是以实验为基础的科学，在十八世纪后半期，化学实验的技术有了进步，相继地发现了氢、氮、氧等元素。当时不仅能进行定性的实验，还可以进行定量的实验。也正是在那时相继发现了自然界的一些重要的定律，从而给原子——分子的学说奠定了理论基础，找到了可靠的证据。

一、质量守恒定律

质量守恒定律即物质不灭定律或称质量不灭定律。这个定律是由法国科学家拉瓦锡于1777年发现的。他曾作过这样的实验：把纯净的汞称得重量后，放在曲颈甑里，将曲颈甑放在炉上，甑颈伸入玻璃罩里边，玻璃罩是放在水银槽内。如图1—1所示。加热到 275°C 左右，加热四、五天，发现一部分汞变成红色物质，同时发现甑及罩内的空气减少了原体积的 $1/5$ 。把红色物质和加热剩余的汞，一并称一下，重量比以前增加了。再把生成的红色物质，放入另一个曲颈甑里加热，则红色物质又变成原来的汞。

同时放出一种气体，它的体积和先前空气中所失去的体积相等。于是就断定这气体一定是当汞受热变成红色物质时，从空气中取来的，这种气体就是氧。那红色物质是由氧和汞相互化合而成的一种物质叫做氧化汞。

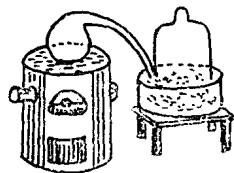


图1—1 拉瓦锡对于空气的实验

拉瓦锡在这一实验中，发现：参加化学反应的全部物质

的质量等于全部生成物的质量。这个规律叫做质量守恒定律，通常又叫质量不灭定律。

为什么物质在化学反应中，反应物和生成物之间的质量总和相等呢？因为化学反应的实质是原子的重新组合，而且，在一切化学反应中，反应前后原子的种类没有变，原子的数目也没有增减，所以，反应前后物质的质量总和也必然相等。

质量守恒定律对于认识物质是由不可分的最小微粒——原子组成的学说是一个很好的证据。从此，原子的存在由臆测变成了科学的理论。

我国明代科学家，宋应星在1637年编写的《天工开物》一书中，介绍了在用水银（汞）和硫黄升炼朱（硫化汞）的化学反应中产生的硫化汞的质量超过原来水银的质量。宋应星对这一现象是这样解释的：“出数借硫而生。”意思是说，用汞和硫制硫化汞的化学反应中硫化汞的质量超过原来的汞，这多出的质量是硫的质量。这就是说，把反应物（汞和硫）的质量加在一块等于生成物（硫化汞）的质量。

宋应星在比拉瓦锡早130多年，而且是在没有精密的定量仪器的条件下，就有了质量守恒的思想萌芽，这是很了不起的。

二、定组成定律

定组成定律或称定比定律，是法国化学家普劳斯特教授于1799年发现的。普劳斯特教授对下列问题，曾作过详细地研究：

（1）全世界有几种水？

（2）河水、江水、湖水、泉水、海水它们的内部组成一样吗？

普劳斯特收集了来自世界各地的水，其中有日内瓦湖的水，易北河的水……等等。他分析了这些水之后，发现，不管从哪里取来的水，它们的组成是完全一样的：氧占88.9%，氢占11.1%。

普劳斯特教授，不仅对水的组成进行了分析，他还研究了其它化合物的组成，结果发现各种纯净的化合物都有固定的组成。

普劳斯特根据大量实验的事实，得出了这样的结论：“我认为化合物是自然界内具有固定成分的生成物。即或自然界通过人手制造，也绝不会造出在质量上和成分上不同于天然的另一化合物……日本产的辰砂和西班牙产的相同；从秘鲁来的氯化银和从西伯利亚来的一模一样；全世界只能有一种氯化钠，一种钾硝石，一种硫酸钙、一种硫酸钡。不论在什么地方都可以证实这样的分析”。

任何纯净的化合物都有固定不变的组成，不管用什么方法制造的，也不论从什么地方获得的。这一事实，叫做定组成定律或定比定律。

对定组成定律应当怎样解释呢？为什么由单质形成化合物时总是按一定的比例相互结合，而不是随便的呢？这是不是跟物质的内部结构有联系呢？应当认为是有联系的。

要寻找这种联系，不能不想到原子彼此化合时是否有某种规律？也就是说，一种元素的原子是否可以和另一种元素的随便几个原子化合呢？还是只能和一定数目的原子化合？

研究了多种化学反应以后知道，不同的元素组成化合物时有严格一定的质量之比，一种元素的每个原子只能和另一种元素一定数目的原子化合，所以化合物的分子都有严格一

定的组成。显然定组成定律的发现，也为原子——分子论的建立奠定了理论基础。

现在我们通过几个例题，进一步理解定组成定律。

【例题一】 4 质量单位的甲元素与 7 质量单位的乙元素组成某化合物。问甲元素 10 克能与乙元素 18 克化合吗？为什么？应生成化合物几克？为什么？

【解】 1. 根据定组成定律：

$$4:7 = 10 : x \quad x = 17.5 \text{ (克)}$$

所以甲元素 10 克只能与乙元素 17.5 克化合。

2. 根据质量不灭定律：

$$10 + 17.5 = 27.5 \text{ (克)}$$

所以应生成化合物 27.5 克

答：根据定组成定律 10 克甲元素只能跟 17.5 克乙元素化合。又根据质量不灭定律，反应物的总质量为 27.5，所以生成物的总质量也应为 27.5 克。

【例题二】 燃烧一定量某碳氢化合物，得到二氧化碳 3.3 克和水 2.7 克。已知二氧化碳中碳与氧的质量比为 3:8，水中氢与氧的质量比为 1:8。试求此碳氢化合物的质量以及其中碳与氢的质量比。

【解】 1. 二氧化碳 3.3 克中含碳：

$$3.3 \times \frac{3}{3+8} = 0.9 \text{ (克)}$$

2. 水 2.7 克中含氢：

$$2.7 \times \frac{1}{1+8} = 0.3 \text{ (克)}$$

3. 根据质量不灭定律，此碳氢化合物的质量应为：

$$0.9 + 0.3 = 1.2 \text{ (克)}$$

4. 此碳氢化合物中碳与氢的质量比应为:

$$0.9 : 0.3 = 3 : 1$$

答: 此碳氢化合物的质量为1.2克, 碳与氢的质量比为3:1。

应当指出, 同一种物质组成一定相同, 但组成相同并不一定是属于同一种物质。因为有互为同分异构体的几种化合物的存在(例如乙醇与甲醚)。

三、倍比定律

继发现定组成定律以后, 在公元1800年, 英国科学家道尔顿又发现了倍比定律。倍比定律是: 当甲、乙两元素进行反应生成两种以上的化合物时, 在这些化合物中与一定质量甲元素化合的乙元素间的质量互成简单整数比。

例如, 在水(H_2O) 和过氧化氢(H_2O_2) 两种化合物中, 氢和氧的比例在水中是1:8, 在过氧化氢中是1:16。在这两种化合物中, 跟同一质量的氢发生反应的氧的质量比是8:16 = 1:2, 是成简单整数比的。

又如, 氮有五种氧化物, 它们的组成如表1—1所示:

让我们再通过几个例题进一步理解倍比定律:

【例题一】 甲烷(CH_4) 含碳75%, 含氢25%, 乙烯(C_2H_4) 含碳85.71%, 含氢14.29%。试用这些数据说明倍比定律。

【解】 1. 与1份质量的氢化合的碳的质量为:

$$\text{在甲烷中: } 75 \div 25 = 3$$

$$\text{在乙烯中: } 85.71 \div 14.29 = 6$$

2. 所以, 与1份质量氢化合的碳的两种质量比为: