

元素周期律

张辅文 编著



四川科学技术出版社

元 素 周 期 律

张 楠 文 编 著



四川科学技术出版社

1988年·成都

责任编辑：杜 宁

封面设计：李 勤

技术设计：杜 宁

元 素 周 期 律

张 辅 文 编 著

四川科学技术出版社出版发行

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

成都前进印刷厂印刷

ISBN 7-5364-0783-1/G·113

1988年12月第1版 开本：787×1092毫米 1/32

1988年12月第1次印刷 字数： 120 千

印数：1—7,850 册 印张：6.5 插页：3

定 价： 2.15 元

内 容 简 介

本书主要以元素周期律的发现、进化为线索，按史实发生的时间先后，系统地介绍了化学元素周期系的形成和发展。搜集关于元素周期系的资料丰富，事实准确，载时可靠。编写方式独具特色，注意了历史性、科学性、趣味性和普及性。

这是一本很好的中等化学课外参考书，能启发读者的创造性思维，开阔眼界，并能帮助人们更深刻理解世界的本质。既可供中学生自学，亦可供大学、中专学生及广大化学教师和化学爱好者阅读参考。

前 言

现代无机化学的教学是以元素周期律为中心的。掌握了元素周期律的内容，就可以知道各族元素及其化合物的相互变化的共同规律，所以，周期律就是无机化学的“纲”。在元素周期律的教学中，由于时间和内容的限制，只能将周期律的内容以定理的形式概括成条文教给学生，这对学有余力的大、中同学都不能满足其需要。而国内外有此内容的参考读物很少见到。有鉴于此，张辅文同志参考国内外多种书籍和杂志编著了《元素周期律》一书，作为化学学习的课外参考书。该书以化学发展史为主动脉，从各种元素的发现到元素周期律的初步形成，从周期律的不断完善的过程到周期律的展望，从古人对物质的朴素认识到现代原子结构的量子理论的科学认识，并以此确立了周期律和原子结构的内在联系，阐述了周期律的现代观念。该书内容丰富，题材广泛，从元素的经典概念到现代概念，从宏观到微观都有所论述。作者语言生动，内容编排得当，对理论的叙述做到了深入浅出，对所提出的问题采取循序渐进、逐步将问题引向深入的方法，所以能引人入胜，读起来毫不感到枯燥无味。我相信具有中等化学知识的同志都能接受该书所介绍的内容，所以特意向同志们郑重地推荐此书。相信同志们通过对该书的阅读，不但能从中获得有关周期律和原子结构的更多更新的知识，加深你

们对化学科学的热爱，而且还能知道历史上科学家们为科学献身的轶事。这对你们的学习和工作是会有助益的。

重庆师范学院化学系副教授 冉启富

1988年2月

目 录

一、化学元素	(1)
二、到元素“家族”中去	(10)
三、发现元素周期律	(24)
四、找到“规律”过后	(38)
(一)门捷列夫预言新元素获得证实	(42)
(二)研究电现象导致发现原子的构成和 门捷列夫元素周期律的局限性	(57)
(三)建立了莫斯莱定律	(88)
(四)填满周期表的空位	(96)
(五)合成第二个稀土族——锕系(超铀)元素	(104)
(六)各式原子结构模型大意和周期律的 电子层结构解释	(110)
五、元素周期系远景	(155)
(一)元素周期表的形式和元素分族	(155)
(二)发现 103 号元素以后	(172)
(三)超重元素稳定岛假说的通俗涵义	(176)
(四)期望着的未来元素及周期系远景	(178)

附 录:	(184)
(一)用量子数表示核外电子的运动状态	(184)
(二)本书资料索引	(188)
(三)本书外国人名音译对照	(190)
后 记	(202)

一、化 学 元 素

什么叫元素？什么又叫化学元素？这自然是读者首先想明白的问题。我们不妨先从诞生元素、化学元素的始祖——人类对自然的来源与构成的最早认识谈起。

很早很早以前，人们对于自然的来源及其构成的问题就在进行探索。

原始社会，大自然里的许多现象，如森林失火，动植物腐烂，空气和水对许多东西的侵蚀等，不断刺激人类的感官，一次又一次地印入人类的脑海。特别是“火”，非常引人注目。人类从长期的生产劳动中发现，火的来源很广。火山爆发，雷电轰击，陨石落地，长期干旱等都可能产生火。火对人类很有意义。黑暗中火可给人以光明，寒冷中火可给人以温暖，经火烧过的食物更为可口……。就这样，人类最早有意识地控制和利用“火”了。

人类能够利用火来服务于生活，是人类认识自然、支配自然的伟大开端。人类掌握了火，用火来烧烤兽肉和植物的根茎，结束了原始人类茹毛饮血的时代。并且，由于吃熟食不但减少了疾病的发生，缩短了消化过程，同时也为脑髓发育提供丰富的营养，使人类大脑的发育一代比一代完善。人类渐渐地聪明，认识规律的趋势驱使人们逐步想到了自然的

来源及其构成的问题上来。原始社会，生产力水平极端低下，加上生命的进化本身又是一个很漫长的过程，人类对自然的认识也十分缓慢。经过很久很久，直到古代，关于自然的来源和构成，以及由此派生的物质的变化和物质的构成，在人类都还是一个莫大的谜。人们围绕着宇宙究竟是由什么东西构成的（即“元素论”），宇宙是连续的还是不连续（即“原子论”）的问题，出现了种种猜想与说教。

最早尝试回答宇宙起源与构成问题的，要数公元前约1140年我国商末的西伯昌了。他著《易经》说：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦”。易经是“变化的学说”。这里的“太极”，就是“原素”。所谓“原素”，即原来就有的某种东西的意思。

西方自然哲学的产生，比我国约晚300年。

公元前七至六世纪，古希腊的泰勒斯提出：“万物之源是水”。

公元前六世纪，古希腊的阿那克西米尼提出“万物之源是气”。

公元前五世纪，古希腊的赫拉克利特提出“万物之源是火”。

公元前五世纪，古希腊自然科学家、医生安培拉克利，综合了在他以前的哲学家们的见解，在已有的水、气和火之外，又加上土，称为四原素。

公元前五世纪，战国时我国的李耳在《道德经》里有“道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴而抱阳，冲气以为和”的记述。这里，“道”和西伯昌的“太极”一样，都是原素的意思。其中的阴阳二字具有玄学理论（阴阳

学说)的开始,它从正反两方面的矛盾(如男——女、湿——干、冷——热、软——硬等大量的相互对立又相互关联的自然现象和社会现象)来说明自然界的变化发展。

也是战国时代,同时出现了原始的“五行说”。如战国末年的《尚书·洪范》:“五行:一曰水,二曰火,三曰木,四曰金,五曰土。”特别是《国语》中的《郑语》里明确地把金、木、火、水、土看成是构成万物的五种基本因素。并提出须是不同的物质原素在一起,方能发生作用,产生新的物质;如果只是一种物质原素,那是产生不出新物质来的。

阴阳学说和五行说,分别从不同的角度反映了自然界的面貌,由此而产生两者结合的阴阳五行说。使得从前被认为构成自然的“原素”过渡到了粗糙的“元素”(以某种独立成分为单元的什么东西)阶段,开始有了朴素的“元素论”萌芽。阴阳五行说的形成,不仅巩固了人们对世界物质性的认识,还进一步触及到了物质变化的规律。

公元前五世纪,我国古代哲学家墨翟(公元前479—381年)曾提出“端”的学说。墨子认为,“端”是物质不能再分的最小单位,“端”是无法再间断的,物质到了没有一半的时候,就不能再进一步斩开它了。这就开始出现了极其原始的物质最小单位的概念,也初步认识到物质的分割应该是有止境的。从而孕育了朴素“原子论”的萌芽。

公元前四世纪,希腊哲学家德膜克利特(公元前470—360年)最先提出物质由原子组成。这是一种很原始的物质构成观点,即所谓“朴素的原子论”。他还认为,不同的物质是由不同的原子或者不同的原子组合所组成的,只要把这些原子重新安排,就可能把一种物质转变成另一种物质。这种

观点今天看来虽然似乎是显而易见的，但在当时则完全不是这样，因而立即遭到柏拉图和古希腊哲学家亚里斯多德的反对。亚里斯多德（公元前384—322年）进行再次综合，但也歪曲了以前朴素唯物主义的看法，提出了“原性学说”。他认为自然界是由四种互相对立的“基本性质”——冷、热、干、湿所组成，构成了水（冷和湿）、气（热和湿）、火（热和干）、土（冷和干）四种元素。而且提出还要加上一一种“第五性质”——神圣的“以太”，一种由上帝特制的超自然的东西，组成与地球完全不同的天宇和星球，人为的给“元素”带上玄之又玄、不可捉摸的神秘主义色彩。那时期，象这样的例子是很多的。

公元前二世纪，最先在我国诞生了“炼丹术”（指炼制所谓长生不老药的“方术”——带有神秘性的法术）。直到公元八世纪（即自汉魏到隋唐），由于帝王们的支持和提倡（如汉武帝就是一个迷醉于求仙炼药的人），这种炼丹术盛极一时，炼丹方士（炼丹的人）应运而生。司马迁的《史记·封禅书》中曾这样写道：“祠灶则致物（招致鬼物），致物而丹砂可化为黄金，黄金成，以为饮食器则益寿，益寿而海中蓬来仙者可见，见之以封禅（祭天地）则不死”。这是关于炼丹术的最早记载。汉武帝时代，宫廷里不少方士从事炼丹，一些王侯也豢养不少丹家炼丹，企图长生不老。然而汉武帝刘彻寿终正寝，一系列炼丹家们都逐渐衰老，以死为归宿，没能抵挡住生命发展的自然规律。

不过，如同从猿到人转变过程中劳动所起的作用一样，人类的任何劳动总是不会白费的。炼丹方士们竭力求炼仙药未成，但同时导致了我国火药的发明和似乎用丹砂及其他

药剂能炼化成“黄金”的发现。于是，“炼丹术”又有了“金丹术”之称。

公元八至十世纪，中国从公元前的二世纪的西汉时期就开始与西部的中亚、伊朗（波斯，古称安息）发生经济文化交流以来，到了唐代，交流达到新的阶段，中国与阿拉伯（古称大食）之间，使节、商人、游客互相往来，进行着频繁的贸易和文化交流。中国的炼丹术（或叫金丹术）也一同与造纸术、医药学、天文学等一起传到了阿拉伯，与希腊传来的炼金术（冶炼金属，又着重指把“贱金属”炼制成“黄金”的一种技术，实际上仍然如同炼丹术一样的带有神秘性的法术）相融合，并进一步发展，构成了阿拉伯学术中的一个特殊的领域，即al-kīmīya（炼金术），替换了中国的炼丹术或金丹术。而就其冶炼本身来说，却都是一样的。

十一到十二世纪，炼金术又从阿拉伯传到欧洲，马上被欧洲封建统治者所利用与操纵。他们在宫廷和教堂中升起炉火，驱使炼金术士日夜守候在炉旁，汗流浹背，象中世纪的矿工一样，满身油烟，为封建统治者炼制黄金。

十三到十四世纪，世界炼金术达到高潮时期，炼金术士们长期的从事艰苦炼金活动，实践中富集了一定经验，对元素的说法逐渐有了新的认识。比如，西方的炼金术士们对亚里斯多德的元素就又做了补充，新增加了三个元素：水银、硫磺和盐。这就是炼金术士们的所谓三种本因。当然，他们所说的水银、硫磺、盐和一般的水银、硫磺、盐的实物不是一回事。它们只是表现着物质的性质：水银——金属性质的体现物，硫磺——可燃性和非金属性质的体现物，盐——溶解性的体现物。也有些炼金术士补充了另外三个元素：醇、油、

蒸馏残液。又还有些炼金术士（如西欧的）竭力从古代物质观的朴素原子论出发，很早意识到原子能够构成物质，势必因为在原子与原子之间存在一种结合力量的性质。并把原子间的结合比拟成人与人之间的相亲、相爱而结合。试图从组成物质的原子数量与原子之间的结合关系上，对元素概念萌发出新的认识。

十六世纪，瑞士医生巴拉塞尔提出，物质是由三种元素——盐（肉体）、水银（灵魂）和硫磺（精神）按不同的比例组成的，认为疾病产生的原因是有机体中缺少了上述三种元素之一。为了医病，就要在人体中注入所缺少的元素。

出现“金丹术”以来，人们开始用各种符号表示元素了。

图1—1为阿拉伯炼金家当时所用的符号。



图 1—1 炼金家用的符号

到十七世纪，经炼金术士们摸索了好多个世纪后，进行按合适的比例加进某些元素和取出某些元素，力图促使一种物质变成另一种物质的愿望总没能真正实现。还照常玩弄着把“贱金属”变成金子的“点石成金”魔术，以便从有钱的资

助者那里骗取所谓“研究经费”，致使“炼金术”行业声名狼藉。由于“炼金术士”“点石成金”不成的同时，发现了无机酸（硝酸、盐酸，又特别是当时的硫酸）和磷这类比黄金更为重要的物质，敏感到这些物质在市场上会占据重要地位，发生重大影响，进一步研究这类物质的变化、性质与用途大有可为。在炼金术破产后，炼金实验彻底转向了。人们开始改用“化学家”（从事研究物质变化这门学问的专家）这个名称来代替“炼金术士”。炼金术也就一步步发展成为被称为“化学”的科学。随着欧洲医药化学的开始兴起，中国的炼丹术或金丹术也相应销声匿迹了。人们不再靠仙丹追求无法实现的长生不老，而是靠药物、有营养的食品及健身术来达到去病延年。

英国波义耳是化学科学刚刚诞生时涌现出来的第一批化学家之一。

1661年，“波义耳把化学确立为科学”^①，正式建立了用科学方法定义出朴实的化学元素概念。他指出：“我指的元素应当是某些不由任何其他物质所构成的原始的和简单的物质或完全纯净的物质”，“是具有一定确定的、实在的、可觉察到的实物，他们应该用一般化学方法不能再分解为更简单的某些实物。”^②以后，化学家们开始在自己的住宅里建立实验室，化学实验表演员正式成为社会上的一种职业，化学由古代的实用阶段进入了实验阶段。人们研究万物的组成有了明确的方向，化学发展真正成为一门科学，朴素的原子论成熟，起

注：* 字右上角标图中阿拉伯数字者，“附录（二）本书资料索引”栏目中详细注释了该内容的资料出处。

**用现代观点来看，波义耳定义的元素实际上仅是单质，这似乎显得微不足道。但用它能将单质与化合物和混和物区别开来，却是一个在化学史上十分显赫的贡献。

步进入了近代化学时期。这是化学发展中的一个重要转折点。

1667年，德国化学家贝歇尔第一个发起了“燃素说”学派。按照燃素说，燃素充塞于天地之间，流动于雷电、风云之中，认为一切化学变化，都是由于含有某种叫做“燃素”的什么东西所导致的。竟把莫须有的燃素也当作化学元素。

1756年，俄国科学家罗蒙诺索夫最先确立了质量守恒定律。它对当时化学科学的发展起着推动作用，给定量化学分析奠定了科学的基础，为人们精确地进行物质组成和化学反应的研究提供了理论依据。

1774年，法国化学家拉瓦锡运用天平做研究化学的工具，推翻“燃素说”，建立了科学的燃烧理论。运用燃烧理论，可以很好地解释燃烧现象。燃烧理论认为，（简单说）物质的燃烧是由氧与之作用的结果。

1803年，英国化学家道尔顿继1700年盛行过朴素原子论的基础上，最先提出科学的原子论，并同时发现了原子量（以氢 = 1 为基准）是元素的一个重要属性，而被誉为近代化学之父。

1841年，瑞典化学家贝采尼乌斯根据已经发现的一些元素，如硫、磷等，能以不同的形式存在的事实，创立了同素异性体的概念，即相同的元素能够形成不同的单质。表明元素和单质的概念是有区别的。

十九世纪中叶，俄国化学家门捷列夫指出，元素的基本属性是原子量。他认为，元素之间的差别集中地表现在不同原子量之间的差别上。

十九世纪末，电子、X射线、放射性相继被发现，导向科学研究渗透入原子核进行研究。

1910年，英国科学家索第在研究放射性系列时，提出了同位素的概念。同位素就是具有相同核电荷、不同原子量的同一种元素的异体。

1914年，英国青年科学家莫斯莱，指出元素的一个特征是这个元素的原子的核电荷数。

1921年，英国科学家阿斯顿证明几乎一切元素都有同位素。元素的原子量是同位素质量按同位素在自然界中存在的百分含量求得的平均值。

1923年，国际原子量委员会作出决定：化学元素是根据原子核电荷的多寡对原子进行分类的一种方法，把核电荷相同的一类原子称为一种元素。用现代的科学方法严格定义了化学元素概念沿用至今。

漫无边际的元素生涯，经过人们由自发的运用，到自觉的实验以来，许许多多研究者们历尽艰难，在人间留下了各种不同的印象。或者是庄严的学者，淡泊的修士；或者是神游太空的幻想家或汗流浹背的劳动者；有时还是洒播甘露普渡众生的弥陀。到底，人类总算走出了一条认识元素的路。

纵观元素古今，关于元素的说法，虽然早在远古就已经有了痕迹；即使到了古代，不论是我国或是印度、西方的哲学中，却都是把元素看作是抽象的、原始精神的一种表现形式，或是物质所具有的基本性质；而真正把化学元素形成一个科学概念及其发展化学元素概念，则是近代以来的事了。它经历了一个极不平凡的很长时期。能够意料到，随着化学中研究分子结构、物理学中研究核粒子工作的不断进展，人们对化学元素的概念还将会有更新的认识。

认识元素的路正长啊。元素间的横向布局也正宽呢！