



学生应知学科知识

化学元素

董源 主编

目 录

元素古今谈	1
门捷列夫和元素周期表	4
第一号元素——氢	7
活泼的碱金属	10
碱土金属六兄弟	14
用途广泛的——铝	18
我国的丰产元素——硼	22
有机世界的主角——碳	26
古老的铅	31
无机世界的中流砥柱——硅	35
马口铁的“外衣”——锡	37
生命的基础——氮	40
“鬼火”——磷	44
地球上最多的元素——氧	47
炼金术的主角——硫	52
活泼的氟	55
人类的亲密朋友——氯	57
紫色的元素——碘	60
人类的功勋元素——铜	62
古老而又年轻的银	66
高尚的锌	69
大有作为的稀土元素	73
懒惰的气体	77
元素之最	82
最重要的金属——铁	84
稀散金属——镓	88
贵金属——金	91

环境中的化学元素	95
土壤和水中的元素	95
重金属的迁徙——汞、铬、镉、铅、砷	98
汞	99
铬	103
镉	106
铅	109
砷	112
农药化学	116
生活燃料污染	123
吸烟的污染	126
生活用品污染	129
元素、毒物 and 人体	130

元素古今谈

自然界多姿多彩，无限多样，但是组成世界万物的基础——化学元素却是有限的。它们不是彼此孤立地存在着的，而是形成一个完整的化学元素周期体系。历代的化学家们研究和发现化学元素，曾经走过一条坎坷不平的艰辛道路。元素周期律迟至 19 世纪 60 年代才被发现，化学从此才第一次具备较完整的理论体系。

我国远在商周时代就开始研究元素。在战国时代形成了金、木、水、火、土“阴阳五行”说。在古印度的孔雀王朝时代，也产生了地、水、风、火“四大元素”说。

在古代，无论中国和外国，对于物质构造的认识，基本上可以归纳为两种理论：原子论和元素论。

古代原子论要讨论的问题是物质的无限可分或分割有限而具有不可再分割的最小单位。这一理论虽然提出了正确的命题，但当时的生产技术水平很低，还远远不能建立在科学实验的基础上，只能是一种直观的臆测，因而遭到人们的怀疑甚至反对。

另一种是元素论，它是从具体事物中概括归纳出来的，有一定的经验事实作为基础，为大众所承认，但古代关于元素的概念，主要是指物质的性质而言的。比方说，古希腊四元素说的含义是：自然界本来存在着热、冷、干、湿四种相互对立的“原性”，由四种“原性”组合，生成火、气、水、土四种元素。所以说古代的元素并不是现代科学条件下所认识的元素。

也正是因为这样的元素观念，把人们的思想长期禁锢起来，以至化学家们经过了一千多年的实践和斗争，才从“原性”元素的观念中解放出来，建立了科学的元素理论。

在错误的元素观的指导下，便产生了炼丹术，又叫炼金术。炼金，就是企图把普通的元素转变成黄金；炼丹，则是企图制造使人长生不老的仙丹。炼丹术始于我国西汉时期，后又传于阿拉伯、欧洲。然而，由于炼丹术本身是违反化学元素的客观规律的。特别是炼丹所用的药物都是汞、铅、砷等有毒的化合物，不仅不能使人长生不老，反而使一些封建统治者断送了性命。

但是，人们在长期的炼丹、炼金过程中，却积累了不少化学知识，掌握了一些化学元素的特性，炼丹家、炼金家们制造了各种化学仪器，他们还用各种符号表示化学元素，这些，都为进一步揭开化学元素的本质准备了条件。

17 世纪 70 年代，英国化学家波意耳在观察和实验的基础上，公开向传统的化学观念挑战并提出了化学元素论的科学概念。他认为化学元素是用一般化学方法，不能再分解为更简单的某些实物，是原始的和简单的物质，或者是完全纯净的物质。

18 世纪下半叶英国化学家普里斯特列等人发现氧。法国化学家拉瓦锡据此建立了燃烧的氧素理论，证明燃素的不存在，否定了燃素学说。

化学科学对于元素的认识，在十分漫长的岁月里，经历了一个否定之否定的过程，最终在发现了幻想的元素的真实对立物——氧元素之后，才真正确立了现代的元素论。

此后，许多金属和非金属元素相继被发现。到 1871 年，已经发现了 63 个元素。

1869 年俄国化学家门捷列夫发现了元素的性质随着原子量增加而呈现周期性变化的规律，即化学元素周期律。由元素所组成的一个完整的周期体系，称为元素周期系。从此化学科学形成了完整的理论体系。

20 世纪以来，化学进一步深入到原子内部结构的研究，提出了原子结构和原子核结构理论，因而更深刻地阐述了元素周期律的本质。元素是由同种原子组成的物质，元素性质主要决定原子价壳层电子的排布。核外电子的周期性排布决定了元素性质的周期性变化。原子量是由质子和中子组成的原子核质量所决定的，原子序数即为核电荷数，与核外的电子数相同。同一种元素由于中子数的不同，尚存在不同的同位素。到本世纪 50 年代，已经基本上弄清了元素周期律的本质。

在原子和原子核结构理论的指导下，自 40 年代起，开始人工合成 92 号元素铀以后的新元素。到目前为止，已经人工合成出第 109 号元素。这些人工合成的新元素称为超铀元素。

以核反应和核裂变为研究对象的核化学，实现了古代炼金术家的梦想，可以成功地把贱金属汞转变为金元素，而且人工合成了许多新元素，被人们称为“新炼金术”。

人类的认识能力是无限的。科学的发展无止境。人们对于化学元素的认识，正在不断地深入和发展。

门捷列夫和元素周期表

自然界是统一的整体。组成自然界的 105 种化学元素相互之间存在着密切的联系。

1869 年，当时人们已发现了 63 种化学元素，为找寻化学元素间的规律提供了条件。俄国化学家门捷列夫在总结前人生产斗争和科学实验成果的基础上，发现了元素之间的内在联系——化学元素周期律。这个发现大大加深了人类对物质世界的认识，对科学发展起了指导和推动的作用。

为了揭示化学元素之间的关系，门捷列夫阅读了很多化学著论，搜集了大量的实验数据、实验方法和各种观点。他用厚纸板切成方形卡片，把当时已经发现的 63 种元素以及它们的性质，一一写在卡片上进行排列。

可是到底该怎么排列呢？有的元素闪闪发光，有的元素乌黑透亮，有的在空气中点燃会发出耀眼的白光，有的遇水就会猛烈地爆炸……从表面现象看，这些元素彼此之间几乎没有什么联系。

门捷列夫冥思苦想，他从元素的颜色、沸点、导电性等等各方面分析，都找不到它们之间有什么必然联系。最后，他终于找到了一种不受外界影响的因素——元素各自的原子量。

门捷列夫把各种化学元素按照它们各自的原子量从小到大进行排列，他发现每隔大约七个元素，就会出现性质十分相似的元素。也就是说化学元素按照原子量的大小依次排列，元素的物理性质和化学性质出现周期性

的变化。门捷列夫把这个规律叫做“化学元素周期律”。这样，就把过去认为零散的、表面上好像彼此完全无关的几十种元素联系起来，纳入一个系统。

门捷列夫在发现化学元素周期律的同时，虽然已经发现，可以把性质和近的化学元素归在一起，但是还没有完全完成化学元素的分类工作。

后来，他又把当时已经发现的 63 种化学元素，按照原子量由小到大地分成几个周期，并且一个周期一个周期排列整齐。这样一来，性质相似的元素就落在同一行里，因而分出元素的类别。比如锂和钠性质相似，是一类；铍和镁性质相似，又是一类。门捷列夫将各个元素制成一张表，这就是“化学元素周期表”。他在周期表里留出许多空格。每个空格代表一种未发现的元素，并且推算出这个未知元素的原子量，预言它的性质。门捷列夫并没有机械地完全按照当时测定的原子量的大小排列。当他发现元素的原子量与它在周期表里的位置不相符合的时候，他就根据元素的其他性质综合考虑，按周期律大胆地改正了原子量。

元素周期表的发现，对化学甚至对整个自然科学的发展都具有重大意义。元素周期表是元素周期律的具体表现。这不仅反映了化学元素的自然规律，同时，为人类认识自然界提供了一个重要工具。

首先，利用元素周期律和元素周期表可以推测元素的性质。元素的原子结构和性质决定元素在周期表中的位置；反过来，表里的每个位置也反映了那个元素的原子结构和性质。因此，我们根据某个元素在周期表里的位置，就可以确定它的原子结构并且推测出应该具有哪些性质。

其次，利用元素周期律和周期表可以预言和发现新元素。就在门捷列夫发现元素周期表的第二年，俄国化学协会出版的杂志上登载了他预言三种未知元素的论文。这三种元素“类铝”、“类硼”和“类硅”分别是元素钪，元素镓和元素锗。果然，在四年后就发现了镓；再过四年，发现了锗；七年后又发现了钪。而且，根据实验测得的这些元素的性质，与门捷列夫的预言惊人的相似。

利用元素周期律和周期表还可以纠正某些测量不准确的原子量。探索新材料的工作也离不开它。利用它还能够指导基本理论的研究。

化学元素周期律推动着现代物质结构理论的建立和发展。现代化学的各个分支，如有机化学、放射化学、催化化学等等的发展，都和元素周期律有密切的关系。现代物理学上原子核里正电荷数的测定和核外电子的分布这两大难题的解决都直接受到了元素周期律的启发。

随着时间的推移和实践的发展，元素周期律的内容不断得到充实和丰富。尤其是原子结构理论的建立，进一步揭示了元素周期律的实质。现在更严格的元素周期律说法是：元素的性质随着元素原子序数的增加而呈现周期性的变化。元素的性质随着元素的原子核所带的正电荷数量的增加，呈现出周期性变化。另外，许多新元素和同位素的发现，许多物质的新特性的探索，都远远地超过了门捷列夫所预见的范围。

以后发现的元素不但填满了周期表里的空位，人工合成的许多新元素——超铀元素，还使周期表在不断延伸。在放射性变化中，一个元素蜕变为另一个元素。科学家们从此出发，找到了利用原子能的钥匙：在周期表

后列的重元素会发生核分裂，而在周期系前的轻元素会发生核聚变。

近代又发展了原子核结构理论，指出：原子核的壳层结构同样呈现周期性变化。最吸引人的是，人们预见了合成人造元素的美好前景。科学家们预言，人造元素会逐一被发现和合成，除完成第七周期外，还可能进行第八、九周期，在未来的新周期中，元素的原子核里还会出现新的电子层次。

第一号元素——氢

16 世纪末，瑞士化学家巴拉采尔斯把铁放在硫酸中，铁片顿时和硫酸发生激烈的化学反应，放出许多气泡——氢气。但直到 1783 年，氢才被确定为化学元素。

氢元素是所有元素中原子量最小的一个。它的原子量只有 1，排在元素周期表的第一号位置上。

自然界中氢的含量相当丰富。除大气中含有少量自由态的氢以外，绝大部分的氢都是和其它元素结合在一起，以化合物的形式存在。在整个地壳中，每 100 个原子中，就有 17 个氢原子，占原子总数的 17%，仅次于氧而居第二位。氢在大自然中分布很广，水便是氢的“仓库”——水中含有 11% 的氢；泥土中约有 1.5% 的氢；石油、天然气、动植物体也含氢。在空气中，氢气倒不多，约占总体积的一千万分之五。

在整个宇宙中，按原子百分数来说，氢却是最多的元素，比氧还多。据研究，在太阳的大气中，按原子百分数计算，氢占 81.75%。在宇宙空间中，氢原子的数

目比其它所有元素原子的总和约大一百倍。

氢气是最轻的气体。在 0°C 和一个大气压下，每升氢气有 0.09 克重——仅相当于同体积空气重量的 $1/14.5$ 。这样轻盈的气体很早就引起人们的注意。1780 年，法国化学家布拉克便把氢气灌入猪的膀胱中，制得了世界上第一个、也是最原始的氢气球。现在，人们是往橡胶薄膜中灌入氢气，大量制造氢气球。在气象台，人们差不多每天都要放几个氢气球，探测高空的风云。现在，气球又添了一项新用途——支援农业；利用气球携带干冰、碘化银等药剂升上天空，在云朵中喷撒，进行人工降雨。

随着对氢的研究逐步深入，人们发现氢不是“独生子”，而是弟兄三个：老大叫氢也叫氕，符号为“H”；老二叫氘，符号为“D”；老三叫“氚”，符号为“T”。它们的性格相同而体重不同，原子量分别为 1，2，3，在化学上叫做同位素。通常所说的氢（氕），在氢的同位素中占 99.98%，氘占 0.02%，氚极少，其数量极仅为 10^{17} 。普通氢原子核是由一个质子组成的，而氘的原子核除含一个质子外，还含有一个中子。氘俗称重氢。氘和氧形成的水叫重水。重水的确比水重：一立方米重水比一立方米水重 105.6 千克。在原子工业中，重水是中子减速剂，氘也是氢弹的主要原料。氘和氚可以进行热核反应，放出巨大的核能。1967 年我国的氢弹爆炸试验成功，其中就有氘和氚做原料。氘和重水还是宝贵的示踪材料，在食物分子中用氘代替普通氢，可以用来研究人体的消化和新陈代谢过程。

氢很活泼，喜欢和大多数元素攀亲，形成氢的化合物。化肥、石油加工、有机合成、空间技术、原子能、

冶金和半导体材料生产等工业技术领域，都是氢大显身手的舞台。

20 世纪初，氢气和氮气直接合成氨成功，氨是重要的化学肥料。

氢能和一些活泼金属如锂、钠、钙等直接化合。这些金属慷慨地把它们的价电子送给氢，形成离子型氢化物。它们是很强的还原剂；这些金属氢化物碰到水就发生激烈的反应，放出大量的氢气。1000 克氢化锂和水作用，在标准状况下，能放出 2800 升氢气。因此它是优良的氢气发生剂，适用于充填国防上的信号气球，或在高空和野外作业中供氢。

氢是很强的夺氧能手，它能从许多金属的氧化物、氯化物中夺取氧和氯，使金属游离出来。钨、锆、硅就是用这种方法制取的。

氢是打开有机化合物中碳碳双键的一把钥匙。色泽、气味不好的低劣油脂经过氢化就会“脱胎换骨”，变成制皂的合格原料——硬化油。植物性油脂氢化以后，可以做成美味可口的营养佳品人造黄油。

目前，氢正以新的姿态出现在人们面前，作为正在崛起的新型能源，引起了科学界的普遍重视。我们知道，氢气能在氧气中静静燃烧，同时放出大量的热。燃烧 1 千克氢可以放出 28900 千卡热量，相当于燃烧 3 千克汽油。用氢作为工业、民用和内燃机燃料，不但效能高，而且还能延长发动机的寿命。液氢可以做火箭推进剂，喷气速度快，是出类拔萃的火箭燃料。液氢比一般的液体燃料轻 40%，用于航空动力更为有利。当前用于空间技术的燃料电池，也主要是用氢做原料。有的国家正在研究用氢、氧燃料电池做电视中继站的电源。不久的将来

来，氢燃料必将在电解、电镀、动力和民用供电方面发挥作用。

近年来，研究氢的制备和储存也有新进展。工业上制氢的方法很多，可以归纳为两大类：一类是用煤、天然气或石油与高压水蒸气作用得到氢；另一类是电解法、铁蒸气法制备氢。这两种方法都要消耗大量的原动力，制得的氢比较昂贵。因此人们把注意力转移到用太阳能分解水来制氢。近年来，有人发现金属钌的配位化合物对分解水有特殊的催化功能，为打开氢库，向浩瀚的大海要氢提供了一把金钥匙。目前利用太阳能分解水得到的氢虽然还不多，但却为获得大量廉价的氢展现出美好的前景。有关储氢方法的研究也有新的突破。人们发现一些过渡金属的合金具有较好的储存氢气的性能。预计不久，氢作为新型能源，将成为社会生活的一个重要支柱。

活泼的碱金属

周期系第一主族元素叫碱金属，其中包括锂、钠、钾、铷、铯和钫等 6 个元素。钫是放射性元素，对它的了解还很少。

碱金属除锂外原子半径都比较大，外围的一个电子很容易失去，故它们是最活泼的金属。在同一主族中，从上到下元素的金属性和活泼性逐渐增加。

碱金属都具有银白色金属光泽，非常软，可用刀切。它们的比重小，熔、沸点低而导电性强。

碱金属都是非常活泼的金属，是最强的还原剂，它

们在进行反应时极易给出电子。它们极易和氧化合生成过氧化物或超氧化物。而锂的氧化较慢，生成氧化锂。

钠和钾这两种元素，大家都比较熟悉。提起钠，人们马上会想到食盐——氯化钠。在人类的生存和发展中，钠和钾都起着举足轻重的作用。

人类和钠、钾打交道已经有几千年的历史。很久以前就知道食盐可以吃，是人类最早进行贸易的商品之一。食盐曾经作为货币流通。“圣经”上记载过人们为争夺食盐而发生的战争。

不过，人们把钠和钾做为元素看待，还是 1807 年以后的事。在此之前，人们一直把氢氧化钠和氢氧化钾看做不可能再分的元素。1807 年，英国青年化学家戴维将电流通过熔融的氢氧化钾，想检验电流对氢氧化钾的效应，却意外地分离出一种新的带金属光泽的物质，取名叫钾。戴维的发现震动了当时的科学界。1907 年，人们还为此召开一百周年纪念会。

金属钾、钠的问世曾引起轰动，因为在当时人们的印象中，金属的比重应该比水大，入水能沉，并且很软，只有在烈火中才能熔化。而钠和钾却像蜡一样软，可以用小刀轻轻切开还可以浮在水面上，并且一秒种也不安静，到处窜来窜去，发出丝丝的声音并扬起白烟，变得越来越小，最后完全消失。即使在冰面上，钠也能自行燃烧，后来的研究表明，金属钠在 -80°C 时就可与水反应，可见钠、钾的还原能力远远超过了氢。在煤油里，它们会平静地呆在里面，但如果把它们暴露在空气中，马上会失去银白色的光泽而披上一层薄膜。钠和钾还能同卤族元素氟、氯、溴、碘以及硫、磷、氮等元素直接反应，也可以与氯化氢、氨等化合物发生反应。

烈性金属钠在现代工业上有着十分广泛的应用。汽车必需的汽油防震剂四乙基铅和四甲基铅的生产要用钠做基本原料。生产航天事业需要的耐高温、耐腐蚀材料，往往也离不开金属钠。

金属钠和钾还是很好的冷却剂，在核工业上广泛应用。钠、钾及其合金做为核反应堆的传热介质，熔点低，传热本领大。钠、钾、铯制成的合金，在 -78°C 才凝固，是目前熔点最低的合金。液态钠传热的能力比水高四五倍。成批生产的钠砖用于快热中子反应堆和超热中子反应堆，不仅使反应堆体积小，而且造价低廉。液态金属钠可以做熔剂，制备与其它溶剂发生反应的活性金属粉。金属钙可以在液态钠中重结晶制取纯净的钙。

金属钠还是石油除硫的好材料。用钠处理后的石油，颜色好，贮存稳定，还改善催化裂解的质量，使裂解率达到99%。

金属钠和金属汞形成汞齐，具有温和的还原性，常在有机合成上应用。钠汞齐作弧光灯的电极，要比单独使用汞所需要的电压小，因此用来作钠光灯。钠灯发出的光线在人眼的最大灵敏度范围之内，从而，云雾天时，汽车在橙黄色钠灯的路灯下行使也会平安无事。

金属钾由于价格昂贵而限制了它的应用。钠、钾的氧化物有着特别重要的理论意义，因为它们是研究氧本身相互成键的“模特儿”。钠、钾可以生成普通氧化物、过氧化物和超氧化物，钾和臭氧反应生成臭氧化钾。而过氧化物遇到二氧化碳会自动放出氧气，因此，做为急救用的氧气源，即便宜，又容易贮存。潜水员、矿工、太空飞行员戴上过氧化钾面具可以保证氧的供应。

钾、钠的氢氧化物称苛性碱。苛性碱可以与某些金

属或非金属，甚至玻璃发生反应，所以盛装苛性碱试剂要用塑料瓶。氢氧化钠很喜欢水，一块干燥的氢氧化钠放在空气中，它的表面很快就会“出汗”，最后变成糊状物。氢氧化钠的这种性质，使它可以用来作干燥剂。特别应当注意的是千万不要让碱液溅入眼中，否则就会把眼睛烫伤。如果不小心把碱液弄在皮肤上，要迅速用水冲洗，并用稀小苏打或肥皂水洗涤。苛性碱的许多优点使它成为实验室使用的重要试剂。在工业上大量用在制造肥皂、造纸、冶金、人造纤维、石油等方面。

还有一个重要的钠的化合物是“纯碱”——碳酸钠，俗称“苏打”。最初，人们是从一些海生植物的灰中提取苏打，然而，产量非常有限。现在，人们用食盐、硫酸与石灰石作原料制造纯碱。纯碱是白色晶体，常用于洗濯。玻璃、肥皂、造纸。石油等工业都要消耗成千上万吨纯碱。

至于“小苏打”，则是碳酸氢钠的俗称。医治胃病的小苏打片，“苏打饼干”，便是用它做的。小苏打是细小的白色晶体，微有咸味，常用作发酵剂，因为它受热或受酸作用，很易放出二氧化碳气体，在面团中形成蜂窝状。

钠、钾元素对人的生长和正常发育非常重要。一个正常人每年要摄取 5~10 千克食盐。盐不仅使食物鲜美，而且还为我们体内提供必要的氯。由氯可以产生胃液的组成物盐酸。人体内的钠的总量大约为 90 克，钾 160 克。钠的主要功能是维持细胞外液的渗透压，使神经细胞对外界刺激的反应维持正常。钾主要维持细胞的新陈代谢，同时也维持神经细胞对外界刺激的正常反应。人体缺少了钠和钾，就会感到疲惫、食欲不振、头痛、肌

肉痉挛、恶心、神志不清、心律紊乱、低血压等。值得提出的是，我们要多吃些含钾量多的蔬菜、水果、肉类、谷类、豆类等，不要偏食，否则会引起缺钾症。

众所周知，植物很需要钾。植物从土壤里摄得钾，来配合光合作用和呼吸作用。有人做过这样的试验，取一枝施过钾肥的植物叶子放在干燥的空气中，一昼夜基本上没有水分蒸发，而没有施钾肥的叶子，水分丢失 94%。植物缺钾，叶片会发黄，布满棕褐色斑点，同时杆茎细小容易倒伏。向日葵杯中钾的含量高，所以抗风能力强。烟农很熟悉烟草生长的“脾气”，在烟草地施些含钾多的草木灰肥料或钾肥。目前，80%的钾化合物用于钾肥。

钠、钾元素的化学性质虽然人们研究了一二百年，它们的化合物数以千计，但是对它们的研究还远远不够。近年来，人们又开辟了崭新的领域。钠、钾原子具有很低的电离能，在液氨溶液中可形成深蓝色的溶液。这种溶液很奇特，具有优异的导电性能。饱和的钠氨溶液的电导接近纯金属的电导，溶液变稀，电导突然降低；溶液再稀，电导反而又升高。利用先进的测试仪器确认这种溶液中有负一价的钠离子存在。利用钠负离子可以作成半导体。相信不久在这个领域又会有新的科技成果出现。

碱土金属六兄弟

碱土金属是元素周期表中的第二主族元素，包括铍、镁、钙、锶、钡、镭六种元素。它们的化学活泼性依次