

主编 李 诚

世界科普经典文库

话说元素

KEPUJING
DIANWENKU

内蒙古人民出版社

世界科普经典文库

话说元素

内蒙古人民出版社

世界科普经典文库

- 责任编辑 武连生
出版发行 内蒙古人民出版社
地 址 呼和浩特市新城区新华东街祥泰大厦
印 刷 北京一鑫印刷有限责任公司
开 本 850mm×1168mm 1/32
印 张 300
版 次 2006 年 12 月第一版
印 次 2007 年 1 月第一次印刷
印 数 5000 套
书 号 ISBN 7-204-08902-2/G·2438
定 价 (全 56 册):1372.00 元
-

如出现印装质量问题,请与我社联系。

联系电话:(0471)4971562 4971659

目 录

宇宙万物的组成（代序）	1
第一章 “火焰空气”	4
第二章 化学和电相结合	23
第三章 蓝色的和红色的物质	56
第四章 门捷列夫的周期律	96
第五章 情性气体	113
第六章 不可见的光线	132
尾 声	153

宇宙万物的组成

我们脚下的地球和头上的太阳是由什么组成的？房屋、机器、植物以及我们自己的身体，又是由什么组成的？

朝四周望望，不难数出几十种，甚至几百种各不相同的物体来。

看看摊在面前的这本书，它是用纸、硬纸板、白细布、印刷用的油墨和浆糊等制成的。放书的桌子，是用木料制成的，还要用油漆涂在木料上，用粘胶把木料粘合在一起。屋角上，可以看见暖气管子，那是生铁铸成的。墙上可以看见白粉，白粉下面是抹砖缝的水泥浆和砖。回到自己的房间里，又可以从窗上和灯上找到不同的玻璃，从电线上找到铜和橡胶，从灯泡的灯座上找到瓷，从笔头上找到铜，此外还可以找到墨水及各种色彩的颜料等等。

你上街，会有种种物体出现在你眼前。到了工厂车间里，又会遇到另外一些新物体。森林里、山顶上、海底下——你随处可以发现一些东西，和以前见过的全不相同。

各种不同的物体，有活的，有死的，如果要计算一下究竟有多少种，即使不用千万作单位，也得百万作单位。单是宝石一项，地球上就有几百种。矿石和树木，有几千种。天然和人造颜料，有几万种。

而这些不计其数的物体，它们的性质又是多么不同啊！一种是不可想象地硬，另一种却经不住婴儿的小手一压。一种是香甜可口，另一种却是辣人舌头。物体有透明的、有放光的、有磨砂的、有泥灰色的、有雪白的。有些物体不会冻结，冷到零下 250 摄氏度还是液体；又有些物体不会熔化，送进火光耀眼的电弧里，还能保持原来的硬度。有些物体，无论是热、是冷、是潮湿、是浓酸，都不能对它们发生作用；又有些物体，只要用掌心挨上一挨，掌上的热就足够使它们起火、爆响，化为碎屑而飞散。

自然界中的一切都在永恒的运动中。每一寸土地上的物质都在不断地起着千万种变化。一批物体消失了，就有另外一批出来代替它们。

从表面上看，这无数物体的无穷尽变化，似乎进行得没有一点秩序。这里好像只是一片混乱，实际却不是这样。

人们早就猜度到自然界虽然外表上是形形色色，多种多样的，内部却是统一的、单纯的。现在已经证实，一切物体都含有相同的一些最简单的组成部分，这种组成部分就叫做元素。

元素的数目其实一点也不算多，但它们可以有不计其数的互相结合的方式。地球上的物体名目之所以那么繁多，原因就在这里。

在声音的世界里也可以看到大略相似的情形。用 30 个左右的字母所发的音就能拼出一国语言中所有的字来。把数目相同的一套乐音配合起来，就能组成数千种曲调——从颂歌到送殡曲，从简单的儿歌到极复杂的交响乐。

元素都不是一朝一夕发现的。其中有许多种，古人已经知道，可是过了好几个世纪，才认清它们的确是元素，不是复合物

质。相反，有些复合物质却很久被人误认为是元素，因为早先化学家们不知道它们是可以分解的。还有一些元素，人们很少遇到或人眼极难看见，结果，就费了极大的力气才把它们找到。

科学家在寻找元素这个课题上曾经花费了几百年的时间。这里付出了许多的劳动，也出现了许多聪明而又有发明才干的人物。本书就用说故事的方式，给大家讲讲元素的一些最重要的发现。

第一章 “火焰空气”

药店里的学徒——卡尔·舍勒

18 世纪的后半期，瑞典出了个十分勤奋的青年药剂师，名叫卡尔·舍勒。一开始他是当学徒，后来升为实验员，但他的东家们没有哪一天不为他的格外勤奋所感动。

舍勒的职务是配制丸药、水药和膏药，但他所做的工作却远远超过了东家们对他提出的要求。每天他配完了药，总要找个人没人的角落，或就着窗台坐下来，进行捣碎、蒸发和蒸馏种种化学物质的工作。他日夜不离实验室。他又细心又耐心地研究古老的化学书籍，而那些书籍连有经验的药剂师都认为是很难读懂的。所以，若不是他的实验有时会以意外的爆炸结束的话，老板对于这位伙计更不知要多么喜爱了。

他手上不断有被碱或酸烧伤的黑印。一呼吸到实验室中浓烈的气味，他心里就痛快。连燃烧硫磺所生成的刺鼻的浓烟或硝酸挥发出的窒息的蒸气，他都不觉得讨厌。

有一次，舍勒预备了一种有苦杏仁味儿的化合物。他闻了闻它的蒸气，想判明到底是什么气味。后来又试着辨别它的滋味，口里却觉出一股极辣的味道。像这样的实验，现在恐怕没有一个爱惜性命的人肯冒险重做了。因为那苦杏仁味儿的化合物，现在

叫做氢氰酸，是一种出名的剧毒物质。还好，舍勒只尝了极小极小的一点。

当时舍勒是不知道他所发现的这种酸的毒性有多么强烈。可是，即使他猜到了这一点，可能还是忍不住要尝一尝。对他来说，世间最大的快乐，莫过于发现了世人从没见过的新物质和已知物质的新性质。所以他总要用各种方法来试验，每一次还总要坐立不安地等候试验的结果。

有一次，他写信给朋友说：“一个研究工作者找到了他所想找的东西，那时候他是多么幸福啊！他的心情又该是多么愉快啊！”

舍勒曾经得到过许多次这样的幸福，可是一般说来，那都是他一个人埋头苦干得来的。他没有进过中学和大学，也没有求人帮助过。一切都是他自己学习的，连所用的简单仪器，也都是他自己用药罐、玻璃的曲颈甑及牛尿泡做成的。

他14岁那年被送到包赫开设的药店当学徒。19年后，瑞典科学院选他当院士的时候，他还是外省一家药店的普通实验员，仍旧同少年时代一样，要把微薄的薪水，大部分花费在书籍和化学试剂上。

舍勒天生是个化学家。像现在的化学家一样，他一心总想知道世界万物是由什么组成的。

他想知道人们周围的物质是由哪些最简单的成分或元素组成的。但由于多年的经验，他又相信，如果不懂得火焰的真正性质，就不可能研究上述问题，因为能够不用火、不加热而进行的化学实验是极少的。

舍勒开始研究火焰的性质了，可是很快又不得不对空气在燃烧中所起的作用这个问题用心思考起来。他读古代化学家所著的

书籍，也曾读到过一点关于这个问题的文章。

还在舍勒以前约 100 年，英国人波意耳等曾经证明蜡烛、煤炭等能够燃烧的物体，都只能在空气充足的地方燃烧。

举例来说，如果给燃烧着的蜡烛罩上一个玻璃罩，那它燃烧一小会儿就要熄灭了。如果把罩内的空气完全抽掉，蜡烛就立刻熄灭。反过来，如果仿照铁匠使用风箱的办法，向火焰里送进大量的空气，火焰就会烧得更明亮、更强烈。

然而为什么会这样，燃烧的物体为什么需要空气呢？那时候的人谁也不能解释。

舍勒为了弄清楚这个问题，就把各种不同的化学物质放在密闭的容器里，进行试验。

舍勒想：“一个密闭的容器，里面所含的空气在分量上是严格一定的，而外面的东西又决不能钻进去。假如空气在燃烧等等化学反应中会发生什么变化，那么，在密闭的容器里，这种变化就很容易查出来。”

那时候，人们都认为空气是元素——是任何力量也不能使它分解为简单成分的单质。舍勒开始也是这样想，可是他很快就抛弃了这种想法。

火为什么会灭

一天夜里，舍勒坐在乌普萨拉城中一家药店的实验室里，安排实验。

药店里是死一般的寂静。店门早已在最后一位顾客离店时关好了，东家也早已回屋睡下了。只剩下舍勒一个人兴致勃勃地守着自己那些烧瓶和曲颈甑。

他从橱里拿出一只盛满了水的大罐子，有一块像蜡一样的黄

色东西沉在罐底上。在半明不暗中，水和蜡状物正在发着一种神秘的淡绿色的光。

那蜡状物就是磷。磷这种物质，化学家们永远要把它保存在水里。因为在空气中，它很快就发生变化而完全失去平时的性能。

舍勒拿一把刀插进罐里试了试，却不把蜡状物捞出罐外，只在水中把磷切下一小块来。他把这一小块弄出来，扔进空烧瓶里，塞上瓶塞，然后把烧瓶送到一支燃烧着的蜡烛跟前去。

烛焰的边沿刚刚触到烧瓶，瓶里的磷立刻溶化，沿着瓶底摊成一片。又过了一秒钟，磷爆发出一阵明亮的火焰，烧瓶里立刻浓雾弥漫，没多久，这浓雾就沉积在瓶壁上，像层白霜。

这里的全部过程只消一眨眼的功夫就完成了。磷立刻烧尽，变出干的磷酸来。

这个试验很能使人形成深刻的印象，可是舍勒似乎无动于衷。因为使磷着火，观察它怎样变成酸，这在他已经不是第一次了。现在他感兴味的，不是磷的本身，而是截然不同的另一件事：他只想知道烧瓶中的空气在磷燃烧时起了什么变化。

烧瓶刚凉，舍勒立刻将瓶颈朝下没人一盆水中，然后拔去瓶塞。这时候，却发生了一件奇事：盆里的水从下而上涌进瓶中，填充了烧瓶体积的 $\frac{1}{5}$ 。

“又来了！”舍勒喃喃地说。“又有 $\frac{1}{5}$ 的空气不知去向了，留下来的空位，由涌进来的水把它填满……”

怪事！舍勒无论把什么东西放在密闭的容器里燃烧，总会看见一种相同的有趣现象，即容器内的空气会在燃烧中少掉 $\frac{1}{5}$ 。而现在发生的现象也是这样：磷烧完了，磷酸全部留在烧瓶里，而空气却溜掉了一部分。

烧瓶不是用塞子塞严的吗？瓶里的空气怎么能够溜掉呢？

就在磷燃尽的烧瓶缓缓冷却的时候，舍勒已经安排好了另一场试验。他这次决定在密闭的容器中烧另一种易燃物质——金属溶解在酸中时产生的那种易燃的气体。

这种易燃气体，只消几分钟就制好了。舍勒把一些铁屑塞进一个小瓶里，然后往铁屑上浇了些稀硫酸溶液。他事先曾经在一个软木塞上钻通了一个孔，并且通过这个孔插上了根长长的玻璃管。现在就把这个带玻璃管的塞子塞在瓶口上。这时候，瓶里的铁屑已经开始吱吱地响，酸也开始沸腾，冒出一串串的气泡来。

舍勒把一支蜡烛拿到长玻璃管上端附近时，冲出管来的气体立刻着火，形成一个极其尖细的苍白色火舌。

接着，舍勒把小瓶放进一只盛水的很深的玻璃缸里，又把一只空烧瓶底朝天罩在火舌上面。烧瓶的口被他直接插进水里，这就使瓶外的空气绝对无法进入瓶中，而那气体就在密闭的空间里燃烧。

烧瓶刚一罩到火焰上，玻璃缸里的水就立刻自下而上往瓶里涌。

上面的气体燃烧着，下面的水不断地向上升。

水越升越高，那气体燃烧所产生的火焰也越来越暗。最后，火焰完全熄灭了。

这时候，舍勒发现涌入瓶中的水又只占烧瓶体积的 $1/5$ 左右。

“那好”，他想，“假定由于我不知道的某种原因，空气应该在燃烧过程中消失吧。可是，这时候消失的为什么只是一部分空气，而不是全部空气呢？那种气体现在不是还够燃烧好久吗？铁屑还在吱吱地响，小瓶里的酸还在沸腾。现在我要是拿掉烧瓶，

在通敞的地方，把那气体点着来，它当然又会开始燃烧。那么，在烧瓶里面，它为什么就要熄灭呢？烧瓶里不是还剩下 $4/5$ 的空气吗？”

最近几天，舍勒常常有一种模糊的疑念，不断在他脑海里闪现：

“这不就是说，瓶里剩下的空气和那在燃烧中从瓶里消失的空气，完全不同吗？”

舍勒准备立刻进行几种新试验，把自己的想法彻底检验一下。可是看了看钟，只得叹口气，停止工作。原来这时已是深夜，明天一早，他还得坐在这里配药哩。

舍勒恋恋不舍地吹熄蜡烛，离开了实验室，但空气有两种，彼此不同，这个想法，再也不肯离开他的脑海。不过想着想着，也就睡着了。

“死空气”和“活空气”

第二天，刚刚配完药，舍勒就满怀热情地检验起自己的新想法来。

他翻阅了自己开始研究火焰和燃烧以来在实验簿上写下的所有记录，又重做了其中几种实验。随后，他就对烧瓶中任何一种物质燃烧后所剩下的空气特别专心地研究起来。

这种空气似乎是死的，完全无用的。

无论什么东西，也不愿意在这种空气里燃烧。蜡烛会灭，好像有个隐身人把它吹灭了似的。烧红的炭会冷却。燃着的细劈柴会立即熄掉，好像叫水浇了一样。甚至易于燃烧的磷，到了这种空气里也不肯着火。有几只老鼠，被舍勒关到充满了这种死空气的罐里，立刻窒息而死。然而这种死空气也是透明、无色、无

臭、无味，和普通空气一样。

现在舍勒可完全明白了。原来从四面八方围绕着自己的普通空气绝对不是什么元素，像人们自古以来所想象的那样。空气不是单质，而是由两种截然不同的成分混合而成的东西。两种成分里面，有一种能助燃，但在燃烧中会不知去向；另一种比较多，却对火不起作用，往往会在易燃物质燃烧以后毫无损失地保留下来。假如空气里只含有它这一种东西的话，世界上无论什么时候，也不会出现一个小火花了！

使舍勒更感兴趣的，当然不是空气中那“死”的部分，而是它那“活”的部分，会在燃烧中不知去向的部分。

他想：“难道不能设法得到不掺‘无用空气’的纯净的这部分空气吗？”

他知道这是有办法得到的。

他想起曾经不止一次观察到坩埚里要是有制黑火药的原料——硝石在熔化着，那么，烟炱的细末飞过坩埚上空时，就会出人意外地突然着火。

现在他就自问，这些细末为什么来到沸腾的硝石上面时，才那么容易着火，是不是因为从硝石里冒出的气体，正是空气中能够助燃的那一部分呢？

于是舍勒在一段时期里，放下了一切别的实验而专心研究硝石。他熔化硝石，把硝石跟浓硫酸一起放在火上蒸馏，后来又不用硫酸单独对硝石进行蒸馏，把硝石跟硫放在一起捣碎，又跟炭一起捣碎。药店东家一面提心吊胆地斜着眼睛看他忙碌，一面思忖：“这小伙子不会在哪一天使我这间铺面，同他一道飞入空中吧？从硝石到火药本来就隔不多远呐！”

可是事态的发展完全出乎东家的意料之外。

有一次，药店东家正在向一位好挑剔的顾客夸说自己店里的芥子膏，质量如何如何好，舍勒却从实验室冲出来，摇着一只空瓶子喊道：

“火焰空气！火焰空气！”

“天哪！出了什么事啦？”东家也喊起来。

东家知道舍勒平日一向很冷静。现在这样激动，一定是出了什么祸事了。

“火焰空气，”舍勒拍着空瓶又说了一遍。“走吧，去看看这件地地道道的怪事。”

他把惊奇的东家和顾客一道拉进了实验室，拿把勺子从炉子里舀出了几块快要熄灭的煤炭，然后移开手中瓶子的盖，把炭扔了进去。

那几块炭立即一齐迸发出强烈的白色火焰来。

“火焰空气！”舍勒洋洋得意地解释说。

东家和顾客都不作声，莫名其妙地对看着。舍勒找来了一根细劈柴，点着以后，立刻吹熄，然后把它塞进另一只盛着“火焰空气”的瓶子里。

这一次，那几乎已经熄灭了的火，又明晃晃地燃烧起来。

“这是什么魔术啊？”莫名其妙的顾客含含糊糊地说，几乎不相信自己的眼睛。“瓶里不是空的吗？”

舍勒想了想，解释道：“瓶里有气体，有‘火焰空气’，是从蒸馏硝石得来的。在我们周围的普通空气中，这种气体只占 $\frac{1}{5}$ 的体积。”

顾客眨眨眼睛，一点也不懂。东家庄重地说：

“原谅我，舍勒，你好像在完全瞎扯。谁相信空气里除了空气本身以外，还有什么别的呢？难道我们谁还不知道空气到处都

是一样的吗？不过，你用细劈柴做的试验，当然很好玩。能再做一次看看吗？”

舍勒毫无困难地又一次使将灭的细劈柴突然发出强烈的火光，可还是不能使东家相信他的解释。人们已经成了习惯，把空气认作单一而不变的4大元素之一。要想一下子叫他们改变信念是困难的。

说实在的，舍勒查出空气是由“无用空气”和“火焰空气”两种截然不同的气体组成的，连他自己也觉得奇怪哩。

其实对这件事大可不必怀疑了。舍勒现在已经亲手用1份“硝石气”和4份“无用空气”，人工地配成了普通的空气。在这样配制成的空气里，蜡烛只是不太耀眼地燃烧着，老鼠也平静地呼吸着，就像呆在围绕我们的空气里一样。做完了这些实验，就不会怀疑空气是由两部分所组成的了。

舍勒很快就找到了制备纯“火焰空气”的最简单方法——对硝石加热。

他把干硝石放进一个玻璃曲颈甑，然后把甑放在火炉上面烧。硝石开始熔化了，他就在甑颈上缚上一个挤得很干的空的牛尿泡。牛尿泡一点一点胀大——从甑里冒出的“火焰空气”在慢慢地填满它。接着，舍勒就用熟练的手法把牛尿泡里的气体移入玻璃缸、玻璃杯、烧瓶等容器内，以备需要时使用。

舍勒又找到了几种别的方法来预备“火焰空气”，例如用水银的红色氧化物来做原料。不过还是硝石加热法比较经济，所以舍勒在实验中，多半还是采用这个方法。

这个新发现把他完全吸引住了。在这段时间，舍勒最大的快乐就是观察各种物质在纯“火焰空气”中怎样燃烧。各种物质在这种气体里，燃烧得很快，所放出的光，也比在普通空气里明亮

得多。而容器里的“火焰空气”本身却要在燃烧中全部消失，一点也不剩下。

这种情形，当舍勒把磷放在盛满了“火焰空气”的密闭的烧瓶中燃烧时，看得特别清楚。这时爆发的火焰，简直亮得刺目。后来烧瓶冷却了，舍勒拿起它，打算把它放进水里，却听见一声霹雳，震得他耳朵都要聋了，手里的烧瓶同时也炸成碎片，四纷纷飞。

幸好他没有受伤，同时还能保持镇静，立刻看出爆炸的真正原因是，全部“火焰空气”都在燃烧中离开烧瓶，使瓶里出现真空。因此，烧瓶才被外面的大气压力所压碎，像空胡桃壳被铁钳夹碎了一般。

舍勒第二次做这个试验，就更加小心了。他选了一只结实的烧瓶来盛磷。瓶壁很厚，完全经得住大气的压力。

到磷烧尽，瓶已冷却的时候，舍勒把瓶口浸入水中，为的是观察瓶内的“火焰空气”还剩下多少。但瓶塞怎样也拔不出来了。很明显，瓶里已经成了真空，因此，空气就发挥惊人的力量把瓶塞压在瓶颈内，压得这样紧，好像有人用铁钳钳住了它似的。

他既无法拔出塞子，就决定把它往瓶里推，这却立刻办到了。塞子刚被推入瓶内，盆里的水就自下而上涌入瓶中，把整个瓶子填满。

这样，他才确切无疑地相信“火焰空气”会在燃烧中完全消失。

舍勒又曾把鼻子凑到牛尿泡口上，吸进了些纯“火焰空气”试试。可是没有什么特别的感觉，只觉得是在和平常一样呼吸着。其实在“火焰空气”中呼吸，当然比在普通空气中更轻松。