



CHEMICAL REACTIONS

Discovering

科学图书馆·连锁反应系列

从火药到激光化学

发现化学反应

[英] 安德鲁·索尔维 著 丛书主译 迟文成 张宏佳 译

上海科学技术文献出版社

“连锁反应”系列丛书

书主译：迟文成

CHAIN REACTIONS

从火药到激光化学 ——发现化学反应

【英】安德鲁·索尔维 著
张宏佳 译

上海科学技术文献出版社

主译的话

太阳光芒四射，大海潮起潮落，机器飞速运转，霓虹五颜六色……在这些再寻常不过的现象中，都蕴藏着许多科学奥秘。人类伴随着对科学奥秘的不断破解，从远古一路走来。钻木取火，完成了从古猿向类人猿的进化；利用石器和制造石器，打开了从类人猿向人类过渡的大门；青铜器和铁器冶炼术的出现，完成了人类从奴隶制到封建制社会的跨越；蒸汽机的发明，使人类完成了工业革命的飞跃；火药的出现，推动了人类社会极大的进步；电的发明，使人类进入了电器时代；计算机的创世，把人类带入了信息社会；卫星和飞船的开发成功，又把人类梦想带入了太空。

上海科学技术文献出版社从世界著名的英国海尼曼图书馆引进了这套“连锁反应”系列丛书以满足青少年对科学知识的渴求。丛书共包括6册：《从托勒密的球状天体到暗能量——发现宇宙》、《从蒸汽机到核聚变——发现能量》、《从火药到激光化学——发现化学反应》、《从风车到氢燃料电池——发现替代能源》、《从牛顿的彩虹到冷冻光——发现光》、《从希腊原子到夸克——发现原子》。本系列丛书俨然一部科学发展简史，记录着人类文明的印迹。更重要的是，丛书中还介绍了大量不同时期的科学家们鲜为人知的故事，他们为了探索科学实验结果，不惜冒着致残甚至丢掉生命的危险，因此说，人类从愚昧野蛮走向光辉灿烂的文明世界的漫漫征程中始终贯穿着这些科学家们求真求实的科学精神。

受上海科学技术文献出版社的委托，我组织并承担了这次翻译工作。在翻译过程中，每位译者和我一样有着共同的感受，我们不仅在做着翻译工作，同时也是一个再学习的过程，学习科学知识，学习科学家们为人类进步忘我牺牲的博大胸怀。科学世界广袤精深、乐趣无穷，我们希望通过这套系列丛书能够培养更多青少年学习自然科学知识的兴趣，激发他们探索未知世界的热情，将来更好地为祖国建设服务。

受译者专业知识所限，书中难免有纰漏之处，希望读者给予更多的理解和支持。

迟文成

2009年12月于沈阳

目 录

- 4 大爆炸
- 8 燃烧与呼吸
- 14 原子称重
- 18 化学成分的结合方式
- 20 电反应
- 26 碳的化学性质
- 30 热反应
- 32 巨大的产业
- 42 分割原子
- 46 高分子
- 52 从火药发展到激光化学
- 56 大事年表
- 59 科学家小传

大爆炸

公元9世纪时，中国的封建王朝实力很强大。有一位炼丹师正在一间烟气缭绕的黑屋子里做实验，希望找到长生不老的秘方。从前他经常把硫黄和木炭放在一起加热，这一次又加了些硝石（硝酸钾）。随着火光一闪，屋子里发出“嘭”的一声巨响，炼丹师尖叫着冲了出去，房子也开始着火。正是这个人发现了火药。

最初制作火药的时候，没有人明白其中的道理。当时人们都不知道燃烧与爆炸是化学反应。炼丹师就是当时的化学家，他们认为，火是一种元素。燃烧大概是一种最重要的化学反应。我们用火来取暖、烧饭；火力发电厂依靠燃烧生产出我们使用的电能；汽车发动机也燃烧燃料；甚至我们的身体也在通过一种缓慢的燃烧过程从食物中获得能量。

其他化学反应

燃烧并不是我们唯一依赖的化学反应，其他许多的反应都对我们的生活至关重要，大多数的工业和建筑业的生产活动都离不开化学反应。



炼丹师、点金士

早期的化学家被称为炼丹师或者点金士。他们做过许多化学反应实验，主要是为了找到长生不老的秘方，也有的希望在其他金属中冶炼出黄金。早在公元前800年左右，中国就出现了炼丹师。一直到18世纪现代化学科学才发展起来，从前许多对化学感兴趣的人非常热衷于钻研炼丹术。

我们可以利用化学反应从矿石（富含金属成分的岩石）中提炼出金属，从石油中生产塑料。我们卧室墙壁上面的涂料、衣服上的染料、急救箱里的药品、肥皂，还有各种洗涤用品——全都是通过化学反应制造出来的。

自从火药发明以来，化学家对化学反应有了很多了解，一系列重要的科学发现鼓舞了科学家，推动了科学技术由火药发展到激光化学领域。本书将要追踪这一发展轨迹，向大家介绍肥料如何变成炸药，燃烧究竟是什么样的过程，化学如何成为一门科学。书里会讲述一位女科学家研究原子内部秘密的故事，介绍当代的化学家通过计算机如何模拟现实中见不到的许多化学反应。

从矿石中提炼金属的第一步常常要进行熔炼（把矿石加热到很高的温度，直到熔化为止）。这些危地马拉的工人在熔炼金银。



发现火药

中国古代的炼丹师配制出火药后，最初用来治疗皮肤病，点燃后的烟雾能驱虫。火药不久被用在焰火爆竹当中。军官们很快意识到这种能爆炸的粉末可以造出武器。

最早的火药武器是“纸弹”。人们在球形的混凝纸模里填满炸药，用弩机发射到敌阵炸开。后来改用金属弹，因为金属弹丸爆炸后尖利的弹片四处乱飞，增加了炮弹的威力。中国人又发明了“火箭”（用火药推动飞行的弓箭）和填装火药的桶形喷火器。

14世纪

时期德国的修士、炼金师贝托尔德·施瓦兹（Berthold Schwarz）是用火药做实验的第一个欧洲人。他正在引燃一剂火药，爆炸将金属罐的盖子崩飞了。

火药传入西方

火药的配方没有在中国保留很长时间。到了13世纪，阿拉伯炼金师已经掌握了火药配方。欧洲的炼金师又从阿拉伯人那里学会了如何配制火药，所以欧洲不久也制造出了火药。从14世纪50年代到1620年左右，当时主要从粪尿中提取配制火药的原料。人们把从马厩墙壁上铲下的粪尿与草木灰混合后堆放在一起，直到充分发酵。过了几个月，肥堆上开始出现白色的粉末，收集提纯后就是硝石，又称为火硝。

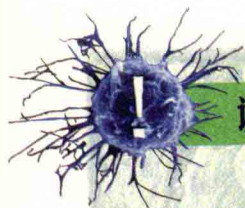




早期的
加农炮被称为臼
炮（射石炮），炮
身像铁桶，并用若
干铁环箍在上面
进行加固。

最初，士兵们必须在现场把不同的药粉（木炭、硫黄和硝石）按照规定的数量混合配制以后才能开火使用。到了15世纪的早期，火药生产商开始在水中配制3种成分，然后进行干燥处理，这样配制好的火药成品就生产出来了。

人们首先在加农炮上使用火药，射出的炮弹足以击毁最厚的墙壁。后来枪支上也使用了火药。到了14世纪的末期，火药已经彻底改变了军队的作战方式。随着火药在战争中的作用越来越重要，那些能够研制出优质火药的化学家也受到重视。



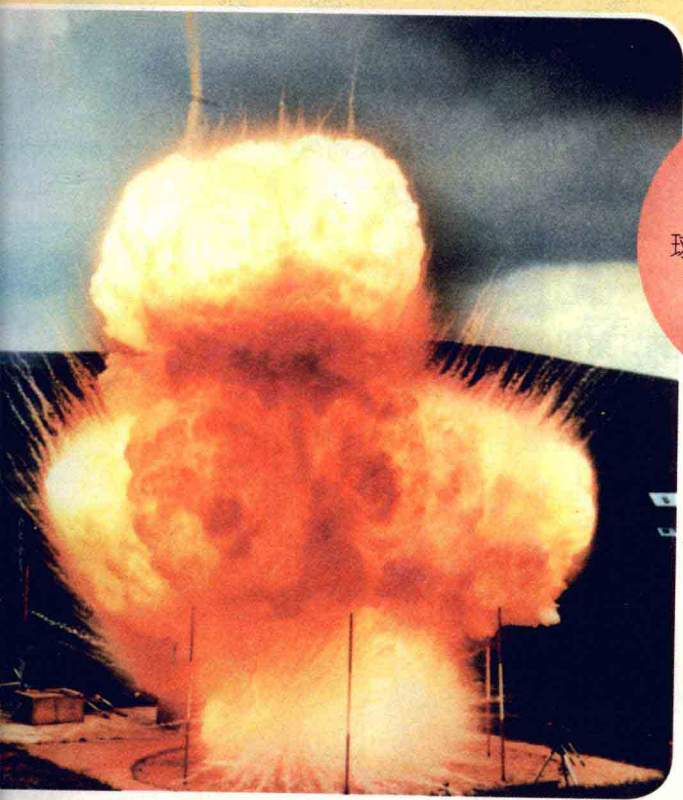
谈奇说妙

火药主要用来制造焰火和武器。据说，16世纪的中国有一位名叫“万户”的下级军官制作了一把火箭飞行椅，椅背上捆绑了47支火箭，两只大风箏会把椅子拉到空中。万户开始首次试飞，火箭点燃后，发出一声巨响，硝烟散开后万户和火箭椅都不见了，从此人们再也没有见过万户。

燃烧与呼吸

到了17世纪，很多国家都能制造出火药。可是没有人能解释清楚火药爆炸到底是怎么回事。

火药快速地燃烧，同时产生气体，这就是爆炸过程。17世纪早期，人们并不理解空气和其他气体能参与化学反应。后来有3位英国学者首先开始研究燃烧和气体。



火药
爆炸时产生的火
球。火药迅速燃烧并
释放大量的气体和
热量。

兼有其他身份的炼金师

罗伯特·波义耳（Robert Boyle, 1627—1691）不仅是炼金师，同时也是自然哲学家。当时的科学家们自己都如此称呼。他们深信，通过科学实验能够破解所有难题。1659年，波义耳用刚刚发明出来的真空泵做了一系列的实验。他和助手罗伯特·虎克（Robert Hooke, 1635—1703）把玻璃罐中的空气抽掉，罐里放着一块炽热的金属盘。

虎克的父亲想把儿子培养成画家，可是虎克拿着学费自己去了学校。后来，他成为波义耳的助手，并开始独立进行各种科学实验，制作完成了一架望远镜，发现了一颗新星，还制成了一架早期的显微镜。他是观察细胞的第一人。

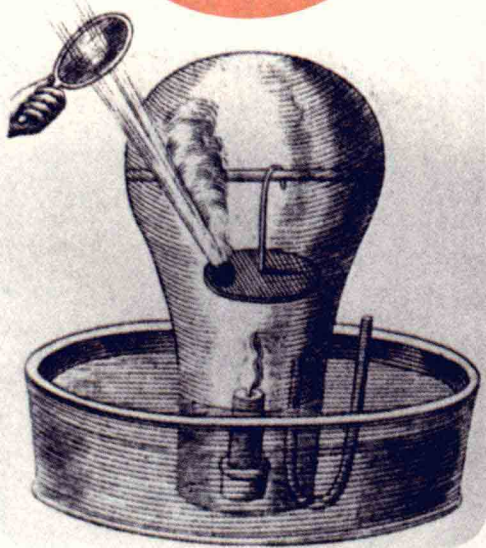
如果把纸片放到热盘上，纸片并不燃烧。一旦空气进入玻璃罐，纸片立即开始燃烧。波义耳还用老鼠做实验，发现空气被抽走后，老鼠在玻璃罐内无法呼吸。根据这些实验，他推断出燃烧和动物生存都需要空气。现在看来很简单明确的道理在当时还没有人认识到。

并非全部空气

另一位英国医生约翰·梅奥（John Mayow, 1640—1679）在波义耳和虎克实验的基础上又向前迈进了一步。他在玻璃罐里点燃一支蜡烛，然后用水将蜡烛和外界空气隔离。随着蜡烛的燃烧，罐子里面的空气被燃烧反应消耗了一部分。 $\frac{1}{5}$ 的空气消失后，蜡烛熄灭。实验证明只有部分空气参与了燃烧过程。

梅奥只差一步就发现了引起燃烧的关键环节。可是他没有进行更深入的研究，原因是当时的化学界走进了死胡同，大家在努力寻找一种神秘的物质——燃素。

这是梅奥做实验的示意图。他用放大镜引燃玻璃罐里的蜡烛，罐内的水平面随着蜡烛的燃烧而上升。



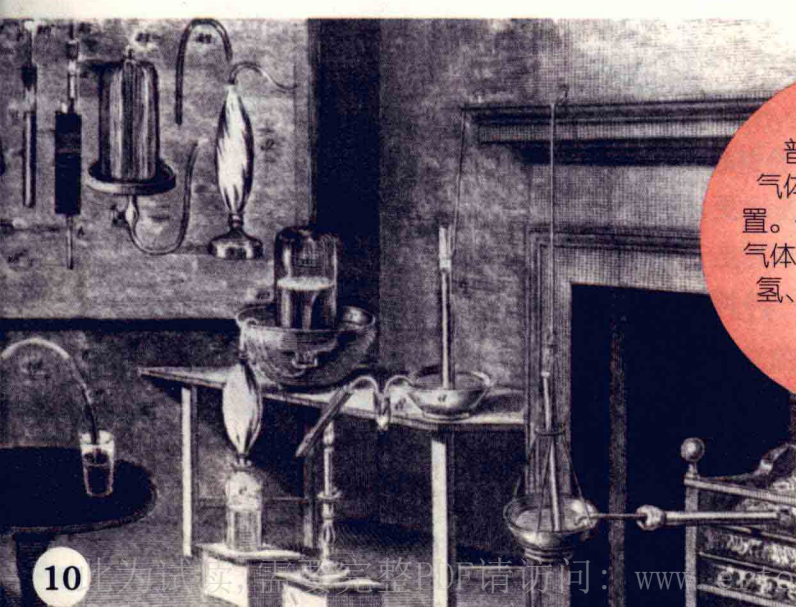
研究空气的化学家

古希腊人和多数的炼金师认为，火和土、空气、水一样是一种物质。一直到波义耳生活的17世纪，大多数人发现火实际上是一种化学反应，并不是物质。

燃料燃烧时会产生火焰和烟雾。德国医生格奥尔格·斯塔尔（Georg Stahl, 1660—1734）认为，物质燃烧时会释放出一种“燃素”。他的燃素论打动了许多科学家，此后的70多年间，他们一直在努力证明燃素的存在。

不一样的“空气”

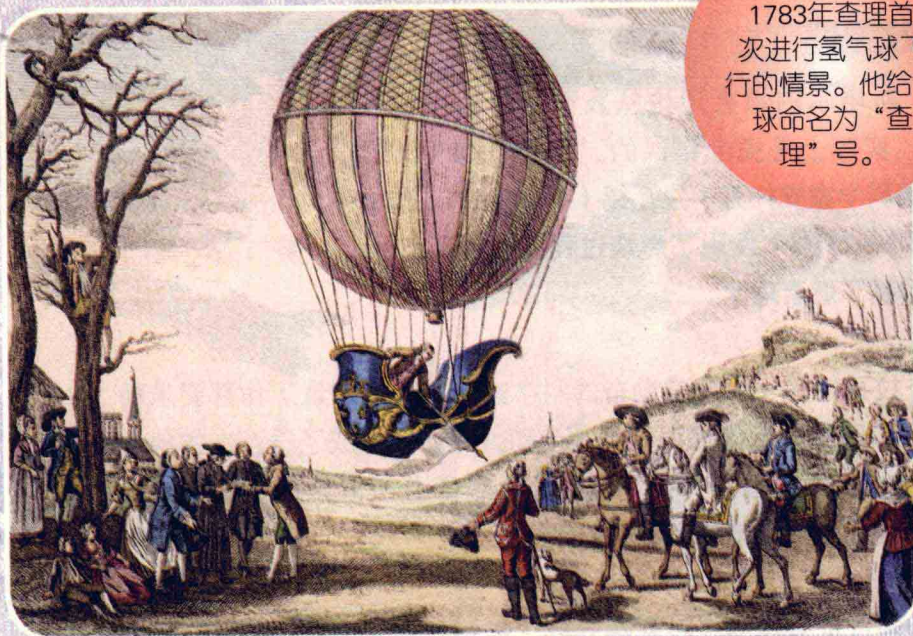
根据斯塔尔的理论，物体燃烧时会向空气中释放燃素。因此，许多科学家便开始研究空气。当时，任何一种气体都被当做是一种“空气”。人们研究了那些能产生气体的化学反应，发现存在不同类型的空气。苏格兰医生约瑟夫·布莱克（Joseph Black）发现了一种特殊的气体，自己命名为“固定气”，无论什么物质都不能在这种“空气”中燃烧，还能使石灰水变成乳白色。我们今天把它命名为二氧化碳。英格兰科学家约瑟夫·普里斯特利（Joseph Priestley, 1733—1804）发现了另外一种气体，名为“脱燃素气”，因为物质在这种气体中燃烧得比在普通空气中更加充分。这就是后来的氧气。



这是普里斯特利研究气体时使用的实验装置。他一共发现了10种气体，包括氧气、氯化氢、一氧化二氮（笑气）、二氧化硫等。

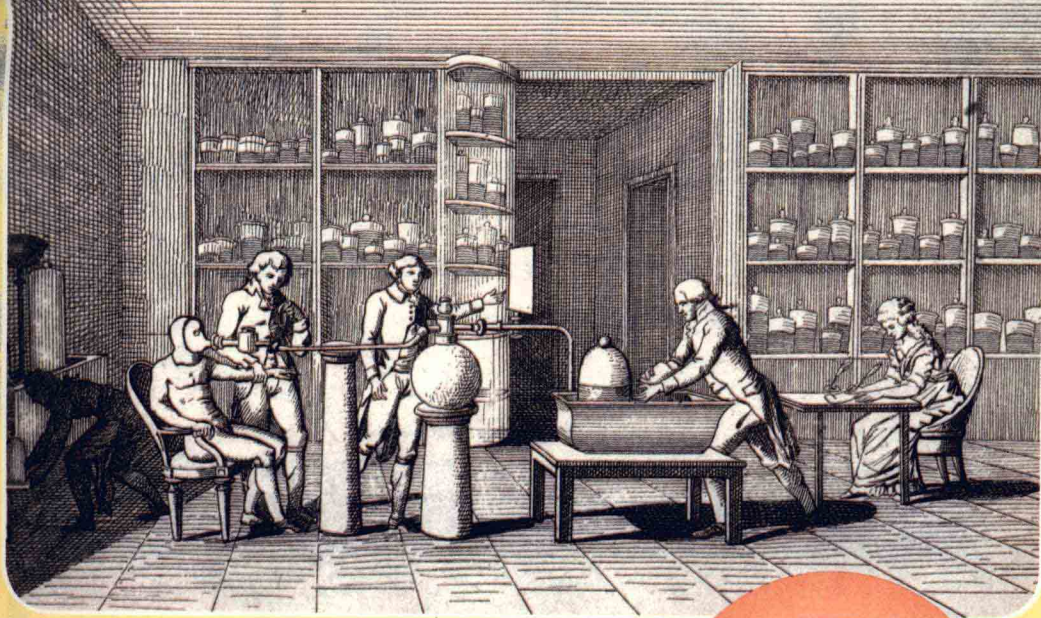
1766年，另一位英格兰科学家亨利·卡文迪什（Henry Cavendish, 1731—1810）在实验中发现了一种新的“空气”。他从酸和金属的反应中得到一种可燃气，靠近火焰时气体会发生爆燃。它比空气及其他气体更轻。卡文迪什把这种气体与普里斯特利的“脱燃素气”混合后点燃，能够得到水。他认定这是燃素，现在我们知道那其实是氢气。

氢气的发现



这是
1783年查理首
次进行氢气球飞
行的情景。他给气
球命名为“查
理”号。

法国科学家雅克·查理（Jacques Charles, 1746—1823）是非常勇敢的人，得知卡文迪什发现了比空气轻4倍的氢气后，他便制作了一个氢气球。1783年12月，在蒙戈尔费埃兄弟实现人类首次气球飞行的几周后，查理乘氢气球首飞，升高到了3千米（接近2英里）的高度。他还利用氢气表演喷火，首先要吸入一些氢气，从嘴里呼出时再点燃。当他尝试用氢气与空气混合后表演时却发生了爆炸，牙齿差一点被崩飞。



这是
拉瓦锡实验室
里进行的一次呼吸
实验。拉瓦锡的妻子玛
丽·安妮（右）担任助
手，负责协助、记录和
绘图工作。

燃烧原理

斯塔尔的燃素理论从表面上看似乎很有道理，实际上是完全错误的。直到18世纪末期，法国科学家安托万·拉瓦锡（Antoine Lavoisier, 1743—1794）发现了燃烧过程的关键环节，从而彻底推翻了燃素理论。

拉瓦锡是一位非常勤奋的科学家，所有的测量工作都要求精确，实验结果记录得很仔细。他精力充沛，完成了千百次的科学实验。此外，他具有独到的眼光，善于分析联系各个实验的结果，能够创造性地得出不少重要结论。

经过反复实验，拉瓦锡验证了燃烧的实际过程，其中有些实验类似于前人所做过的实验。和梅奥一样，拉瓦锡发现物质燃烧时消耗了一部分空气。他和普里斯特利一样也制出了比空气更有利于燃烧的气体，命名为氧气。他认为，物质燃烧时发生了化学反应，氧参与了这一反应。燃烧的物质同空气中的氧发生反应，生成二氧化碳等气体，同时释放出热量和火焰。氧同其他物质发生的化学反应被称为氧化反应。

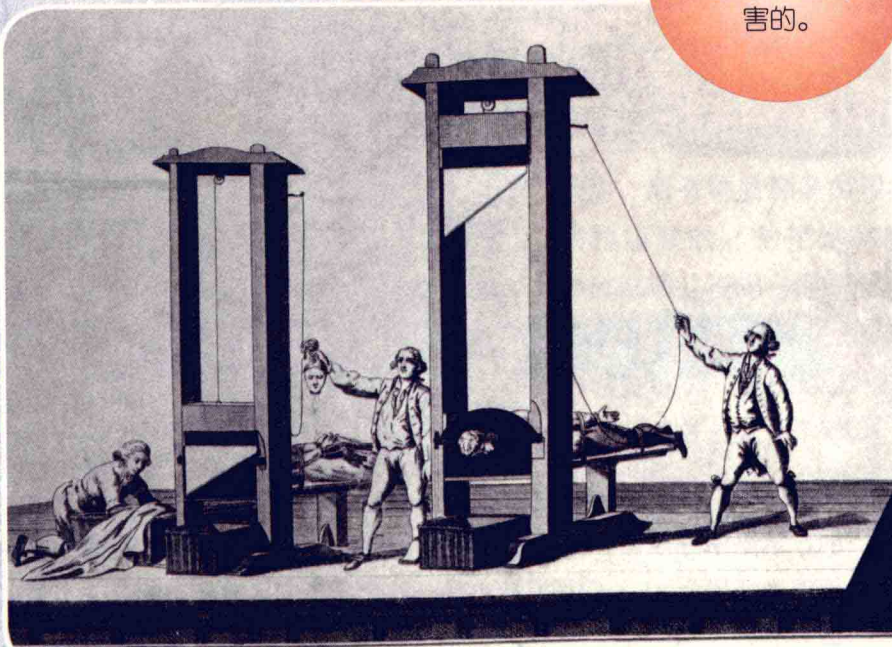
拉瓦锡之死

1789年，拉瓦锡出版一本书，记述了自己关于燃烧和化学科学方面的全部理论。同年，法国大革命开始了。因为农业收成不好，赋税日益繁重，民众生活非常艰苦，而国王和贵族们却占有巨额财富。法国人民的不满情绪最终发展成暴力反抗运动，许多贵族以及其他一些人被当做“人民公敌”遭到处决。虽然拉瓦锡是化学家，却兼任过税务官。正因为征过税，革命议会把他逮捕了。曾有一位有权势的朋友为拉瓦锡向当局恳求免于死刑，但是遭到了拒绝。1794年，拉瓦锡被处决了。

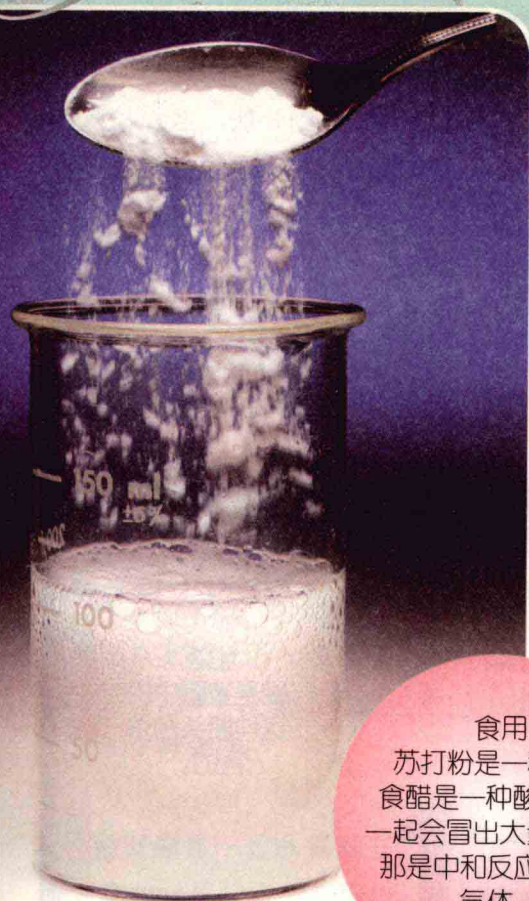
科学评论

“他们瞬间就能砍下那颗头颅；再过100年，法兰西也不可能再拥有同样伟大的头脑。”法国数学家约瑟夫·路易斯·拉格朗日（Joseph-Louis Lagrange）这样评价拉瓦锡之死。

拉瓦锡是被图中的这种断头台杀害的。



原子称重



拉瓦锡的理论并没有被世人立刻接受，很多老一代的科学家固执地坚持以前的燃素理论。一些年轻的科学家则很快开始接受拉瓦锡的理论和研究方法，在做实验的时候，化学家们开始进行认真仔细的计量工作。

一旦进行精确计量，化学家发现，物质可以按预想方式结合在一起，并且知道酸和碱的化学性质相反。德国化学家杰里米亚斯·里希特尔（Jeremias Richter, 1762—1807）测量出了产生中性化合物时酸和碱之间的比例。他发现用酸中和碱时所需要的数量是固定的，每次实验的结果始终相同。

食用
苏打粉是一种碱，
食醋是一种酸，掺在
一起会冒出大量气泡，
那是中和反应产生的
气体。



中和反应

酸和碱的化学性质截然相反，处于pH值的相反两端。强酸的pH值大约是1，而强碱在14左右。pH值处于中间的7左右的液体就是中性的，水是中性液体。当酸和碱按照一定比例混合的时候，就形成中性液体（pH值为7）。中和反应也是一种化学反应，酸和碱相互作用生成盐和水。

法国化学家约瑟夫·普鲁斯特 (Joseph Proust, 1754—1826) 发现, 别的物质也是由固定比例的其他物质混合而成的。例如食盐 (氯化钠) 中的氯含量始终是钠的1.5倍, 这是因为氯原子的重量正好是钠原子的1.5倍。

除了化学, 约翰·道尔顿在其他科学领域也有很多发现, 是首位介绍色盲现象的人。在最早精确记录日常天气变化的一批人当中也有道尔顿先生。

普鲁斯特和里希特尔一样, 十分了解双方的研究成果。炼金师要对自己的特殊方法保密, 而化学家们则愿意互相分享工作中的一切。科学家利用学术期刊或函件发表研究成果, 信息共享意味着科技知识能更快地发展。

多重混合物

英格兰化学家约翰·道尔顿 (John Dalton, 1766—1844) 发现, 有些物质的组合方式不止一种。比如把碳和一定数量的氧混合, 能够得到一种气体。可是用双倍的氧与相同量的碳再混合, 却能得到另外一种不同的气体。

道尔顿在解释实验结果时认为, 所有物质都是由微小的颗粒组成的。他把这种微粒称为原子。在第一种气体中, 1个碳原子与1个氧原子结合在一起生成了一氧化碳。而加入2倍的氧之后, 1个碳原子与2个氧原子结合后生成了不同的物质——二氧化碳。



原子的大小

在道尔顿之前，已经有科学家认为物质是由微小粒子组成的。道尔顿则提出了新的观点，认为每一种化学元素（例如碳或氧，不可能再分解成更为简单的物质）的原子的体积和重量各不相同。更重要的是，道尔顿找到了称量原子的办法，至少找到了比较不同元素原子重量的办法。首先，他假定物质以最简单的1:1的方式组合在一起；由此又假定碳和氧的最简单化合物是一氧化碳，其中包含3份的碳和4份的氧。如果假设成立，那么碳原子的重量一定是氧原子的3/4。

原子量

道尔顿1803年编制的元素表。不同元素的原子分别用符号代表，与氢原子相对的原子量标注在后面。

道尔顿研究了许多不同成分化合物，并且称量了参与反应的元素重量后，排列出元素的原子重量（简称原子量）。其实那并不是原子的实际重量，而是把氢的原子量设定为1，其他元素的原子与氢原子进行比较得出的相对重量。例如，道尔顿发现碳

元素比氢元素重5倍，那么碳的原子量就是5。

道尔顿的原子量理论在化学上的历史地位极为重要。不幸的是，他推算出的原子量绝大多数是错误的。例如，碳的原子量应是12，而不是5。

ELEMENTS

	Hydrogen.	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167