

第一部分 化学科学的辩证发展

早在十九世纪 德国化学家肖莱马就曾说过“化学的发展是按辩证法的规律进行的”^①。化学发展的历史实践证明确是如此。研究这一化学辩证发展的过程，把化学理论的逻辑展开同人类认识化学运动的历史结合起来，将有助于系统地认识化学科学的过去、现在以至未来，从整体上去把握化学发展的规律，并从中得到一些有关化学研究方法方面的启示。

第一章 古代化学的产生

“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”^②。古代化学就是在生产实践中孕育和诞生的，并且随着同生产实践结合程度的不同，走过了一段曲折反复的历史进程。

一、化学工艺知识的积累

人类在生产实践中最早支配的自然力量是火。随着火的应用，处于原始状态的古代化学胚胎也就孕育其中了。

肖莱马：《有机化学的产生和发展》，英文版，第48页。

恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第162页。

据考证，人类大约远在二百万年以前就已经开始用火。当时处于旧石器时代的晚期猿人，已经能够把野火引进洞中取暖、照明和烧烤食物。大约在二、三十万年以前，人类在漫长的劳动中又发明了摩擦生火的技术，掌握了“木与木相摩则燃”的规律，从而第一次使人支配了一种自然力^①，结束了茹毛饮血的时代，以至“最终把人同动物界分开”^②。

火是物质燃烧所表现出的一种化学现象，是物质的分子发生激烈氧化而发生质变的一种化学运动。摩擦生火则是人类利用摩擦所创造的高温条件来支配一种化学运动的表现；或者说是一项最原始的化学技术发明。这项发明甚至可以看作是“人类历史的开端”，是“人类对自然界的第一个伟大胜利”^③。

人类支配了火，就为实现一系列化学变化提供了条件。在火提供的高温条件下，枯土里的硅酸盐等分子就可以发生分解，再组合并熔结成坚硬如石的分子集合体，形成陶瓷。在高温条件下，矿石里的金属化合物也会同还原剂发生反应并游离出金属，等等。这就为制陶、冶铜、炼铁等古代化学工艺的产生创造了条件。

制陶工艺是在人类过渡到新石器时代以后逐渐形成的。那时磨制石器的生产工具提高了古人改造自然的能力。生产已由采集和渔猎发展到农业和畜牧业，生活逐渐定居。生产的发展，生活的提高，迫切需要更多更好的器具。为此，人

，② 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第112页。

恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第91—92页。

类在火的帮助下，首先发明了制陶技术。它的发明过程，正如恩格斯所描述的那样，当时的“陶器的制造都是由于在编制的或木制的容器上涂上粘土使之能够耐火而产生的。在这样做时，人们不久便发现，成型的粘土不要内部的容器。也可以用于这个目的。”^①

制陶技术大约发明于一万年以前，到了大约六千年前的原始社会末期，已经达到了相当成熟的阶段。出土文物表明，当时我国河南仰韶地区已经能够制造出绘有红色和黑色图饰的“彩陶”，创造出了历史上著名的“彩陶文化”。

制陶工艺，是人类掌握的第一项化学工艺生产技术。它不仅为生产和生活提供了大量需要的器皿用具，还为随后出现的冶铜等高温化学工艺提供了高温技术、耐火材料和造型技术等必要的条件，带动了古代化学工艺的发展。

冶铜工艺是在进入奴隶社会以后逐步产生的。当时随着农业和手工业的分工，生产规模的日益扩大，人类又在实践中发现和使用铜。开始使用的是天然的红铜，即纯铜。随后进而发展到使用由铜矿石和锡矿石冶炼出的铜和锡的合金，即青铜。这是人类运用化学方法提炼金属的开端，也是人类开始掌握的第二项化学工艺生产技术。据考证，这项技术最早出现在大约四千多年前的埃及和印度。在大约三千六百年前我国奴隶社会的殷商时期，在河南偃（yǎn）师县二里头地区，已经能够冶铸出凿、锥、刀、镞等青铜器具并达到了较高的工艺水平。

^① 《马克思恩格斯全集》，第4卷 人民出版社1972年版 第19页。

青铜的冶炼，扩大了铜的资源，而且青铜比红铜有较好的铸造性能和稳定性能，所以青铜生产的规模日益扩大，青铜的产品与日俱增，并逐渐取代了部分石器，成为生产工具的主要部分，推动原始社会跨进了奴隶制的青铜时代。

青铜工具的使用，启发人们去寻找和制造更多样的金属工具，从而使人类又掌握了炼铁的技术。当时人们以铁矿石（铁的氧化物）为原料，木炭为还原剂，在高温条件下相互作用而制得铁。炼铁技术大约产生在二千五百年前的我国春秋末期，或者更早一些。那时我国的江苏六合、长沙识字岭、三门峡后川等地区已经形成了古代冶铁技术的体系。我国生铁的冶铸技术比世界各国至少要早一千九百多年。由于铁矿石储量大、分布广，加上铁的性能又高于青铜，所以随着铁器登上历史舞台，作为奴隶制生产力标志的青铜器，开始逐步为先进的铁器所代替，生产关系也随之发生变革，最终使奴隶制崩溃而让位于封建社会。

人类从利用火开始，经历了制陶时期、青铜时代，直到铁器登上历史舞台，陆续形成了制陶、冶铜、炼铁等古代主要化学工艺，积累了许多实用化学知识，从而诞生了古代的实用化学。

古代实用化学在生产实践中诞生，并同生产紧密结合而浑然为一体，尚未独立形成科学，带有突出的经验性特征。虽然如此，其中却已经孕育着现代化学科学的胚胎。

二、朴素化学观的形成

粘土可以烧成陶器，矿石可以炼出金属，木柴燃烧化为

灰烬，粮食酿制变成美酒，等等，人们从这些具体物质形态的相互转化的实践中，逐渐考虑到两个有关物质构成的基本问题：第一，物质间能够发生相互转化，显然是因为有着共同的“本原”，那么，这些“本原”是什么？第二，这些“本原”是以怎样的方式结合构成万物的？这两个诱人深思的问题，吸引了从古至今无数哲学家和化学家去探究，也构成了千百年来化学理论研究的一条主线。在古代，为了回答这两个问题，人们在直接实践和间接实践的基础上，提出了一些朴素唯物主义的猜测，形成了最早期的朴素化学观，出现了原始的化学理论萌芽。

万物的共同本原是什么？古代学者有着截然对立的学说。

古代唯物主义者认为，这些少数共同的东西是几种最基本的物质，称为“元素”，为万物之本原。他们从生产实践中经常接触到的土壤、金属、木材、水、火等比较熟悉的物质或现象出发，朴素地认为万物都是由金、木、水、火、土等五种元素组成的。也就是“以土与金木水火杂，以成百物”^①，并以此来说明物质互相转变的原因。这就是关于物质组成的著名的“五行说”。它起源于公元前十二世纪我国殷周之交的奴隶制全盛时期。在西方，公元前五世纪的古希腊哲学家~~利~~医生恩培多克勒也提出了类似的“四元素”说，认为万物都是由水、火、气、土等四元素所组成，“正象画家用四种颜色配成各种深浅的色彩一样”。古印度顺世派的哲学家也提出过相似的“五元素”说等等。

^① 田《国语·郑语》。

这些学说尽管比较粗糙，又主要是凭直觉和猜测而推出的，所提到的元素也还不是今天所说的化学元素，但却能注意到从物质世界本身去说明物质世界，方向是正确的。所以恩格斯评价说：“在这里已经完全是一种原始的、自发的唯物主义了，它在自己的萌芽时期就十分自然地把自然现象的无限多样性的统一看作不言而喻的，并且在某种具有固定形体的东西中……去寻找这个统一^①。这些朴素唯物主义的古代元素说，对化学的发展产生了积极影响。它启发后人终于在物质多样性的背后，找到了一定物质结构层次中的统一物，即化学元素，以至后来又逐渐发展成为现代的科学元素理论。

同朴素唯物元素说的观点相反，古代唯心主义哲学家则认为，万物的本原只不过是“数”（古希腊哲学家毕达哥拉斯），或者是属于精神范畴的“理念”（古希腊哲学家柏拉图），万物只不过是“理念”的影子和模仿而已。总之，他们都把万物的本原看成是抽象神秘的精神，而不是物质。

公元前四世纪，曾动摇于唯心主义和唯物主义之间的古希腊哲学家亚里士多德，一方面继承了古希腊的“四元素”说，另一方面又提出了所谓“原性说”。他认为“四元素”说中的每一种元素都是由冷、热、干、湿等四种“原性”中的两种所组成。热和干组成火，冷和湿组成水，热和湿组成气，冷和干组成土，由此再构成万物。他还认为，制造一切物质的方法都可以归结为把一些性质加于另一些性质，也就是说，只要把这些“原性”从物质中取出或加入，物质就会随心所欲地转

恩格斯：《自然辩证法》第164页。

化。这样,他就把“性质”当成了万物的“本原”,把万物当成了“性质”的产物,颠倒了本末,实质上仍然陷入了唯心主义的泥潭。这种错误的“原性说”对化学的发展产生了很大影响,成了后来神秘炼金术的主要“理论”。

万物是由少数元素组成的,但是元素又是以怎样的方式构成万物的?为了回答这一问题,产生了古代原子论。

公元前五世纪,古希腊哲学家留基伯和他的学生德谟克利特提出了“原子学说”。他们认为,万物都是由极小的不可再分的物质粒子构成的。这种粒子称为原子,意即不可再分的原始粒子。原子有一种漩涡的运动,把原子集中到一起,成为具体事物。后来,公元前三世纪的古希腊哲学家伊壁鸿鲁,又发展了原子学说,指出原子“在重量上也各不相同”^①,最早提出了“在质上不同的元素原子的存在”^②。但是,他仍然把原子看做是绝对不可再分的。

公元前四世纪,我国《庄子》书中提出了“一尺之捶,日取其半,万世不竭”的著名论断,认为物质是无限可分的。但这只是一种机械的、简单重复的无限可分思想。其后,我国十一世纪的改革家王安石又深刻指出,“一切事物‘皆各有耦’”,耦之中又有耦焉,而万物之变遂至于无穷”提出了物质结构无限层次的辩证思想。

亏代原子说由于受到当时条件的限制,“还没有在细节方面得到证明”^③。也只是一种笼统的表面认识。但能把原子看成是物质的微粒并用它来解释物质的结构,却具有朴素唯物

① 恩格斯:《自然辩证法》,人民出版社1971年版,第28页。

③ 同上,第30页。

主义和自发辩证法的性质，因此遭到了唯心主义哲学家柏拉图和亚里士多德的攻击，以至长期受到压制。只是在经过了两千多年以后，到了十九世纪，由于得到了科学上的充分论证，它才取得了公认。

古代元素说和原子说，虽然仅仅是对物质构成问题上的一种朴素唯物主义的臆测，但是却对后来化学理论的形成产生了深远的积极的影响。在这里，“差不多可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。”^①

三、化学以炼金术的原始形式出现

在古代生产中孕育而形成的化学萌芽，在进入封建社会时期以后，并没有得到健康成长，而受到了封建统治阶级的利用，发展成了神秘的炼金术。这样，化学就开始从生产中分化出来，并以炼金术的原始形式出现了。

炼金术是古人企图炼制一种既能“点石成金”又能“长生不老”的丹药之术。在中国，后者又常单独称为炼丹术。这里，我们可以将它们统称为炼金术。

炼金术最早出现于我国，《战国策》中已有方士向荆王献“不死之药”的记载。公元前二世纪时，西汉武帝刘彻妄想“长生久视”，曾招致方士，亲自从事炼丹。公元前183年，炼金术士李少君宣称从丹砂中炼出“黄金”，并认为如“以为饮食器则益寿”。在西方也很早出现了炼金术。公元三世纪，古希腊炼金家佐斯摩斯还编写了炼金著作。公元七世纪，中国的

^① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第30页。

炼金丹之术开始传入阿拉伯，对西方的炼金术产生了很大影响。此后，炼金术一直流传到十六世纪并统治化学达千余年之久，形成了一个炼金化学时期，这是化学发展中的一个幼稚阶段，是从古代萌芽形态的化学发展成的原始形态的化学。所以恩格斯指出，“化学以炼金术的原始形式出现了”^①。不过，这一发展却是不健康的、畸形的。

炼金术，不仅它所追求的目的是荒诞的，而且其所俄据的理论也是神秘的。中国的炼金术士们首先歪曲了朴素唯物论的“五行说”，否认了五元素的物质性，把它们说成是有意志的“天”的辅助力量，认为万物变化乃“天之志也”。所以要尊天意，炼丹前需“斋洁百日以上”^②，又不令不信道者知之”^③，并“上安香炉”^④，致祈祷之词，后方能炼得神丹妙药。否则“谤毁神药，药不成矣。”^⑤其次，他们还搞了一个形而上学的机械类比，认为“服金者寿如金，服玉者寿如玉”，原因是“黄金入火百炼不消，埋之毕天不朽”，所以服之就必“能令人不老不死”^⑥，他们幻想在模拟自然的基础上，达到超脱自然的目的，显然是荒唐的。

西方炼金术士的理论则取自亚里士多德的“原性”说，他们认为万物包括金属在内皆有“灵魂”或“精华”，也就是亚里士多德曾在“四元素”之外列出的非物质的“第五种元素”，称为“哲人之石”或“点金石”。他们幻想从物质中提出这种神秘的“哲人之石”，并加到贱金属中去，后者就会自动长出黄金。

恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第162页。

② 葛洪：《抱朴子》。

③ 葛洪：《抱朴子》。

显然，炼金术带有浓厚的宗教迷信色彩。正如恩格斯所指出，“炼金术和宗教之间是有很紧密的联系的。哲人之石有许多类似神的特性”^①。

在这种“理论”的支配下，尽管他们也对物质进行了加热、熔解、蒸发、升华、燃烧等一系列反复的处理和操作，但是最后仍然以失败而告终。他们炼金不成，求生反丧生。中国唐朝的太宗、宪宗、武宗、宣宗等四个皇帝，以至一些大臣如杜伏威、李道古、李抱真等人，都是因服了“长生不死”的“妙药”而送命的。

但是，封建统治阶级并不能从炼金的屡遭失败中吸取教训。为了达到他们贪婪享受和永世统治的侈望，仍然不惜工本，蒙养许多炼金术士日夜操炼，幻想有朝一日侥幸取得成功，以至沿着歧途越滑越远。只是到了十七世纪后半叶，炼金术才逐渐走向衰亡而退出了历史舞台。

不过，炼金家们毕竟还是经历了千余年的化学实践，因而也就必然会在实践中有所发现，取得一定成就。据不完全统计，仅就中国炼丹家看，他们就接触和试验了汞、硫、锡、铅、铜、金、银和氧化物、硫化物、氯化物、硝酸盐、硫酸盐、碳酸盐、硼酸盐以及醋、酒等六十多种元素和化合物，积累了大量有关无机物和有机物的知识。

他们还掌握了一些化学变化规律，知道“丹砂烧之成水银，积变，又还成丹粉”^②的反应，也就是说认识了硫化汞分解及硫同汞化合的反应规律等等，对于化合与分解、氧化与

《马克思恩格斯选集》第4卷，人民出版社1972年版，第230页。

② 葛洪：《抱朴子》。

还原、酸与碱中和等反应的规律均有一定了解。他们遗留给我们的许多实验事实以及蒸馏、升华、溶解、煅烧等实验技术，也都对后来的化学研究有所帮助。

他们的理论总的看是荒谬的，但其中的细节亦并非全然无可借鉴之处。我国炼丹家葛洪（281—340）曾经说过：“变化者，乃天地之自然，何嫌金银不可以异物呼？”^①。原则上看，这一想法也并非全错，甚至还含有自发辩证法的因素。因为一切事物之向确是可以相互转化的，石头和黄金之间也并无绝然不可逾越的鸿沟，石头也并非就不能变成黄金，二者也具有着相互联系和转化的同一性。正因为如此，我们今天才会有运用核物理技术实现元素间相互转变的可能。当然，在那时并不具备核物理技术的条件下，企图只用化学方法去实现这种转变，就成了一种空想。但是，如果条件允许，即在现代条件下也还是有实现可能的。所以，即使就炼金家的思想来说，这里面也包含有真理的重要因素。^②

炼金家们在化学上虽然自觉或不自觉地取得了一些成就，但是同他们的长期实践所应当做出的贡献相比，却是颇不相称的。另外，他们所得到的本来就不是很多的科学成果，也由于害怕泄露机密而多采用一些隐晦的暗语记录，并杂以神秘的符咒，致使后人很难得其解而不得不付之东流，成为一堆废纸。

马克思指出，科学的发展“在到达它们的真正出发点之

葛洪：《抱朴子》。

② [日] 柏廷顿：《化学简史》商务印书馆1979年版，第30页。

前,总要经过许多弯路。^①可是,古代化学在炼金术阶段所走过的弯路,同数学、物理学等其它科学相比却是异常漫长的。其中一个很重要的原因,就在于它是比较远地脱离了生产实践,无论就其所追求的目的,还是就其所采用的手段来看,大多是如此。特别是它未能在实践中及时接受教训,以为真理不是在实践之中而是在宗教信条或炼金家的秘方中找到的,以致在屡遭失败的情况下仍执迷不悟。可见,化学的发展必须紧密同生产实践相结合。否则,化学也就会变成无源之水,无本之木,就会没有什么化学,而直到如今都会相信着炼金术士底预言了。^②

总之,炼金术的出现,由于它的神秘性质,毕竟还是延缓了化学的发展。化学只有摆脱它的羁绊,从炼金术中解放出来,才能踏上科学发展的光明坦途。

《马克思恩格斯全集》,第13卷,人民出版社1972年版,第417页。

② 斯大林:《列宁主义问题》,第651页。

第二章 化学确立为科学

十五世纪下半叶以后，整个欧洲开始从黑暗停滞的中世纪发展到了“生产的不断变革，一切社会关系不停的动荡，永远的不安定和变动”^①的资本主义阶段。这是“从来没有经历过的最伟大的一次革命。自然科学也就在这一场革命中诞生和形成起来”^②。化学从十六世纪初开始，经历了医药化学和科学元素论对炼金术的批判，以及氧化理论对燃素学说的取代，历时约二百余年，终于确立为一门科学。

一、化学的复兴

由于资本主义生产的迅速发展，城市日趋扩大，人口大量集中，医药卫生事业已经成了保证生产力发展的重要一环。这就迫使化学不得不从炼金术所追求的不切实际的目标中解脱出来，转而面向社会，注意医疗药物的研究，从而出现了一个医药化学发展的时期，开始了化学的复兴。

十六世纪初叶，瑞士医生和化学家巴拉塞尔士（1490—1541），成了医药化学的代表人物。他首先批判了炼金术的空幻目的，认为“化学的目的并不是为了制造金银，而是为了制

① 《马克思恩格斯选集》，第1卷，人民出版社1972年版，第254页。

② 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第172页。

造药剂^①。为医疗事业服务。他对那些陈腐的墨守成规的医学书笈深恶痛绝。1527年，他讲授医化学时，一开始就当众焚烧了权威们的著作，决心“向经验求救”而绝不信教条。在他的带动下，许多炼金学者转而研究医药，开始把化学引向了科学之路。

但是，巴拉塞尔士也并没有摆脱掉炼金术的影响。他只是把亚里士多德的“四元素”学说加以具体化，认为硫磺即元素“火”，体现了可燃性；水银即元素“水”，体现了挥发性；食盐即元素“土”，体现了坚实性。他认为，万物即由此“三要素”所构成。可见，虽然名曰“要素”，实际仍表现的是物质的“性质”，它仍然是一种“原性”说。但巴拉塞尔士在实际化学研究上却坚持了正确方向，对化学发展起了重大作用。

在我国，古老的本草学也在同一时期有了迅速发展。我国明代医药学家李时珍（1518—1592）的出现就是一个标志。他认为炼丹求长生纯属无稽之谈。他深刻指出：“岂知血肉之躯，水谷为赖，易能堪此金石重坠之物久在肠胃乎？求生而丧生，可谓愚也矣”^②；“方士之言不足信”^③也。他也很重视化学药物的医疗作用。他收集整理了357种矿物药物的知识资料，还详细记述了许多无机药物的性能和制备方法，对化学发展做出了很大贡献。

医药化学的出现，是对炼金术的一个实际批判，是化学发展中的一个重要转折。但是它仍然没有摆脱掉炼金术的束

① 戴安邦：《无机化学教程》，人民教育出版社，第11页。

② 李时珍：《本草纲目》卷九。

缚。化学要再前进一步 就必须彻底推倒“原性说”，建立起近代的科学的元素理论。

到了十七世纪中叶，采矿、冶金、染色、火药等化学工艺有了进一步发展，为化学研究积累了大量科学资料，并迫切需要在理论上加以提升，期望能够搞清楚究竟什么是元素，到底有多少种以及怎样去判断识别元素等一系列问题。

当时英国著名的化学家波义耳 (1627—1691) 分析和综合了前人提供的资料，并亲自进行了许多化学实验。他逐渐对当时流行的亚里士多德“原性说”和巴拉塞尔士的“三要素说”产生了怀疑。他在实验中认识到，对黄金这种物质，无论对它怎样处理，也从来没有看到过分解出“盐”、“硫”、“汞”等“三要素”来，更从来没有得到过什么“冷、热、干、湿”的“原性”。无论是“三元素”也好，“四原性”也好，都不配称为构成万物的“元素”。因此人们有权利对它们怀疑。于是在 1661 年，他就发表了《怀疑派化学家》这一划时代的著作，批判了炼金术的理论依据——原性说。

究竟什么是元素？他认为应当是那些用化学方法不能再分割的最简单的物质，“是指某种原始的、简单的、一点也没有掺杂的物体”物质“由它们组成并且最终分解成它们。”^①比如黄金，虽然它可以和其它金属一起制成合金，或可溶解于王水之中而被隐蔽起来，但是仍能设法恢复原形，重新得到黄金。这就说明，黄金虽经种种化学处理而变化，但是始终未被分解而破坏，是物体分解的极限。这才是真正的元素。

〔英〕柏廷顿：《化学简史》，商务印书馆 1979 年版，第 77—78 页。

这也是鉴别元素真伪的根本依据。所以，他认为元素并不是什么“性质”而是物质，因而也就不可能像炼金家们所设想的那样，把“性质”提取出来，再加入到其它物质中去随心所欲地进行变化了。

至于自然界的元素一共有多少种？他认为可能有很多。但现在就企图确定出它的数目，说成是“三要素”或是“四元素”，显然都是没有根据的。究竟有多少？得靠实验来确定。

这样，波义耳就在历史上第一次为元素确定了科学的概念，并以此批判了“性质”元素说，建立了唯物主义的“物质”元素理论。从此，化学就从寻找亚里士多德的第五种元素——哲人石的迷雾中，逐渐转移到分析研究物质的元素和化合物的方向上来。这样就明确了化学的研究任务，并同医学研究有了分工，进而从医学的附庸下分化出来形成了一门独立的科学。正是在这个意义上，恩格斯说：“波义耳把化学确立为科学”。^①

波义耳虽然否定了炼金术的“理论基础”，但是还未能提出一种新的反应理论来代替它。另外，由于当时科学条件的限制，还没有找到一种完全可靠的方法来判明一种物质究竟是不是简单的物质，是不是元素，以至连波义耳本人也错把空气、水、火等复杂物质或现象当成了“元素”。这些不足，就为后来盛行的带有形而上学色彩的燃素说留下了存在的空隙。但是，波义耳仍不失为给了炼金术理论以致命性打击的第一位化学家。从此以后，炼金术就日趋没落，化学也就借助于科

恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第163页

学元素论的建立，端正了发展的方向。

二、燃素说的兴衰

化学发展的道路是相当不平坦的。它靠科学的元素论摧毁了炼金术的理论依据之后，随即又为带有形而上学色彩的燃素学说所统治，并持续约一百年之久。

十七世纪中叶以后，同燃烧反应有密切关系的冶金、炼焦、石灰、玻璃、陶瓷等高温化学工业有了普遍发展，急需从理论上阐明燃烧反应的本质和规律，以适应生产发展的需要。当时，几乎所有已知的化学反应都同燃烧反应有关。所以，燃烧的理论，实际也就成了整个化学的基本理论。

为了解释燃烧现象，1669年德国医药化学家贝歇尔（1635—1683）观察到，物质燃烧时似乎总有某种东西跑掉而剩下了灰渣。于是他就认为跑掉的东西就是炼金术中所说的可燃性化身——元素“硫”，剩下的则是坚实要素。可以看出，此时科学元素论虽已建立，但炼金术的影响并未完全消失。

1703年，贝歇尔的学生、德国医生和反对炼金术的化学家斯塔耳（1660—1734）综合了当时的流行观点系统地提出了“燃素学说”。他认为所有的可燃物，都含有一种共同的物质，称为“燃素”。可燃物质都是由燃素和灰渣两部分组成的化合物。燃烧时燃素逸去，留下残渣；残渣如与富有燃素的物质共热，又可吸收燃素而复原。由此似乎可以解释一切燃烧现象。煅烧金属，燃素逸去，变成煅渣，煅渣和木炭共燃，又从木炭中取回燃素，金属重生。燃烧硫黄，燃素逸去，变成硫酸；硫酸和松节油共煮，又从松节油中夺回燃素，硫酸