

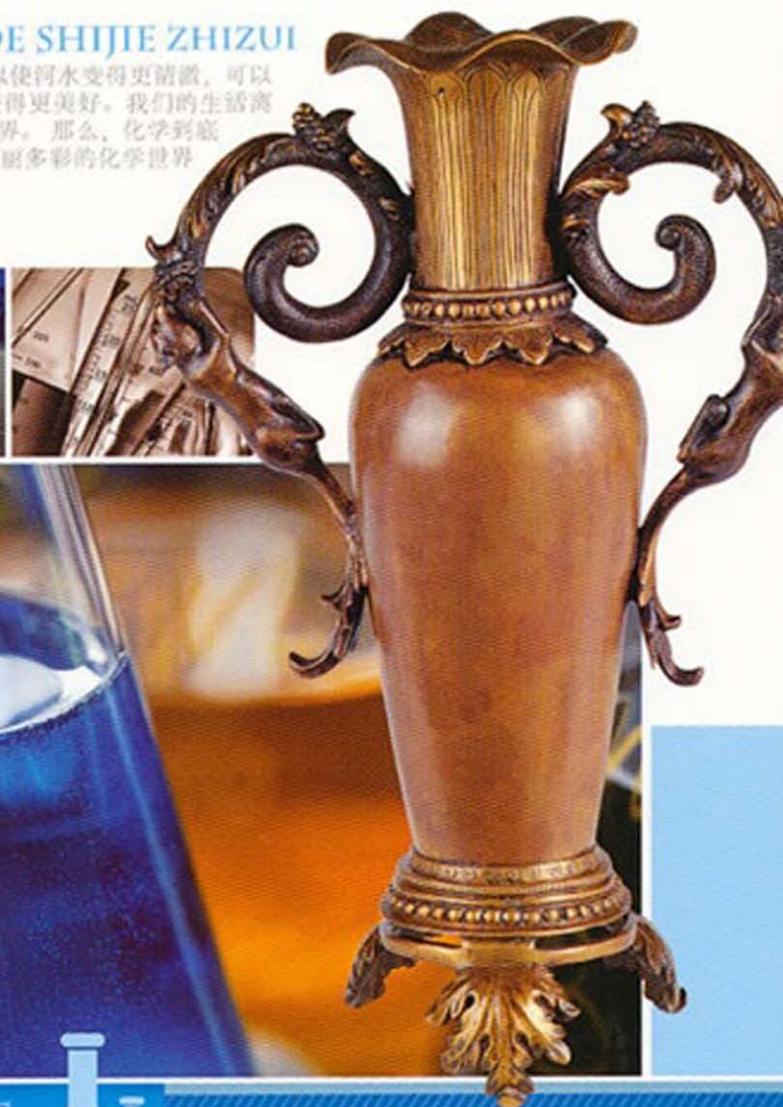
走进化学世界丛书

化学中的世界之最



HUAXUE ZHONG DE SHIJIE ZHIZUI

>>> 化学可以使天空变得更蓝，可以使河水变得更清澈，可以使物品变得更丰富，可以使生活变得更美好。我们的生活离不开化学，化学改变了我们整个世界。那么，化学到底是什么呢？让我们一起来探索这绚丽多彩的化学世界吧！



ZOUJIN HUAXUE SHIJI
CONGSHU



本书编写组◎编

◆图文并茂◆热门主题◆创意新颖◆



中国出版集团
世界图书出版公司



前 言

在原始社会，人类为了生存，在与自然界的种种灾难进行抗争中，发现和利用了火。从此，人类逐渐由野蛮进入文明，开始利用化学方法认识和改造天然物质。燃烧，就是一种化学现象。掌握了火以后，人类开始食用熟食；继而又陆续发现了一些物质的变化，如发现在翠绿色的孔雀石等铜矿石上面燃烧炭火，会有红色的铜生成。这样，人类在逐步了解和利用这些物质的过程中，制出了对人类具有使用价值的产品。也就从这时起，人类便开始了对化学的不断探索。

在生产实践中，人类逐步学会了制陶、冶炼；以后又懂得了酿造、染色，等等。这些由天然物质加工改造而成的制品，成为古代文明的标志。在这些生产实践的基础上，萌发了古代化学知识。

公元前4世纪，希腊人提出了火、风、土、水四元素说和古代原子论。这些朴素的元素思想，即为物质结构及其变化理论的萌芽。后来在中国出现了炼丹术，到了公元前2世纪的秦汉时代，炼丹术颇为盛行，大致在公元7世纪传到阿拉伯国家，与古希腊哲学相融合而形成阿拉伯炼丹术，阿拉伯炼金术于中世纪传入欧洲，形成欧洲炼金术，后逐步演进为近代的化学。

16世纪开始，欧洲工业生产的蓬勃兴起，推动了医药化学和冶金化学的创立和发展，使炼金术转向生活和实际应用。在元素的科学概念建立后，通过对燃烧现象的精密实验研究，建立了科学的氧化理论和质量守恒定律，随后又建立了定比定律、倍比定律和化合量定律，为化学进一步科学的发展奠定了基础。



19 世纪初，建立了近代原子论，突出地强调了各种元素的原子的质量为其最基本的特征（其中量的概念的引入，是与古代原子论的一个主要区别）。19 世纪下半叶，热力学等物理学理论引入化学之后，不仅澄清了化学平衡和反应速率的概念，而且可以定量地判断化学反应中物质转化的方向和条件。相继建立了溶液理论、电离理论、电化学和化学动力学的理论基础。近代原子论使当时的化学知识和理论得到了合理的解释，成为说明化学现象的统一理论。门捷列夫发现元素周期律后，不仅初步形成了无机化学的体系，并且与原子分子学说一起形成化学理论体系。

进入 20 世纪，由于受自然科学发展的影响，以及当代科学的理论、技术和方法的广泛应用，化学在认识物质的组成、结构、合成和测试等方面都有了长足的进展，而且在理论方面取得了许多重要成果。在无机化学、分析化学、有机化学和物理化学 4 大分支学科的基础上，产生了新的化学分支学科。

无论是人类最初的化学发现，还是最具影响力的化学理论，都为人类文明的推进做出了巨大的贡献。让我们铭记这一切，并为人类文明的发展而不懈努力！

本书以知识性和趣味性为主导，并贯穿始终，为读者朋友介绍了化学世界中最有趣的故事、最有影响力的理论、最奇妙的物质等。



目录

Contents

最伟大的化学家	最先发现氦的化学家	32
德谟克利特——古希腊原子论	第一位合成有机物的科学家	
的倡导者	——维勒	33
炼丹术与葛洪	硝化甘油的发明人诺贝尔	37
化学史上第一伟人波义耳	有机结构理论奠基人之一	
燃素学说和施塔尔	——布特列洛夫	40
富人当中最有学问的人——	第一个荣获诺贝尔化学奖	
亨利·卡文迪许	的人	43
伟大的化学家舍勒	元素周期律之父门捷列夫	46
近代化学奠基人拉瓦锡	镭的“母亲”居里夫人	47
近代化学之父道尔顿	物理化学始祖斯凡特·阿	
气体化学之父普里斯特里	伦尼乌斯	49
稀土元素的第一位发现人——	中国化学家：黄鸣龙	50
加多林	地球化学奠基人戈尔德施	
最先制得氟的化学家	密特	51
最先发现氮的化学家	20 世纪最伟大的化学家	
最先发现溴的化学家	之一——鲍林	52
最先发现铯和铷的化学家	当代有机化学大师罗伯特·	
最先发现铝的化学家	伍德沃德	54



最具影响力的化学理论		造纸术	88
合金规律	57	麻醉剂	89
燃烧现象的实质	59	陶 瓷	90
气体反应中体积间数量关系 ..	60	炼铁术	92
元素周期律	61	曲法酿酒	93
有机结构理论	63	合成染料	95
化学反应里物质总量恒定		合成的塑料	96
不变	64	人造金刚石	96
阿佛加德罗定律	65	筛眼最小的筛子	97
原子论	66	最早的制盐法	98
电离理论	68	湿法炼铜	99
色谱法	69	最早使用的铝合金	100
最具影响力的化学著作		最早的炼锌术	100
沈括和他的《梦溪笔谈》	72	最早应用的天然染料	101
宋应星与《天工开物》	74	波尔多液的最早使用	101
化学史上的里程碑——《怀		雷汞引爆剂的试验成功	102
疑派的化学家》	76	最奇妙的单质	
拉瓦锡与《化学基础》	78	最轻的气体	104
道尔顿与《化学哲学新体		最重的气体	105
系》	79	最硬的金属	105
奥斯特瓦尔德与《普通化学		最软的金属	106
概论》	81	最重的金属	107
最早译成中文的两部分分析化		最轻的金属	108
学书	83	最有趣的气体	109
最具影响力的化学发明和应用		熔点最低的金属	110
火 药	86	熔点最高的金属	111



最难液化的气体	111	最奇妙的化合物	
最活泼的非金属	112	价格最高的水	132
硬度最大的单质	113	酸性最强的化合物	133
导热最强的金属	114	碱性最强的化合物	134
价格最高的金属	115	最好的人工降雨剂	134
熔点最高的非金属	116	最甜的有机化合物	136
熔点最低的非金属	116	产量最多的合成橡胶	136
最易着火的非金属	117	除锈效果最好的化合物	138
延展性最强的金属	118	膨胀系数最小的化合物	139
导电性最强的金属	119	耐腐蚀性最好的工程塑料	140
最能吸收气体的金属	119	最致人发笑的气体化合物	142
最易应用的超导金属	120	最先合成的稀有气体化合物	144
地壳中含量最多的金属	121	最易“结冰”的气体化合物	144
地壳中含量最少的金属	122	强度最好和产量最大的合成	
在水中溶解度最大的气体	123	纤维	145
人工制得纯度最高的单质	124	自然界中最简单的有机	
空气中含量最高的气体成分	125	化合物	147
光照下最易产生电流的金属	126	最有趣的化学故事	
最适合制造高温温度计的		会变色的紫罗兰	148
金属	126	本生的“指纹破案”	150
制造新型高速飞机最重要		小猫“发现”了碘	151
的金属	127	查假药“查”出来新元素	152
海水中储量最大的放射		法拉第的表演	154
性金属	128	伯爵的钻戒不见了	155
金属活动顺序表中活动性		寻找“不锈的金属”	156
最强的金属	129	维勒开的“电”玩笑	158



化学中的世界之最◆◆◆

李比希买下一块“无用”地 … 160	↓	神奇的泉水 …… 177
维勒的白色“小香肠” …… 161	↓	“可口可乐”之谜 …… 179
法利德别尔格的甜牛排 …… 162	↓	在王水中保存下来的诺贝尔
追捕苍蝇的化学家 …… 164	↓	奖章 …… 180
电流下的奇迹 …… 165	↓	再次发现的“美洲新大陆” … 181
凯库勒一梦成功 …… 166	↓	跳海自杀的猫和红地毯 …… 182
死青蛙引出来的发明 …… 167	↓	硝酸化肥与一系列惨祸 …… 184
弱不禁风的金属 …… 169	↓	人体中最具重要性的化学元素
并非等于零 …… 171	↓	人体中最重要的常量元素 … 186
获诺贝尔化学奖的物理学家 … 172	↓	人体中最重要的微量元素 … 192
化学家开“牙科处方” …… 174	↓	人体中最重要的有机化合物 … 196
池田菊苗的海带丝汤 …… 175	↓	
用鸡蛋巧藏情报 …… 176	↓	



最伟大的化学家

德谟克利特——古希腊原子论的倡导者

1

公元前有些哲学家，曾经提出过类似原子论的学说，认为物质是由微小的颗粒组成的。从中国的墨子、印度的吠陀到希腊的一些学者，都有过这类的著作，尤以希腊的德谟克利特最为有名，他留下的著作的内容也较丰富。

在我国有一位古代哲学家和他的学生们留下了一部著作，从中我们找到几句接近原子学说的话。这部有名的书就是《墨子》。墨翟这位学者是中国历史上杰出的思想家，他生在比孔丘稍晚一点的春秋末年。据钱穆的考证，墨翟大概生于公元前479年，死于公元前381年。战国到汉朝初年，一般人都是以孔丘和墨翟并称的。到了汉朝，因为孔丘的学说大大地有利于封建统治阶级，而墨翟的学说却富有民主思想，所以儒家思想被大力提倡，墨家思想却被排斥和受压抑了。

《墨子》这部书，一部分是墨翟的学生们对于他的言论的记录，另一部分是墨翟死后，他这学派的人编写的。据清末的人考证，《墨子》里“经上”等6篇，是战国末年墨家的后学写作的。这里提出了“端”的概念，认为“端”，“体之无序而最前者也”。“经下”篇里又有这样的话“非半弗则不动，说在端。”这句话的意思是说：物质到了没有一半的时候，就不能斫开它了。这种情形可名之为“端”。这几句话的意思是说：要分就得要



那物质本身有可分为两半的条件；如果没有分为两半的条件，那就不能分了。所以说，“端”是无法间断的。这些话诚然很简短，我们从化学史的立场来看，认为《墨子》里的“端”字，可说具有现代原子学说的雏形。因此，我们相信，墨派的学者已有了极其原始的物质小单位的概念了。

印度历史学家曾说，原子理论出现在塞拿陀等人的胜论派哲学体系之中，后来从公元前2世纪起在佛教和耆那教的著作中得到了发展。他们把原子的梵文名拼成拉丁字，先名为 anu，微小之意；后来又名为 Parīanu，很微小的意思。他们认为这些颗粒是不灭的、球形的，比日光中最微小的尘埃还小。原子有颜色、味道和气味。它们首先一对一对地结合起来，然后形成更大的原子对的集合体。

除了我国和印度古代哲学著作之外，最重要的是古希腊的学说。在人民教育出版社1982年出版的初级中学课本《化学》上，有这么一段话：“远在公元前五世纪，希腊哲学家德谟克利特等人认为万物是由大量的不可分割的微粒构成的，并把这些微粒叫做‘原子’（希腊文 ατομ，原意是‘不可分割的’）。”

德谟克利特生于希腊北部阿布德拉市色雷斯城里。关于他的生平事迹，已经知道的不太多了。只知道他到过雅典，并被人称作“爱笑的哲学家”。现在人们都知道，他是留基伯的学生。他比阿里士多德的生年稍早一些。阿里士多德生于公元前384年。现在欧洲的物理学和化学书上都认为，德谟克利特是最早宣扬原子学说的学者之一。

他的学说是这样的：一切事物的始基是原子和虚空，其余一切都只是幻想。世界有无数东西，它们是有生有灭的。没有任何东西从无中来，也没有任何东西在毁坏之后归于无。原子在大小和数量上都是无限的。它们在整个宇宙中由于一种涡旋运动而运动着，并因此而形成一些复合物，就是欧洲早期认为的四大元素：火、水、气、土。

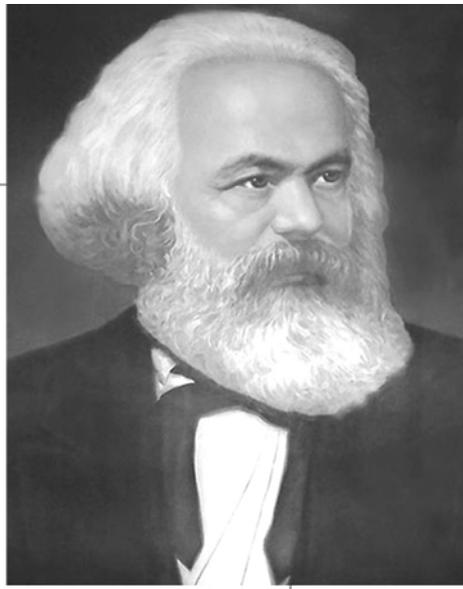
德谟克利特又说过“原子诚然是自然界的实体，一切都从原子产生，一切也分解为原子，可是现象世界的经常不断的毁灭并没有任何意外结果。新的现象又在形成，但是作为一种固定东西的原子本身却始终始终是物质的基础。”有人认为留基伯是原子学说的创始人，阿里士多德说留基伯是原子学



说的真正创始人，可惜他的所有著作全都散失了。可是德谟克利特的著作还有一些残片存在，所以现在人们都承认德谟克利特是原子学说最早的宣传者。

马克思、恩格斯称德谟克利特为“经验的自然科学家和希腊人中第一个百科全书式的学者”。列宁还把唯物主义发展路线称为“德谟克利特路线”。三位革命导师对德谟克利特的颂扬是很有道理的。德谟克利特在数学上首次提出圆锥体的容量等于同底同高的圆柱体的容量 $1/3$ 的定理，并曾进行过动物尸体解剖等。

在哲学上，德谟克利特认为原子和虚空是万物的本原，无数的原子永远在无限的虚空中的各个方向运动着，相互冲击，形成漩涡，产生无数的世界。原子不可分割，无



马克思

质的区别，而只有大小、形状的差异。原子以不同次序和位置结合起来，产生物体。灵魂为光滑精细、运动极快的圆形原子结合而成，因而也是一种物体。原子分离，物体变化而不消灭。他又认为，一切事物都是由必然性决定的。由于无知，人们才认为有偶然性的存在。物体投射出来的影像引起感觉，感觉是认识的来源。但只有理性，才能把握住实在，而使人认识到万物都由在虚空中运动着的原子构成。

现在人们所知道的德谟克利特学说，一部分来自卢克莱修的著作《物性论》。尽管德谟克利特等人对于提倡原子学说起了相当的作用，可是总的说来，他们的理论基本上是哲学性的推想，而没有任何实验的根据。一直到19世纪初期，道尔顿利用化学分析法，研究了许多物质的组成，才重新使用了古希腊哲学上的名词，称这些小颗粒为原子。我们可以认为，正如



恩格斯在《自然辩证法》中所说的那样，化学中的新时代是从道尔顿开始的。

炼丹术与葛洪

封建社会发展到一定时期时，生产力有了相当的提高，统治阶级的物质享受比以前大有增加，这就使得皇帝和贵族自然而然地产生了两种愿望：一是希望长生不老；一是希望有更多的财富。于是，求长寿和希望多得到黄金就成为封建统治阶级的要求。为了满足他们的要求，逐渐有些方士来搞炼丹的方术，认为可以炼出长生不老的药和人造的金银，这就是炼丹术的兴起和发展的历史条件。



葛洪

在我国历史上搞炼丹术的人中，最著名的要算晋朝的葛洪了。他承袭了早期的炼丹理论，结合了儒家和道家的思想，运用了道教的宗教势力，留下了完整的著作。这样就使他成了我国炼丹史上一个承前启后的人物，不但受到国内研究化学史的学者注意，在国外，研究世界炼丹史的人也很注意考证他的生平和著作。

查考葛洪生平的最可靠的文字是他在《抱朴子外篇》一书里的自叙，但里面只叙述到他的中年，补充的材料得靠《晋书》里的《葛洪传》。葛洪有一个号叫葛稚川，所以后来许多道教的书上称他为稚川真人；他还有一个号叫抱朴子，意思说，他乃是一个朴实的人。他的祖父葛系曾在三国时代的吴国做过大官，父亲葛悌也在吴国做过官，后来降了晋。葛洪出生的地方是现在的江苏句容县。关于他的出生年月，在他的自叙和《晋书》的本传里都无记载。可是从他的



著作里，我们可以间接地把他的出身年份进行推测。他的自叙里有“今齿近不惑”的话，也就是说，写自叙的时候近40岁了。自叙里又有这样的一段话“洪年二十余，乃计作细碎小文……十余年至建武中乃定。凡著‘内篇’二十卷，‘外篇’五十卷。”建武是晋朝元帝司马睿的年号，是公元317年。在《抱朴子外篇》的《吴失篇》里，葛洪又说“余生于晋世”。吴国是在公元280年被晋灭了，如果葛洪是281年生的，到了317年，按我国习惯计算年龄，就是37岁了，这与他说的“齿近不惑”的话是相符的。由此，可以推测葛洪当在公元281年前后出生。

葛洪在13岁时，父亲就死了，因此，他少年时代生活困难。自叙里说他从16岁读儒家的《孝经》、《论语》开始，然后广泛地读书，从经书、史书一直到短杂文章，还学了《望气》、《卜卦》之类的书。大概在公元306~316年，广东南海有一位姓鲍的太守，喜欢搞神仙之术，葛洪拜他为师学道，还和鲍太守的女儿结了婚。对于一个封建社会的读书人来说，神仙道教的思想往往是在所谓不得志的情况下滋生出来的，葛洪搞炼丹就是一个典型的例子。

关于葛洪修道的经过和是谁传授他学习炼丹，在《抱朴子内篇》和《晋书》里均有记载。《抱朴子内篇》里说“昔左元放于无柱山中精思，而神人授以金丹仙经。会汉末乱，不遑合作，而避地来渡江东，志欲投名山以修斯道。余从祖仙公，又从元放受之……余师郑君者，则余从祖仙公之弟子也。……余受之已二十余年矣。”（这段话里的“合作”二字系指合药作丹。）《晋书》的《葛洪传》里有一段话“从祖玄，吴时学道得仙，号曰葛仙公，以其炼丹秘术，授弟子郑隐，洪就隐学，悉得其法焉。从师事南海太守上党鲍玄。”从以上记载，可以看出，葛洪在20岁之前就学了一点神仙之术，传授的系统是左慈教葛玄，葛玄教郑隐，郑隐教葛洪。后来，葛洪又从鲍玄那里学到更多的炼丹术。从公元326年起，葛洪担任过几任中等京官。公元330年左右，他听说交一地出产仙丹的原料，便请求到广西的勾漏县去做官，以便就近采料炼丹。他得到了晋朝皇帝的同意，带了一家人去南方。

到了广州以后，受到朋友的劝阻，就留在广州，在罗浮山修炼，过他



的“神仙丹鼎”的生活。《晋书》里说他活到 81 岁。在我国历史上，在炼丹者死去时，称为“尸解得仙”。而宋朝乐史所著的《太平寰宇记》里说：葛洪死的时候为 61 岁。

葛洪的生平虽然没有什么惊人的地方，但他的著作对后来道教的发展有一定的影响，所以道教中人对他十分尊重。许多有名的山岭都有纪念他的建筑物或者传说中的他的炼丹遗址。其中最有名的是杭州西湖上的葛岭，那里有刻着葛洪像的石碑和传说他在那里炼丹时用过的水井。这些古迹的传诵历时可能已经很久，因为元朝（公元 13 世纪）诗人杨载的诗里已经有“一宿葛洪丹井上”和“寂寂丹台夜”的诗句。从这些遗留至今的纪念物可以看出，葛洪在道教的发展和炼丹术的传播上，所起的作用是不小的。

要评价葛洪的思想和炼丹理论，就要了解他在炼丹术上有哪些记载，并查考他的著作。《晋书》的《葛洪传》里说他是“博闻深洽，江左绝伦，著述篇章，富于班马。”就是说，葛洪的学问很丰富，在江南是无人可比的，他的著作比班固和司马迁的著作还要多。在葛洪的自叙里，列举了他自己的著作“凡著‘内篇’二十卷，‘外篇’五十卷，碑颂诗赋百卷，军事檄移章表笺记三十卷，又撰俗所不列者为‘神仙传’十卷，又撰高尚不仕者为‘隐逸传’十卷，又抄五经、七史、百家之言；兵事方伎、短杂奇要三百一十卷。”一个还没有满 40 岁的人就写了这么多的书，著作 220 卷，抄述 310 卷，可谓精力过人了。

涵芬楼影印的正统《道藏》和万历的《续道藏》共收入了所谓的“葛洪的著作”共 13 种，书名是《元始上真象仙记》、《枕中记》、《抱朴子养生论》、《稚川真人校证术》、《还丹肘后诀》、《抱朴子神仙金沟经》、《太清玉碑子》、《大丹问答》、《金木万灵论》、《抱朴子内篇》、《抱朴子别旨》、《抱朴子外篇》、《葛仙翁肘后备急方》。在这 13 种著作中，《抱朴子内篇》和《抱朴子外篇》是可信的著作，《葛仙翁肘后备急方》乃是根据葛洪的原著，经过南北朝的陶宏景和后人增补的。另外的 10 种书大概都是后来的人假托了葛洪的名字编写的。《抱朴子内篇》和《抱朴子外篇》的内容截然不同。关于前一本书的性质，葛洪在自叙里曾经有过说明“‘内篇’言神仙方药……属道家。”至于《抱朴子外篇》，则完全讲的是儒家应世之道，是封



建阶级的政治理论，与炼丹术没有什么关系。

葛洪的炼丹理论是从他的内神仙、外儒术的思想出发的，这种思想表现在他把老庄学充分演化为神仙方士之术，但也没有完全放弃作为统治阶级理论的儒家学。《抱朴子内篇》共有 20 卷，每卷有一个只有 2 个字的小标题，例如“畅元”第一；“金丹”第四 “仙药”第十一；“黄白”第十六 “祛惑”第二十。其中有几卷讲所谓“道”的基本理论；有几卷反复说明神仙必定存在；也有讲游山、玩水、画符等的；讲炼丹的是“金丹”、“仙药”、“黄白”三卷。葛洪的炼丹基本理论是，认为一切物质都可以变，在诚心的要求和适当的条件下，就可以变出最宝贵的仙丹和黄金。在《抱朴子内篇》里，他反复地用了许多比喻来说明他的信念。

用自然科学的观点来看，《抱朴子内篇》里的“金丹”、“仙药”、“黄白”三卷各有重点。“金丹”以用无机物质炼出所谓长生的仙丹为主 “仙药”以讨论植物性的“五芝”而延年益寿为主 “黄白”以讲所谓人造黄金和白银为主。五芝显然是指长在枯树上的一些肥大的菌类，而“仙药”里所提到的茯苓、地黄、麦门冬等在今天还都是中药里常见的。可是就化学组成来说，这些植物的结构是很复杂的，所以我们不能就此认为葛洪已经懂得其中的化学了。

在“金丹”篇里，有一段话：“取武都黄丹，色如鸡冠，而光明无夹石者，多少在意，不可令减五斤也。捣之如粉，以牛胆和之，煮之令燥似赤土。釜容一斗者，先以戎盐、石胆末荐釜中，令厚三分，乃内雄黄末，令厚五分，复加戎盐于上，如此相似，至尽，又加碎



《抱朴子》



炭，大如枣核者，令厚二寸，以蚓蝼土及戎盐为泥，泥釜外，以一釜复之，皆泥令厚三寸勿泄，阴干一月，乃以马粪火煨之，三日三夜，寒发出，鼓下其铜，铜流如冶铜铁也。乃令铸此铜以为箭，箭成，以盛丹砂水，又以马屎火煨三十日，发取捣冶之，取其二分，生丹砂一分并绿汞，汞者水银也，立凝成黄金矣，光明美色可中钉也。又作丹砂水法，以丹砂一斤，内生竹筒中，加石胆、消石各二两，复荐上下，闭塞箭口，以染骨丸封之，须干，以内醇苦酒中，埋之地中，深三尺，三十日成，水色赤味苦也。”这段文字虽不易完全理解，可是葛洪做过类似化学的实验这一点却是显然的。这段文字的大意是：雄黄（硫化砷）、石胆（硫酸铜）能在高温下被炭还原为铜砷混合熔体，再以此混合熔体与丹砂起作用，可以得出黄色的铜、砷、汞的混合物，这种混合物的颜色金黄，被视为宝丹。

8

无机物质的组成和化学反应比较简单，从《抱朴子内篇》的内容来判断，可以认为葛洪已有了下列化学知识：

(1) 在“金丹”卷中，葛洪写道“丹砂烧之成水银，积变又还成丹砂。”他大概自己做过这样的实验：就是将红色的硫化汞（丹砂）加热，使它分解出汞。而汞加硫磺又能生成黑色的硫化汞，再变为红色。由硫化汞制水银，我国最晚在公元前2世纪就知道了，而葛洪却是最早较详细地记录这些化学反应的人。

(2) 在“黄白”卷中，葛洪写道“铅性白也，而赤之以为丹，丹性赤



雄黄矿晶

也，而白之以为铅。”这里的铅就是铅，也就是说，葛洪已经知道铅能变成红色的四氧化三铅；而四氧化三铅又能分解出铅。

(3) 在“金丹”卷中，葛洪写道“取雌黄、雄黄，烧下，其中铜铸以为器复之。……百日此器皆生赤乳，长数分。”雌黄指 As_2S_3 ，雄



黄指 AsS_4 ，这两种砷的硫化物加热后都能升华，赤乳即是升华得到的晶体。由此可见，葛洪曾经做过升华的试验而得出这个结论。

(4) 在“黄白”卷中，葛洪写道“以曾青涂铁、铁赤色如铜。”曾青大概是指蓝铜矿 $\text{Cu}(\text{OH}) \cdot 2\text{CuCO}_3$ 或孔雀石 $\text{Cu}(\text{OH}) \cdot \text{CuCO}_3$ 。可见，葛洪已经做过铁与铜盐的置换反应。

(5) 葛洪除了利用汞、硫磺、硫化汞、铅、四氧化三铅、三硫化二砷、四硫化四砷作为炼丹的原料之外，还用了石胆（含硫酸铜矿物）、消石（含硝酸钾矿物）、寒羽涅（石膏）、赤石脂（赤铁矿）、矾石（含明矾矿物），使当时应用自然矿产的范围扩大了。

(6) “黄白”卷中描述过外表像黄金或白银的金属，这可能就是葛洪曾经制出的合金，里面可能含有不同比例的铜、铅、汞、镍。

炼丹术是近代化学的先驱，它所用的实验器具和药物都是化学发展初期所必需的。我国的炼丹术起源很早，到了公元4世纪，葛洪成了我国炼丹术中承前启后的人物。他的富于鼓动性的文笔，替炼丹术做了大量的宣传；他的比较具体的炼丹方法的记录，帮助了后来唐宋炼丹术的发展。葛洪是一位值得纪念的历史人物。

化学史上第一伟人波义耳

波义耳1627年出生于爱尔兰，他父亲十分富有，因而波义耳从小就受到良好的教育，他自己就拥有一个设备优良的实验室。开始他主要研究气体的性质，曾用一支U型管和水银研究气体的压力和体积的关系，提出了著名的波义耳定律。

波义耳是化学史上的第一伟人，他确立了科学的元素概念。他在《怀疑化学家》一书中写到“我所理解的元素，像有些化学家清楚说到的那样，是确定的、初始的、简单的、完全未混和的物体。它们不是彼此互相构成的，而是由它们构成一切所谓的混和物体，而这些混和物体归根到底可以分解为其组成部分。”他这一概念的提出结束了亚里斯多德四元素学说长达1000多年的统治。



波义耳

波义耳还是分析化学的奠基人之一，他把“分析”一词引进化学中来。他为定性分析提供了几种试剂，如用加石灰生成白色沉淀来鉴定硫酸，用加硝酸银生成沉淀来鉴定盐酸，用与氨反应生成蓝色溶液来鉴定铜盐等等。

他还发现了几种酸碱指示剂。一次，他把一束深紫色的紫罗兰带入实验室，然后就开始加热浓硫酸，加热后又往烧杯中倒入一些浓盐酸，随之冒出许多白雾。这时波义耳发现放在桌上的紫罗兰在微微

冒烟，他连忙将其拿到水池中冲洗，过了一会波义耳惊奇地发现紫色罗兰全部变为红色。他又采来各种花，经实验发现大部分花草受酸或碱作用都能改变颜色，其中从石蕊地衣中提取出来的紫色浸液和酸碱作用颜色变化十分明显，和酸作用变成红色，和碱作用变成蓝色。后来波义耳就用石蕊浸液把纸浸透，然后烤干，用以在实验中检验物质的酸碱性。这就是我们在实验室经常用到的石蕊指示剂和石蕊试纸。

波义耳最重要的贡献还在于他为化学的发明指明了方向。他认为，“我应该以哲学家的身份来看化学，我在这里草拟了化学哲学的计划，希望用自己的实验和观察来完成这一计划并使之完善起来。”波义耳提出了发展科学的新道路，为新的化学科学的诞生奠定了基础，使化学成为一门独立的科学，并提出这门科学应有自己独立的研究对象、问题、任务和方法。

燃素学说和施塔尔

燃烧现象是自然界发生的最重要的变化之一，因此人们（特别是化学家）历来都很重视物体在火中会发生什么变化。对火的观察所得到的最明