

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中小学课堂学习新广角  
——化学演义

 **eBOOK**  
网络资源 电子图书

# 化学演义

## 第一回 说工艺道冶炼化学露端倪 论炼丹谈医药得失有说法

原始人造火，奴隶社会提取铜，人类进化迈大步。欧洲、阿拉伯、华夏炼金术熠熠生辉光芒闪烁。帕拉塞斯是一位伟大的医生，又是一位招摇撞骗的人。有关化学发展的说法，沸沸扬扬充满神奇。

人类从遥远的古代就开始了积累化学实用知识，但这一过程进行得很慢。进入原始社会后，人类在为生存而进行的残酷斗争中掌握了一些偶然的化学常识。在有文字记载以前知道了食盐，了解它有调味作用和防腐作用。对衣服的需求，使他们学会了用原始方法加工兽皮。

早在人类学习使用火的时候，就开始了化学进行实践。他们用火的目的是取暖，而不是改变物质。他们是“看火者”而不是“造火者”。

只有学会了造火，人类才真正成为火的驾驭者，继而有效地用火做饭、制陶、冶炼金属，所有这些都包括在早期的化学工艺中。

旧石器时代的人类已成了“看火者”，他们掌握物质冷热并没有超出烤肉食的范围。而在新石器时期，他们的知识扩展到烧制陶器和冶炼（熔化）一些不活泼的金属，如铜。另外还掌握了酿酒、编织品染色及制造玻璃等一些化学工序。他们还使用了各种药物，药物大部分是用植物制取的。

掌握冶炼技术是向前迈进的重要一步，对人类文明有着深远的影响。铜可能是第一个被冶炼出来的金属，先是用蓝色碱式碳酸盐矿，以后又用硫化物矿。到了公元前 1200 年，铅、锡、铁也被生产出来了。

人类还认识了金、银和水银，它们应追溯到铜器以前，因为它们的低化学活性能使其以天然金属的状态存在。原始社会时期人类还知道了一些矿物颜料，如赭石、赭土等等，用来染制各种生活用品，织物、石壁绘画和纹身等。

原始社会人类在实用化学方面最初成就是非常微小的，但是在这些成就基础上，才有以后各个时期化学的发展。

进入奴隶社会后，产生了生产过程的专业化，在化学工艺的不同部门都出现了一批专业手工业工人。

冶金方面也有显著成就。公元前几千年，在埃及、小亚细亚、外高加索等地已经开采黄金，并进行加工和提纯。人们已熟悉从矿石中提取铜、锡、铅的方法，后来又有提取银和汞的方法。

远古的人类从使用石器到开始掌握金属工具大约经过几十万年的岁月。原始社会后期，人们在不断改进石器和寻找、开采石料的劳动中偶然发现了红铜。由于当时制陶技术已经相当成熟，这就有可能对天然铜加热煅打以至熔铸，并逐步过渡到用矿石来冶炼钢及其他金属。

在伊朗西部的阿里喀什和安纳脱利亚（又称小亚细亚）发现公元前 7000 年到 2000 年用的天然铜锤打成的小型铜器。在土耳其安哥拉附近的撒塔尔·许遇克的一个古营地曾发掘出 9 千年前的天然铜小球。

在土耳其东部的凡湖附近发现了最早的距今 7000 到 6000 年前的炼铜遗址。据说那里有许多含铜矿物裸露地表，在上面燃烧炭火，便会还原出铜来，并遗留在灰烬中。那里的居民可能就是逐步总结出冶铜的方法。

总之，到了公元前 3000 年时，很多地区普遍掌握了炼铜技术。

值得一提的一项重大技术成就是那时已知用氧化性铁矿为助熔剂，来降

低冶炼铜的温度。例如在小亚细亚的拉姆纳遗址中，发掘到建于公元前 4000 年的一个冶铜工场，冶炼炉是一座用粗制石块砌成的碗式炉，其炉渣是硅酸铁类型。当地的铜矿是含硅而不含铁的，所以可判断用了氧化铁矿来降低炼渣的熔点。

另外大量的铜不仅来自氧化铜矿，也可能来自硫化铜矿。例如土耳其埃尔加尼马登的铜矿就是典型的硫化矿。此类矿石要求先在不超过 800 的温度下长时间焙烧，使硫化矿转变为氧化矿，再用木炭还原。冶炼中还需加入砂石造渣，使其中的氧化铁转变为硅酸铁成渣，以与铜分离。

纯铜质地比较软，既不适合于制造工具，也不宜于制作兵器。青铜是铜与锡或铅的合金，硬度较纯铜大得多且坚韧，又具较好的铸造性，所以人类从使用红铜逐步地过渡到青铜器。

中国最早的青铜大概是把铜矿石或金属铜与锡（铅）矿石、木炭放在一起合炼出来的。比较有名的是“司母戊鼎”和“四羊尊”。

“司母戊鼎”是殷代前期青铜器的代表作，是世界最大的出土青铜器，重达 875 公斤，其铜占 84.77%，锡占 11.64%，此外还有少量的铅。铜锡比例均按一定的成份，如此神奇，不愧为古代一绝。

“四羊尊”是一种盛酒器，造型逼真，结构复杂，四只羊头上长出卷曲的羊角，还有突出的羊头，镂空的扉边。充分反映出中国古代青铜器的高超熔铸技艺。

在青铜时代中，人类只知道陨铁，还不会用铁矿石炼铁，虽然炼铁并不要求特别高的温度。只是到了公元前 7 世纪在埃及、小亚细亚、美索不达米亚等地出现了生铁制造工具。由此铁器时代开始了。

铁的冶炼是一个化学过程。用铁做生产工具是古代生产力发展和提高的一个重要标志。铁器使人类有可能在广大面积上进行耕作，把广阔的森林地区开垦为荒地。其坚固和锐利程度是无论什么石头或当时任何金属都不能与之匹敌的。

西方早期使用的人工铁都是固态铁（或者叫块炼铁），大约在 1200 的温度下用木炭屑把矿石还原成固态铁，生成时铁与渣和未烧完的木炭搅混在一起，然后靠不断趁热锻打，挤出其中杂物，并把小铁块锻接起来，然后再锻打成型，制成器物。它坚韧不易断裂，主要是制造匕首的刀体。

尼罗河流域和印度河流域一些国家到了公元前 8 世纪时冶炼业到了兴旺时代。考古学家曾在亚述王国萨尔贡二世的王宫遗址中发现了 160 吨铁，其中大部分是铁棒，显然这些都是制造铁器的原料。

大约公元前 6 世纪，埃及人掌握了铁碳合金快速冷却的方法，即把红热的金属插入水或盐中，而提高其硬度，这叫淬火。但淬火易产生脆性的组织，因而还需进行低温处理，即退火，使失去的可锻性在一定程度上恢复。公元前 5 世纪左右，希腊人已经用铁器制造采矿工具和盔甲片。

华夏冶铁技术大致可追溯到春秋时代中后期，在河北省藁城台西村出土了一件铁刃铜钺（一种兵器），据考证是距今 3000 年上下商代遗物，是中国目前为止发现的最早的铁器。刀口的铁是从陨铁取来的，铜是青铜。那时已知铁比铜锐利，故用它做刀口。

中国古代的生铁先后发展形成了四个品种，即白口铁、灰口铁、麻口铁和韧性铸铁，而且逐步掌握了它们的性能，分别找到它们合适的用途。

同其他地区、民族相比，中国不仅较早地生产了生铁，而且把冶铁技术

传授出去。欧洲的铸金术，就是在 11 或 12 世纪由中国传去的。

黄金是人类最早发现和利用的金属之一。它以游离单质状态存在于自然界，出现在一些河沙和山岩间，即所谓沙金和山金，在取得它的过程中并不需化学冶炼。最初人们只可能偶然拾得一些较大的金块；其后才采用“披沙淘金”的方法收集沙金；“平地掘井”开采山金则是较晚的事了。

银在自然界存在的数量很少，它主要以硫化物状态与铅混在一起。在冶炼铅时，银与铅一起被还原出来，并成为合金，所以银自古以来就是炼铅业中的一项重要副产品。

大约在公元前 2000 年时，人们就已采用吹灰法提取银（往银矿石中加入铅共炼），并把银从铅中分离出来。用吹灰法提炼出银后，再经一道木炭还原的工序，就可从铅灰（即黄丹）中再回收到金属铅。

且说人类在长期使用火的过程中，发现泥土在火的作用下变得坚硬牢固，便逐渐发明了陶器。

陶器是怎样发明的？说法不一。有人认为：最古老的生活所用容器是用枝条编制的，为了使其耐火和致密无缝，往往会在容器内外抹上一层粘土。使用中，有时器皿被火烧着，木质部分被烧掉了，但人们发现粘土不仅保留下来，而且变得更坚硬，仍可使用；进而又发现成型的粘土，也可直接烧制成器皿。于是便有意地将粘土捣碎，用水调和，揉捏到十分柔软的程度，再塑造成各种形状所需的器皿，放在太阳下晒干，最后架在火上烘烤、焙烧，这样就获得了最原始的陶器。还有的人则认为陶器的发明可能具有更大的偶然性。无论如何，取得完整的制陶经验，需要漫长的过程。

陶器大致在新石器时代的中后期出现。最早是原始的红陶，继之是彩陶，进而发展到黑陶或灰陶，进一步便是釉陶的出现。

陶器是人类利用火制造出的一种自然界不存在的新物质。当人们把泥坯放入火中烧到一定温度后，泥土中的石英、云母等粘土矿物就会部分发生化学变化，由于烧制温度不高，因此只能生成少量玻璃相，这些玻璃相再同其他矿物成份粘结起来，于是就构成了一个烧结的新物质。

最有名的要数中国的“唐三彩”和称为“世界第八奇迹”的秦代兵马俑。

“唐三彩”是釉陶发展的高峰。釉陶是一种含二氧化硅较多的粘土，烧制温度在 1100 以上，然后又掺加石灰石、草木灰、方解石等含氧化钙、氧化钾的碱性氧化物，以及氧化铜、氧化铁等颜料，烧制而成的陶器。

“唐三彩”以白色粘土为胎，其釉彩有黄、褐、蓝、深绿、浅绿、白、赭黑、紫等多色。但以白、绿、黄三色为基色。所以人们称其为“三彩”。它不仅细腻、坚硬，且美如翡翠，色彩鲜明，是陶器史上一朵奇葩。

秦代兵马俑位于陕西省临潼县城东 5 公里处的秦始皇陵内。其规模巨大，各种造型栩栩如生，有陶马、陶俑、兵器等，一排排，一队队，声势浩大。凡见过的人，无不为之惊叹。

这些泥土做的兵马俑埋在地下几千年了，至今保存完好。这与中国古代发达的制陶技术是分不开的。

随着陶器制作的发展，瓷器也开始发展起来，尤以中国最盛，瓷器的故乡是中国。

中国瓷器是在白陶、印纹硬陶及釉陶的制作经验基础上发展起来的。工艺过程基本上是相同的，但在原料选择和烧成技术上有质的飞跃和突破。一般公认瓷器有以下特点：

原料应是白色瓷土，这种粘土主要含钾、钠、钙以及钡的硅铝酸盐和石英。它以  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量高、碱性氧化物含量低、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量格外低而区别于制陶粘土；必须耐受高温焙烧，一般烧成温度在 1200 以上，胎体基本烧结；瓷器烧成后吸水率要低；表面施有一层高温烧成的玻璃釉质。

中国瓷器秀雅精致，历来享有盛誉，受到喜爱，成为中华古代灿烂文明的象征。

玻璃的发明也是在远古时代，并无文字记载，有过一些传说和推测。如古代的古腓尼基（地中海东岸古国，即今叙利亚与黎巴嫩的沿海一带）人的水手们在一次航海中停泊在埃及沿海岸边，在沙滩中用天然碱支撑烧饭的锅子，从灰烬中发现有光亮的珠子，从而发明了玻璃。还有一种说法：认为玻璃最早大概是埃及陶工发明的，起初他们可能是把白云石粉与天然碱一起掺进泥土做为陶衣浆，以求美观。结果这种陶器上便生成一层光滑发亮的釉层，这种釉层往往因过厚而滴落，于是炉底便会取到玻璃珠，从而发明了玻璃。

中国玻璃可能发源于冶金，不是脱胎于青釉的制作，因为早期青铜是以孔雀石与铅、锡矿石一起合炼而成的。冶炼时，几种矿石溶解，必然要生成渣质。大多次排渣过程中会出现凝成珠的半透明玻璃状物质，这种物质被氧化铜着上绿色，于是引起人们的注意，被挑拣出来加工成装饰品，这可能便是中国原始的，从偶然中得到的玻璃。

战国时代称玻璃为“璆琳”。到了汉代又写作“陆离”、“流离”、“玻璃”。及至唐代，开始用硼砂制作玻璃。唐代后期，以黄丹、硝石和硼砂为原料。宋代以后，由于各种原因，玻璃制作发展缓慢，徘徊不前，多为仿制珠玉宝石类的装饰品，始终重形貌而不重质，不值多提。

除陶器、玻璃、冶金外，古代在酿酒、植物染料、药物和化妆品等方面，均有辉煌成就。由于零零散散，从略。

却说随着古代各国工艺化学的发展，以及与之有关的关于物质及变化的实践知识，使人们产生了关于各种不同物质及其组成要素的初步概念。

这些概念大约产生于公元前 7 至公元前 5 世纪。著名人物有中国的孔子和老子，印度的释迦摩尼，波斯的琐罗亚斯德，希腊的泰勒士·亚里斯多德和其他哲学家等。

中国古代学者，有的认为万物是由一种原始东西构成的。这种看法，可称为“一元论的物质观”。所谓“原始东西”，中国古代有种种名称：《周易》上叫做“太极”，《老子》（即《道德经》）上叫“道”，汉初《淮南子》上叫做“太始”，等等，名称虽多，但都认为万物是一个根源。由于没有直接的证据，只能是一种假说。

关于物质的最小单位，有人提出：物质是否能无限地分割下去呢？还是分割到某一最小限度，就不能再分割了？如勉强再分割，即物质就失去它的本性了，等等。

有一叫惠施的学者说：“一尺之棰，日取其半，万世不竭。”意思说一尺长的棍子，今天切取一半，明天切取它的一半的一半，如此，每天切下去，到一万世（世是 30 年）还切不完，也就是无限可分之意。

另一位稍早的学者墨翟，在他的著作《墨子》中提到物质分割问题。他认为物质的被分割是有极限的。也就是说，这种说法同现代的“原子说”“分子说”有些相似了。

早在战国以前，中国就有阴阳和五行的概念。认为世间一切事物，有既

对立而又统一的阴阳两个方面。阴阳对立的相互作用和不断运动，就是万物以及它们变化的根源。

五行指的是水、火、木、金、土。它们各有特性，交相应用。水的本性是“润和下”；火的本性是“炎和上”；木能够做弯曲的东西；金指的是金属和合金，就是可能任意熔铸，锤打成各种器具；土的重要性质是生产农作物。

阴阳五行说在我国古代哲学史上有很大影响。在化学史上，同炼金、炼丹术的兴起和发展都有很大关系。

对后世化学的发展影响最大、最深远的要数一批希腊自然哲学家。

名垂千古的第一位哲学家当推泰勒斯，他认为水是万物之源，把水蒸发，它就变成空气；而把水蒸干之后，剩下的是土。

另一位哲学家赫拉克利特则把火当成一切事物的初始元素。世界上的一切像火一样，在变化着，流动着。整个世界是不断变化的洪流。看起来难以置信，但没有借助神力去解释自然，而是从物质世界本身，去解释物质世界，可以说在当时是一个了不起的进步。

在公元前5世纪时，西西里岛阿格里琴托城有一位医生，叫恩培多克勒，他首先提出物质的四元素学说，即火、空气、水和土。这四种元素都是物质的，它们或者化合在一起或者相互排斥。每个都是独立的元素，四个可以按不同的比例相混合以生成各种物质。

与此同时，产生了物质微粒结构的学说，即古代的原子论。创始人是留基伯和他的学生德谟克利特。

他们认为：一切物质都是由最小的，不可分的微粒——原子组成的。物质的千变万化不过是原子间分离或重新组合的过程。宇宙的要素是原子和虚空。其他一切都只是想象的东西。原子不受任何能使之发生改变的外力影响……德谟克利特是古代最有名的敏锐思想家，遗憾的是，他的著作除了一些残篇外，均荡然无存了。

在古代和中世纪时期，在各种不同自然哲学体系中，亚里斯多德的元素一性质学说意义最重大。

亚里斯多德是柏拉图的学生，他是一位知识渊博的哲学家。他有很多关于自然科学的著作。他承认四元素学说，但认为四元素不是物质的实体，只是某些性质的体现或某些性质之和。这些性质是热和冷，干和湿等等。

亚里斯多德的元素一性质学说，不久就成了金属能够互变，特别是贱金属变成黄金的理论基础。这一思想也成了炼金术的指导原则。

综观古代各种自然观，虽博大精深，但只是用脑来冥想，缺乏实验根据。赞叹之后，更多的是遗憾。

到了公元前332年，亚里斯多德的学生亚里山大·马其顿占领了埃及，他在尼罗河三角洲所建立的亚里山大城不久就成为希腊化时期埃及的最大中心。在公元前323年亚里山大死去，埃及由他的一位将军统治着。

这位将军建立了亚里山大科学院，教育年轻人学习科学和艺术。科学院设立了博物馆，收藏大量藏书，还请来很多学者兼任老师，如数学家欧几里得、机械学家阿基米德。

在亚里山大科学院中化学还不是一门独立学科，只是古埃及教堂祭司们所掌握的“神秘艺术”的组成部分。人们所了解知道的只是加工和仿制贵重金属的知识，充满了宗教迷信色彩。

经过一个时期以后，埃及人的“神秘艺术”的秘密便为一些学者所了解，到后来连希腊的手工业工人也知道了。这样古埃及所积累的实用化学知识就与希腊的哲学和手工工艺溶合在一起了。从当时自然观看，手工业者们把古埃及仿制黄金及贵重金属的技术，看成是一种金属“变成”另一种金属的真正艺术。

一般认为，“神秘艺术”的创立者是伟大的奥西里斯神或者最伟大赫尔麦斯神。在中世纪人们常把化学叫做赫尔麦斯的工艺，即秘密工艺。

关于化学一词，英文为 chemistry，最初见于佐西摩斯的著作，也可能来源于圣经。研究表明，来源于古埃及可能性更大。

“埃及”本义含有“黑色的土地”的意思，主要得名于那里黑色肥沃的土壤。而实现物质衍变的第一个步骤是“黑化”（炼金术语），因此化学又称黑化的工艺。

随着“神秘工艺”及有关手工业在化学方面的发展，许多化学工艺日趋完善，特别是冶金和金属加工，还有制药，染色工艺等都呈现良好势头。

古代另一巨大文化中心是罗马，古罗马帝国文化发达，人才云集，手工业繁荣兴旺。各种著作如雨后春笋，如《物性论》、《自然史》等，表明古罗马的自然哲学和化学工艺已达到很高水平。

《物性论》的作者是卢克莱修，他是德谟克利特的学生。书中有多种论述，谈到物质的永恒、物质的原子等。书中还特别论述了初始微粒的永恒运动。

《自然史》作者是小普利尼。这是一本内容广泛的百科全书。书中叙述了有关金属、矿物、玻璃等许多有趣的化学知识。

从今天化学进展观点来看，希腊化时期埃及和古罗马的实用化学成就不大。但是古代冶金、染色和制药方面是获得很大成就的。此三部分的手工艺化学成为后来化学发展的起点。

却说到了公元5世纪，版图辽阔、物力雄厚的西罗马帝国受到野蛮人的进攻而崩离析了。在意大利以至整个南欧开始了“中世纪的黑夜”。

自然科学也难逃厄运，很多科学家被迫逃往东方。一些科学中心因此转移到美索不达米亚和波斯。7世纪产生了新的宗教——伊斯兰教，阿拉伯人开始了征服世界的活动，缔造了历史上的阿拉伯大帝国。

最初阿拉伯人对被征服国家的文化和科学成果并不感兴趣，但此后不久，统治者从自身利益出发，重视自然科学了。如设置医生、哲学家、炼金家等职务，鼓励科学的发展。

到了公元8世纪阿拉伯炼金术开始兴起。它主要继承了希腊炼金术，但他们不用希腊拉丁语源的化学（英文 chemistry）一词，而用炼金术（英文为 Alchemy）这一名称。

阿拉伯炼金术早期著名人物一般都认为是贾比尔·伊本·海扬。他是一位学识渊博的学者，拥有多种著述。他认为物质基本就是冷、热、干、湿四要素，四种要素中的两两相配合便形成了世界上各种金属。他又提出两个特殊的金属元素硫和汞，认为硫是可燃性元素，汞是金属（光泽）元素。硫和汞是构成各种金属的两大成分。

如何从物质实体中分离四要素？贾比尔主张采用蒸馏手段。这是他在炼金术中所直接涉及到的化学操作。

总之贾比尔对金属的性质和化学操作方法有清楚的叙述。但由于当时条



件所限，大部分都充满神秘感。

更晚一些时候，另一位阿拉伯炼金家是拉译，他从事医学研究和炼金术实验。他是一位原子论者，赞同亚里斯多德的元素学说，他相信金属能够相互变化。

拉译首次对当时已知各种物质进行了分析，他把自然界分为动、植、矿三界的分类系统。此外他还提到了其他各式各样的物质，描述了化学器皿、各种实验仪器和实验方法。

在阿拉伯炼金史上还有一位著名医生，叫阿维森纳。他熟悉化学手工艺的方法，他广泛使用化学物品治病，并坚决否定一种金属变成另外一种金属的说法。他著的《医典》和《药剂书》被后人广泛传播，是很多医生行医用药的重要指南。

阿拉伯炼金术虽有一定的进展，但富有浓厚神秘色彩。因此，化学成为一门真正科学的希望变为泡影。幸而一些欧洲人这时能把阿拉伯人传播和发展的科学思想继承下来，使其未遭湮没。

进入公元 11 到 13 世纪，欧洲出现了一大批学者，主要是西班牙和意大利人。他们注意到阿拉伯文的著作中蕴藏着很多有价值的自然科学知识，于是便陆续地翻译介绍。这其中包括有一些神秘主义倾向较强的炼金术士的观点。

欧洲炼金术一开始就被封建帝王和教会所利用和操纵。他们在宫廷和教堂中升起炉火，驱使炼金匠日夜守候在炉旁，烟熏火烤，汗流浹背，为他们炼制“黄金”

他们通过炼制黄金一方面达到发财聚富的目的，另一方面在点化金银中，寻求延年不死的“神丹药”。对那些炼不出黄金的以及被怀疑隐瞒炼金秘诀的人们，则被送到监狱或干苦工，甚至处以死刑。对那些曾有过失败的炼金家则被套上镀金的衣服，绞死在镀金架上。

中世纪的欧洲，化学发展缓慢。炼金术士们对他们的方法严格保守机密。他们的秘方中充满着符号和隐喻，他们所用的原料，进行的化学反应和观察到的现象，令人如坠云雾。炼金术士中很多人不相信炼金术，而是一些十足的江湖骗子或者说是一些化学魔术师。

尽管如此，仍有人虔诚地、孜孜不倦地研究炼金术。

最有名、成就最显著的要数大阿尔伯特，即 A·马格努斯。他是德国人，他曾在巴黎大学阅读从希腊文和阿拉伯文翻译来的亚里斯多德的全部著作，是中世纪唯一对亚里斯多德全部著作加以注释的学者。他著有《炼金术》一书，其中记载了明矾、砒石、铅石、酒石等物质的变化。他曾经将雄黄与肥皂混合加热而制得单质砷。所以一些科学史家多认为他是元素砷的发现者。在其晚年对炼金术的虚妄有所醒悟，着力揭穿炼金术士的欺骗行径。

这一时期著名炼金家还有英国人 R·培根，他对实验有浓厚的兴趣。他发现灯在密封容器中必灭，便证明空气为燃烧所必需。他认为汞硫是原始物质，求是金属之父，硫为金属之母，金丹术应是制备某些灵丹妙药的“科学”，当灵丹妙药注入到金属或不完善的物体中时，就能变为完善物。

从 15 世纪中叶开始，由于印刷术的输入，炼金术的著作便大量出版，吸引越来越多的信徒。但炼金术时期真正有用的东西是不多的。它只记载了实验室使用的一些最简单的化学器皿和仪器，描述了一些普通的化学操作。理论上没有给以后化学进展带来起进步作用的实质性东西。

值得一提的是，在炼金术繁荣兴旺时期，欧洲各城市的手工业（包括化学手工业）发展迅速，如火药和枪炮的作用，雕刻艺术等。中世纪化学的实际进步，更多归功于手工业生产，而不是炼金术。

华夏炼金术始于秦汉之交。秦始皇统一六国之后，曾派人到海上求“仙人不死之药”。汉司马迁的《史记》生动记载汉武帝刘彻亲自派遣人到蓬莱，“事化丹砂，诸药齐（剂）为黄金矣”。

到了东汉以后，炼金术进一步发展起来，且与道教结合披上了一层更神秘的色彩。炼金道士们炼神丹妙药多选名山幽谷，旷野无人的地方。他们修炼足迹遍及华山、泰山、峨嵋等 28 座名山。这些地方以后便都成了道教圣地。

从隋代以后，华夏炼金术形成两个派别，一派强调修炼五金八石，炼制丹药，以外来药力捍人身体，坚人骨髓，称外丹派。另一派则继承了中国传统气功，认为“气能生存”，叫内丹派。与化学有关的炼金术一般指外丹派而言。

唐宋时期，炼金术发展到鼎盛期，用药品种大为扩展。实验操作更为复杂。炼丹设备从简陋的土釜、竹筒发展到铁质水火鼎、铜桶等。

到明代，由于一些皇帝、王公荒淫之外又追求长生益寿，于是炼丹术一度又出现回光返照，炼丹炼汞的人又活跃起来。但多数人已经不是虔诚的炼丹，而是一批江湖骗子，后逐渐为世人所唾弃。

华夏炼金术进行了几千年，成效甚微。在制造长生不老药和变贱金属为贵金属方面是落空了，然而在制药和某些实验技术方面却成效显著。这里略对炼金术做一概括总结。

理论上，炼金家的基本信条是物质可变，贱金属或其他物质可用人工变为白银或黄金，也可能变为使人长生不老的丹。这是从阴阳五行说推行而来的。这种想法有对的一面，请看：铅可变为铅丹，铅粉和水银可以变为丹砂，就是一种物质转变的化学过程。但是，要使一种元素变为另外一种元素，用炼丹家的方法是绝对办不到的。炼金家从汉代开始就无数次以实践来检验这个信念，然而终不能实现元素的转变。使人长生不老的金丹也是永远不会有。这是从几千年间用难以估计的人力、物力甚至生命才得出的结论。

经过炼金家的努力，对物质和物质间的变化有了进一步的认识：有汞易挥发，但得到硫磺则化合而成硫化汞（丹砂）就固定下来的记载；还有描述金的化学稳定性：“金入猛火，色不夺金光”的结论。

其次，中国炼金术有许多缺点，从东汉到明朝一千几百年间，炼金家所有的药品种类和使用方法局限性很大，只有汞、铅、硫等少数几样东西。例如加热硫酸盐、硫酸铁等可以产生三氧化硫，此物溶于水可得硫酸。有了硫酸就可以制得盐酸、硝酸和醋酸。可惜他们不知收集三氧化硫气体和量度气体的方法，做了无数次硫酸盐加热分解试验，也未得到硫酸。又如石灰是廉价易得的强碱，它和卤砂作用可得氨，和碱作用可得氢氧化钠。但中国炼金家就是不肯用石灰。

纵观炼金术，没有把古化学发展为科学化学，固然令人遗憾，但它却间接地促进了化学走上光明大道，为后人留下了宝贵的经验，多少又令人欣慰。

真是熠熠生辉，光芒闪烁，影响久远。

且说中世纪欧洲的炼金术，由于缺乏科学的基础，屡遭失败，逐渐使炼金术士感到绝望并成为人们嘲弄的对象，最后，即使在官方眼里也变得声名狼藉。及至 15、16 世纪以后，化学方法便逐渐在医药方面得到了卓有成效的

发挥。

这一时期，化学还只是医学以及其他专业的附庸，但它已显示出在推动科学与技术发展的巨大的作用。并为 17、18 世纪出现的一些卓越的近代化学先驱者开辟了前进的道路。

早在 14 世纪，有些医生已经使用炼金术士们炼出的药剂；很多炼金术士也认为炼丹术应该为制药作出贡献，而且认为金丹药不仅能医治不完善的金属，也能使人祛病延年。

在 15—16 世纪的医药化学中最主要的代表是冯·荷赫希姆，后他自称帕拉塞斯。帕拉塞斯生于瑞士，他是医生的儿子，自幼勤奋好学。他先在意大利获得医学博士，之后又被提升为大学教授，他有渊博的医学和化学两方面的知识，建议医学和化学合二为一，成立一门学科——医药化学，医学占主导，化学只为医学服务。

帕拉塞斯认为化学的真正任务是寻找各种治病的药物。他在著作中写道：“化学的目的并不是为了制造金子和银子，而是为了制造药剂。”他尖刻地攻击那些古代科学的信徒：“你们以为懂得了一切，实际上什么也不懂。你们开着药房，却不知道怎样制出这些药来……没有化学，你们就会迷失在黑暗里。”

帕拉塞斯还指出：物质是以盐（肉体）、水银（灵魂）和硫磺（精神）三种“元素”依不同的比例组成的。人类生病是因为体内缺乏这三种“元素”中的任何一种。因此，为了治病就要在人体注入所缺少的“元素”。他宣称，他的著作要用经验之功写成。为了纪念他在马塞尔城讲授医学的开始，他烧掉了古代著名医生的书籍。

帕拉塞斯和他的弟子们还进行了多方面的研究。例如无机物的分离、提纯等。同时，帕拉塞斯的一些研究也带来许多问题：用药过猛，断送许多生命；著术杂乱无章，充满奇谈怪论等。所以他的同代人对他有着不同的评价，有人说他是一位伟大的医生，有人说他是一个招摇撞骗的人。

但帕拉塞斯最终成功地医疗了一系列疾病，赢得了病人和医生的赞赏，根本改变了医学和化学的发展道路。他的成就必须肯定。

继帕拉塞斯之后，对化学发展贡献卓越的医药化学派知名人士中还有 A·李巴维和范·海尔蒙特。

A·李巴维是德国化学家、医生和炼金术士。曾担任内科医生和中学学监，大半生从事化学药剂的研制。他最主要的著作是《炼金术》一书，把制药学、炼金术、冶金学中的化学要点全包罗进去，并用“炼金术”一词概括化学的全部含义。他给“炼金术”下了这样的定义：“炼金术是通过从混合物中离析出实体，采制特效药物和提炼纯净精华的一门技术。”

《炼金术》一书内容丰富，是历史上第一本化学教科书。长期被医生和药剂师孜孜研究，影响颇大。

范·海尔蒙特是比利时化学家、生理学家和医学家。他最初习医，系统地阅读过古希腊的医学专著。他善于独立思考，很有见解，他对因袭守旧的医学进行了严苛的批评，使他树敌很多，推迟了人们对他学术见解的接受。他非常热衷化学，人们称他为“炉火术哲学家”，“炉火术”的含义就是化学。

医药化学上，他提出酶存在于所有活体器官和体液中，胃、肝及其他器官均含酶素，能引起消化和其他生理变化。海带灰能治疗甲状腺肿等。尽管

某些地方欠妥，但方向正确，后来由他的继承者加以发展，成为生物催化学说的起点。

在化学发展中，整个 17 世纪都是医药化学派的思想占统治地位。研究医药化学派的医疗方法，以及与之相联系的寻找矿物性药品，编写医药化学派的药方汇编和词典——都是这一时期医生和药剂师努力的主要方面。他们大多数人的工作只限于利用帕拉塞斯、李巴维和海耳蒙特的遗产。

医药化学派的代表人物对化学发展做出了一定贡献，但他们把化学的任务只局限于满足医学需要，因此不仅没有促进，反而阻碍了化学的发展。

中国医药化学的发展，同欧洲炼金术转变为医药化学大致相似。

我国现存的医药学典籍《素问》、《本草经》是中国最早的医书，基本上是周、秦、西汉医药知识的总结。《本草》是中国医药学的传统名称，起源于西汉。此后每个朝代都有固定《本草》。中国医药学的发展和炼丹术是分不开的。

由于本草学中对一些药物的来源、性质、制法及配伍的叙述，牵涉到广泛的化学知识，因而本草学成了中国古代化学的一个重要源泉。介绍几种有代表性的本草学书籍，从中可窥见一斑。

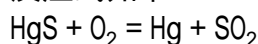
《本草经》，载有 365 种药物，包括植物药物、动物药物、矿物药物，较常见植物药有五味子、紫草（含紫染料）；动物药有麝香、牛黄等；矿物药有汞、石灰、云母等。对一些元素及化合物性质和化学变化描述较为正确，例如汞能和一些金属生成汞齐，将汞加热后缓慢氧化生成氧化汞；水银治疗疥疮较为有效等等。

明代李时珍的巨著《本草纲目》对我国古代本草学作了一次历史性总结，系统地阐述了我国劳动人民的医用化学知识。书中列有矿物药材 357 种，包括许多氧化物、硫化物、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、碳酸盐等的性质和制造方法，至今不失为世界上的珍品。

中国炼丹术为后世遗留下了相当丰富的矿物性医药制剂的丹方，这是它的一大贡献。值得指出的是，许多大名鼎鼎的炼金家几乎都兼为医学家。如东晋的葛洪、南北朝时的陶弘景、唐初的孙思邈都是著名医药兼炼丹家。

中国炼丹术以丹砂、铅丹以及雄黄为大药，因此它的医药化学成就比较集中在汞化学、铅化学与砷化学方面。

在汞化学中，首先应该提到水银的“升炼”。最初用很简单的低温焙烧法，反应式如下：



到了宋代又有很大改进，HgS 分解反应变为：



明代又有改进，改为廉价木炭，HgS 分解反应式为：



汞被医药学家广泛用来作为疡科药，前文有所简述，从略。在汞化学中成就很大的还有氯化汞：氯化汞有两种，一种是  $\text{Hg-Cl}_2$  叫升汞。另一种是  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ，叫甘汞。这两种丹药后来都成为重要的医药，清代升汞是广泛应用的疡科药；甘汞用作下利尿及疡科的药物。

在铅化学中，由于铅变化多端，所以对它的研究较广泛和深入。中国最早的人工铅制剂大概是铅粉，后来叫胡粉，即碱式碳酸铅。铅粉或金属铅在

空气中加热，很容易生成黄色  $PbO$ ，古代称黄丹。将黄丹进一步以猛火焙烧，即成为红色铅丹  $Pb_3O_4$ 。中国古代的“黄丹”与“铅丹”两名称往往混用。但它们的医疗效用基本相同。

有关砷化学，中国古代医药和金丹术很早就广泛地利用含砷矿物，其中有雄黄 ( $As_4S_4$ )，雌黄 ( $As_2S_3$ ) 等。值得一提的是砒霜  $As_2O_3$ ，孙思邈的《千金要方》中说它“以甘草煎，以粳米饭和研为丸，服之能治疟、心痛、牙痛”。事实上砒霜是剧毒药。此外中国古代砷化学中的最大成就还有单质砷的取得，具体过程略去。

中国是文明古国，历史悠久，文化灿烂，医药化学只是百花园中的一朵奇葩，胜利地完成了自己的使命。

欲知后事如何，且听下回分解。

## 第二回 燃素说东鳞西爪不可抹杀 拉瓦锡废旧立新独放异彩

波义耳指明化学方向，贝歇尔研究燃烧现象。普里斯特利发现一种神奇的气体，尽情地呼吸一下，顿时如醉如痴，这是什么东西？拉瓦锡抓住实质，氧学说应运而生。一时众说纷纭，一团糟中理头绪。

却说在中世纪的欧洲，天主教会占据着封建统治的宝座，无论文学、艺术和哲学都处于神学婢女的可悲境地。人们只能以《圣经》的教义和教会所许诺的几种学说解释一切事物。自然科学被禁锢着，发展极为缓慢。

17世纪下半叶，资本主义生产形式在欧洲有了很大发展，繁重的手工劳动逐步被各种机械装置代替。这种变化引起了欧洲各国旧的封建农奴制的生产关系的解体。

与此同时在意识形态领域也发生了巨大变化，占有统治地位的宗教经院哲学宇宙观崩溃了，带有机械唯物主义特点的资产阶级宇宙观产生了。

力学、数学、天文学和物理学都取得了重大成就。伽利略(Galileo)创立了力学，他的学生托里拆利发现了大气压力，帕斯卡(Pascal)继承了托里拆利的研究工作，惠更斯创立了光的波动学说，牛顿对力学和天文学做出了极重大的贡献。所有这些的发现和发明，宣告了第一次科学革命的来临。

各学会及科学院的成立促进了化学的迅速发展。如17世纪时，英国牛津大学和剑桥大学开始了教育改革，逐渐开设了自然科学课程。1702年剑桥大学第一个设置了化学教授席。

17世纪时还出版了许多重要的哲学著作，对自然科学的发展产生了影响。例如英国哲学家F·培根在著作中提出了实验科学胜过各种论证的科学。他宣称，进行有组织有计划的实验研究是科学研究的基本方法。培根的哲学观点首先在英国，接着在欧洲其他各国被普遍接受了。

在17世纪，古代原子论学说也开始复活了。但这种原子论学说，像当时的其他科一样，带有机械论的性质。法国科学家伽桑狄用机械论哲学来解释自然界的尝试，引起了人们极大的兴趣。

伽桑狄力图用原子的形状和大小来说明物质的各种性质，例如热是微小的圆形原子引起的；冷是带有锋利棱角的椎形原子产生的，所以严寒能使人产生刺痛感；固体是靠彼此交错的钩子连结起来的。伽桑狄同时承认原子和真空的存在，他把形成化合物的一群原子叫做分子。他的微粒学说在以后很多年中引起化学家们的重视，但没有得到进一步发展。

探讨和确定自然界中各种物质的基本组成和结构是化学的根本任务，如果占统治地位的仍然是医药化学派的传统和陈旧观念，那么化学就难以向前发展。

17世纪下半期科学中的新思想反映在英国人R·波义耳的科学工作和观念中。

他是一位著名的物理学家兼化学家，出身贵族，是一个富翁，自幼受到良好的教育。虽然经济生活优裕，但他并不追求享乐，而是把钱财用于科学研究。1646年起波义耳在伦敦自己家里修建了实验室并进行科学研究。

对于“化学是什么”这样一个大问题，他认为化学实验不单是为了制造贵重金属和医药，而应有更广泛的用途。化学是一门实验科学，没有实验，任何新东西都不能被进一步了解。

在化学研究中，他对物质的组成和结构进行了探索。用加氯化钡生成白色沉淀来鉴定硫酸，加硝酸银生成沉淀来鉴定盐酸，与氨作用生成蓝色溶液来鉴定铜盐以及其他等等，波义耳还使用了一些指示剂如石蕊液紫罗兰花等。

波义耳在科学实验中接触到许多同物质内部结构有关的现象。如液体蒸发和固体升华，它们可以弥散于整个空间；盐块溶解后可以通过滤布的微小空隙等。从而他相信物质是由数目众多的微粒所构成。粒子结合成各种粒子团，粒子团聚而成各种物体。粒子团的大小形状以及运动决定物质的各种物理和化学特性。粒子团作为基本单位参加各种化学反应。

波义耳的很多观点得不到大多数化学家的赞同。当时的伟大科学家中，只有英国的牛顿全盘接受波义耳的化学思想。牛顿对化学也很感兴趣，研究了很多化学问题。他发挥了波义耳的微粒学说，并以物质微粒间相互吸引和发生碰撞的假说来解释观察到的各类化学反应。

波义耳的观念为新化学的发展指明了方向。到了波义耳时期，科学已指明物质不是由“性质”组成，而是由化学元素组成的。为此，恩格斯曾对波义耳作了高度评价：“波义耳把化学确立为科学。”

在评价波义耳的贡献时，顺便提一下磷的发现。1669年德国一位炼金家因搞炼金而破产，他异想天开地把人尿来蒸馏，他把液体蒸干后的残渣烤干，发现一种发光的粉末，他认为是火素。很长一段时间他保守秘密，但他需要钱，于是卖给一位医生，这位医生利用此发明来做生意，赚得了大量的钱。1690年波义耳也知道了制磷的秘密，他在好几篇文章中描述磷的性质，只是在波义耳死后，大约1694年制造磷的秘密才被公布出来。

在古代，产生过许多火的学说。中国的“五行说”中，就提到了火；古希腊的“四元素说”的“水、土、火、气”中有“火”；古印度“四大说”的“地、水、火、风”中也有“火”等等。在古人看来，火是一切事物中最容易变化，最积极、活跃的东西。“火”是构成万物的本原物质之一。

13世纪后，欧洲的工业有了长足的进步。在很多工场中都广泛使用火，如冶炼、做肥皂、蒸酒精等。不同物质产生温度的高低，易燃性程度以及金属煅炼后变为灰烬会增加重量等等问题，引起了人们的重视和思考，迫切需要彻底弄清火及燃烧现象的本质。

大约在1660年，波义耳和挚友胡克进行了真正的燃烧化学实验：

把水炭或硫黄放在一个器皿中，用抽气机将里面的空气抽尽，然后将器皿强烈加热，木炭、硫黄却不能燃烧。把木炭、硫黄与硝石混合（即黑火药），即使在抽尽空气的条件下，仍会猛烈燃烧。于是得出结论：燃烧必须依赖空气和硝石中所含的某种共同成分。

1673年，他对金属煅烧增重的问题又进行了定量的实验研究。他把密闭容器里的金属加热，两小时打开密闭容器，物体的重量竟增加了。于是波义耳又作出结论：加热时有一种特殊的，超微小的“火素”穿过容器的壁进到了金属里，因而增加了它的重量。提出了如下公式。

金属 + 火微粒 = 金属煅灰

很显然，波义耳在实验中有一个极大的疏忽：只注意到了被加热物质本身的变化，而没有去研究被加热物的周围环境有何变化。具体地说，不应该把实验的瓶塞在加热后打开进行称量比较。因此，直到波义耳死后多年，伟大的质量守恒定律才由俄国学者罗蒙诺索夫创立起来，这是后话，暂且不提。

却说同波义耳一个时期的英国医生梅猷，通过燃烧和呼吸试验，对燃烧现象做了更进一步的推断：

将点燃的蜡烛，樟脑以及小活鼠置在水面木板上，然后用大玻璃罩扣在上面，发现罩中的空气逐渐减少，但蜡烛熄灭后，里面还剩下大量空气。由此他推算出，空气中含有两种微素，其中一种被蜡烛摄取而“消失”。

无论是波义耳和胡克的燃烧实验，还是梅猷的蜡烛燃烧实验，给予人们的普遍感觉是好象有某种东西从中逸出了。至于周围发生了什么变化，他们没有真正意识到。

到了1667年，德国医生兼化学家贝歇尔出版了一本叫《土质物理学》的书，对燃烧现象做了一番系统论述。他认为构成一切矿物、植物和动物的初始元素为土和水。其中土又可分为三类：“第一类土”是可溶的和石质的，“第二类土”是油质的，“第三类土”是挥发性的。

在解释燃烧现象时，贝歇尔认为燃烧是火分解燃烧物的过程。物质的可燃性是由于其中含有“第二类土”（油质的）。可燃的原因也可能是物质中含有硫。

到了贝歇尔的学生施塔尔，对贝歇尔的学说倍加推崇。重版了贝歇尔的著述，并加入自己的一些观点。他认为可燃的要素是一种气体物质，它存在于一切可燃的物质中。他把此种要素称之为“燃素”。“燃素”在燃烧的过程中，从可燃物中飞散出来，与空气结合，从而发光发热，这就是火。

有关金属煅烧的变化过程，施塔尔按下面的方程式来解释：

金属 + 燃素 = 金属煅灰

而按照后来的氧学说这一方程则为：

金属 + 氧 = 金属氧化物（燃素论者的石灰）

因此，燃素可以看成是“负”氧。

从18世纪初到该世纪末的一百年多年间，化学史上称这段时期为燃素说时期。燃素说的创始人一般认为就是贝歇尔和他的追随者施塔尔。

尽管燃素说有很多缺点和错误概念，但它能用统一的观点来研究和解释完全不同的现象，因而在一定程度上促进了化学的发展。到了18世纪70年代，氧气被发现了，燃烧本质终于真相大白，燃素说退出化学舞台，由此化学沿着正确方向、步入近代发展时期。

18世纪中期特别是下半期，燃素说遇到了严重危机。

这一时期在欧洲各国化学的发展是不平衡的。尤其在分析化学研究和气体实验基础上所获得的新的实验事实，同燃素说理论产生了尖锐的矛盾。

这一时期德国的大多数化学家持有燃素说的观点；在英国和瑞典，一批著名化学家则研究化学分析和气体问题，感觉燃素说不能自圆其说；在法国，化学取得许多重大发现和研究成果，导致了化学革命；俄国也首次走上了化学历史舞台，如代表人物罗蒙诺索夫，对化学发展做出了重要的贡献。

此外，18世纪英国发生了产业革命，资产阶级意识形态对化学发展也起了巨大影响。所有这些意味着化学革命的即将到来……

且说18世纪的俄国，自然科学和数学都开始了系统的研究工作，但最初没有正规的科学机构，也无著名科学家。化学也同样如此，很多化学品要从国外进口。

1725年在彼得堡成立了科学院，罗蒙诺索夫就在科学院工作。

罗蒙诺索夫出生于俄罗斯北方的一个农民家庭，童年时靠自学学会了文



法和算术，之后离家去莫斯科，在一所希腊——拉丁学院学习。不久，他被派到德国学习物理学、化学和外语。毕业后回到俄国。1745年当选为俄国科学院院士并担任化学研究室负责人。1748年按照他的计划建立了化学实验室。

罗蒙诺索夫非常喜爱的科学是化学，特别是理论化学，他把它命名为物理化学。他承认物质微粒的存在，认为微粒的不停运动是发生物理现象和化学现象的原因，这里他根据的是物质和运动不灭定律。

罗蒙诺索夫的科学研究正处于燃素说兴旺时期，在研究工作中他不可能忽视当时占主导地位的燃素说。但是他不是把燃素看成无重量或具有负质量的轻微气体，而是物质实体。在他的著述《论金属光泽》一书中，他指出：“铁在酸中的时候，从里冒出可燃气体，它不是别的东西，而是燃素。是由溶液与金属分子摩擦而分离出来的。”这种论点后来同科学家卡文迪什关于燃素本质的结论相同，曾在科学界轰动一时。

除了理论上有了新的见解和观点外，罗蒙诺索夫还进行了一些出色的实验，其中重新认识波义耳燃烧化学实验最为有名。

罗蒙诺索夫改变了波义耳的称量方式，他在实验前和实验后都不打开瓶塞，而把瓶子和金属一起称量。结果发现，当没有外界空气进入瓶中时，金属的重量保持不变。由此，罗蒙诺索夫得出结论：当金属炽热时，和金属结合的并不是什么臆想的神秘微素，而是存在于瓶里空气的一部分：金属上所增加的重量应该等于空气中所减少的重量。这就是质量守恒定律。

罗蒙诺索夫是燃素说时期第一位最重要的科学家。他的化学研究工作已经使燃素说呈现了危机。可惜当时俄国远离世界科学，未能起到他应有的作用。

再说17世纪中叶，人们对于“气体”、“空气”两者的认识很模糊，很笼统。多数人认为空气是独一无二的气体元素，其他气体仅是空气的不同形式，并且气体不参与化学反应。

到了18世纪，随着一些化学家和医生们对燃烧现象的深入研究，气体的多样性和空气的复杂性逐渐被人们认识到了。尤其氢气、氮气、氯气和氧气等的发现，以及水、碳酸气等化学组成的确定，形成了燃素说时期的气体化学。

值得一提的是，化学家们之所以能发现和研究各种气体，很大程度归功于一位英国牧师，叫黑尔斯。他发明了一种制取和收集气体的装置，叫气槽。他利用他的气槽（产气部分与接受部分是分开的）收集干馏木材所放出的气体。由于当时他墨守传统说法，认为收集的气体不过是空气，因此没有着意对它们进行化学鉴定。

第一位气体化学家是英国爱丁堡大学的化学家布拉克（Joseph Black）。

布拉克最初是一位医生，他的研究当时都是同医学研究有关的，他先是格拉斯哥的大学教授，后转到爱丁堡大学任教。他讲课时喜欢用实验来佐证，为人和蔼，所以听他讲课的人特别多。

1755年，布拉克在爱丁堡哲学学会的年会上，宣读了一篇题为《关于镁石·石灰石及一些碱性物质》的实验论文。在论文中，他提出了用定量方法研究气体。

他把石灰石加热变成生石灰，再用酸与它们作用。石灰石遇酸产生气泡，而生石灰遇酸则没有这种现象（石灰石为 $\text{CaCO}_3$ ，生石灰为 $\text{CaO}$ ）。他把这个

差异用天平称重的方法检查一下，于是测出生石灰的重量比石灰石减少约一半。他判断是由于某种气体从中逸出。这种气体，他称为“固定空气”。

接着他用“固定空气”同石灰水作用生成白色沉淀，即构成最初的碳酸盐。增加的部分和损失的部分相等。这就表明气体是实物，一种气体能做一种固体的组成部分，毫无神秘之处。

“固定空气”就是碳酸气。布拉克发现碳酸气的方法可称为定量方法的典范。

布拉克关于碳酸气的研究，其另一重要贡献是初步揭示碱的苛性的本质。过去对碱的苛性的解释，认为它具有亚里斯多德的所谓“火素”。布拉克把石灰石加热变成了苛性石灰，不但没有火素进入，而是有“固定空气”放了出来，他用石灰水加入温和性碱，草木灰汁（ $K_2CO_3$ ），就成了强碱（苛性钾），明确了这是碳酸气在起作用，而同火素无关。由此他断然否定了燃素说。

由于碳酸气溶解于水，因此布拉克始终未能收集到纯净的空气。到了他的同胞卡文迪什，则对碳酸气研究得更深入了。他用集气法成功地收集到纯净的碳酸气。并证明与木炭燃烧后产生的气体相同。到了1774年，化学革命的杰出人物拉瓦锡，才最终证明“固定空气”是碳的氧化物，即 $CO_2$ 。

却说布拉克的同胞英国科学家卡文迪什。

卡文迪什是一位自学成名的科学家，凭借自己顽强的毅力，他掌握了丰富的科学基础知识，而且获得了重要的科学成果。他的一生有五项不朽的工作：氢气的发现和性质；碳酸气与水的关系；水的化学组成；硝酸的组成；惰性气体的存在。

卡文迪什关于气体的实验是：他把气体收集到装满水的瓶中（瓶倒置在没有架子的集气槽里），使气体通过水下面的漏斗向上流，从而把一瓶中的气体转移到另一瓶中。

卡文迪什还发现，如果空气中含有占总体积  $\frac{1}{9}$  的“固定空气”，就会使蜡烛熄灭；酒精吸收“固定空气”的体积是其本身体积的  $2\frac{1}{4}$  倍，等等。

在关于可燃空气中，卡文迪什提出用稀硫酸或盐酸与锌、铁等金属作用来制取氢。他发现“不管用什么酸来溶解同样重量的某种金属，均得到同量的同样气体”。

卡文迪什还进行了其他多种实验，后文还将涉及一些，这里从略。

前文已对碳酸气的发现作了详述，下面谈谈氢气、氮气、氧的发现：

对氢气的发现，大多数人认为卡文迪什的贡献最大，但其他人的功劳也不可否认。17世纪时，海尔蒙特和波义耳等也曾偶然接触过它，除了知道它可燃烧外，别的所知甚少，也没有将此种气体离析、收集起来。1766年，法国药剂师勒梅里在一篇著述中讲的就是氢气，他用铁、锌等金属同盐酸作用制得氢气，并用排水集气法收集起来；还发现氢气同空气混合后点燃会发生爆炸。及至1781年，科学家普利斯特里将氢气和空气放于封闭的玻璃瓶中，用电火花引爆，发现瓶内有小水珠，表明氢是水的一种成分。1782年，拉瓦锡又做了一些实验，提出水不是元素而是氢和氧的化合物，纠正了长期以来水是元素的错误概念。1787年拉瓦锡正式命名氢（Hydrogen），并确认氢是一种元素。

氮气的发现也是很多科学家努力的结果。1755年，布拉克在实验中已经发现除“固定空气”外，还有其他剩余下来的气体。于是叫他的学生卢瑟福去研究。卢瑟福以动物作实验，把老鼠放在密闭容器里，直到老鼠闷死后，发现容器内空气体积减少 $1/10$ 。他又用燃烧白磷来除去剩余的那部分气体，效果甚佳。他对剩余气体得出结论：不能维持生命，可熄灭火。与此同时，英国的普利斯特里也发现了氮气，但他错误地认为是普通空气。1772年，瑞典化学家舍勒也从事火和空气的研究。他做了如下试验：

蜡烛在一定体积的洁净空气中可维持80秒之久，如在空气与“劣质空气（氮气）”的等比混合气体中大约可燃烧26秒左右。因此，可以说舍勒是氮元素的真正发现者。

氧的发现是一个愉快的发现。最初用纯净氧气对其化学性质进行初步研究的是舍勒。遗憾的是舍勒相信燃素说，总把自己的发现和试验现象同燃素说联系起来，不敢提出创见，因此没有突破。最早发现氧的人当中，值得称道的是普利斯特里。普利斯特里做了很多有关空气放电的实验，年复一年地研究空气的组成问题。1774年8月1日，他把氧化汞放在玻璃容器中，用不带燃素的聚光镜加热，发现很快放出一种气体来。起初，他以为就是普通空气，可是当他把这种气体收集起来后，却惊奇地发现“燃烧的蜡烛在这种气体里光焰耀眼，火焰非常之大”。后来，他亲自吸了一口气体，顿时感到特别愉快，特别舒畅。可惜他仍没有冲破“燃素说”的束缚。最终认识氧的是拉瓦锡。大约在1777年，拉瓦锡把它正式命名为“Oxygen”即氧。

且说除了碳酸气、氧气、氮气、氢气四种被深入研究的气体外，对其他气体的了解也比以往广泛了。

气体化学的其他成就可以说绝大部分是普利斯特里取得，因为他发明排汞集气法。普利斯特里研究了硝石气（氧化氮），他把一氧化氮加到空气里，再用碱液吸收生成的二氧化氮，结果用来实验的空气体积减少 $1/5$ 。此后不久，他用硝石气作用于湿铁末，得到了氧化二氮（ $N_2O$ ）。

普利斯特里还有其他几项发现：他用硫酸作用于食盐，制得了氯化氢气体；把氯化氨与石灰混合加热，制得了氨气。稍后，他制得了二氧化硫。

同普利斯特里同时代的化学家舍勒对气体的研究也卓有成效。有必要先介绍一下他的生平。

舍勒是瑞典人，他长期在药房工作，完全靠自学不断完善自己在化学和药学方面的知识。他的科学工作是在很困难的条件下进行的：他在私人药房工作，做科学研究只能在工作完成后悄悄进行。在他临死前，他自己才拥有一家药房。舍勒的科学成果是丰硕的。

舍勒对氯的研究可以说引人注目。1771—1774年他在研究一种软锰矿时，发现它不溶于硫酸和硝酸，但易溶于盐酸中，同时冒出一股令人“肺部极为难受”的黄绿色气体。经过研究，了解到此种气体微溶于水，使水呈酸性，并且有漂白作用。能使蓝色石蕊试纸几乎变白。另外它还能腐蚀金属，杀死昆虫等。舍勒认为是一种“失燃素盐酸”，因而没有最终确定它是一种元素物质。

舍勒在分析化学和药物化学上也同样著名。如酒石酸、柠檬酸、苹果酸的制得，二氧化锰的研究等等，以后涉及到再叙述。

除了普利斯特里和舍勒外，德国矿物化学家马格拉夫用硫酸与萤石相互作用得到“氟酸空气”。苏格兰解剖学家克留向克在普利斯特里的研究基础

上，真正认识到 CO 可以燃烧，且呈现蓝色火苗。

且说近代化学之所以突飞猛进，日新月异，很大程度上依赖 18 世纪分析化学的发展和取得的成就。

分析化学是研究物质的化学组成和分析方法的一门科学。它的发展揭示了一系列新的单质和化合物，极大丰富了人们对化学变化的认识，尤其是定量的了解，为一些化学定律的建立打下了坚实的基础。

早在医药化学时期，对溶液的定性分析已有一定的进展。到了波义耳时期，波义耳根据自己长期的经验，注意到火不能单一地鉴别一切物质。因此，他开始用特定的化学试剂，通过特定的化学反应来鉴定物质。如用硝酸银与盐酸生成白色沉淀来鉴定盐酸，用酸碱指示剂来判定物质的酸碱性等。

这一时期，溶液中的化学反应已开始被广泛研究，其中很多便为分析化学所利用。德国科学家霍夫曼提出以硫酸检验钙质，以氯化铵检验碱质，以硝酸银检验水中的岩盐及矿泉水中的硫；格劳贝尔发现氯化银溶于氨水；孔克尔研究石灰与氯化铵作用放出氨的反应。这一时期，分析检验的方法有了新的突破，从过去利用物质的物理性状为主，发展到广泛利用化学反应为主。分析检验方法的多样性、可靠性和灵敏性都大大提高了。

整个 18 世纪，由于工业的巨大发展，推动了地质学、地球化学的发展，而这些学科又以分析化学为前提。所以分析检验的要求越来越高，分析检验也从定性检验逐渐发展到较高级的定量检验，以前起过重要作用的干法吹管法，逐步到走向系统化的湿法定性分析。

有关溶液中的化学反应，前一时期对常见的三种矿物酸与一些金属溶液间的反应，了解的比较清楚了。而对碱类与金属溶液间的反应则所知甚少，因此需要通过分析化学，来进行认真的研究。

德国人马格拉夫，是 18 世纪著名的定性分析化学家。他继承前人的工作，系统地研究了金属溶液同碱液及氨水反应时所显示的品性。

马格拉夫最重要的成就是分辨  $K_2CO_3$ （来自草木灰）与天然碱（即苏打， $Na_2CO_3$ ），通过他的认真研究，焰色检验就成为鉴别这两类盐的手段了。

却说黄血盐的发明，可谓为分析化学提供了一个非常重要的试剂。最初是一个叫狄斯巴赫的德国涂料工，偶然中他用草灰和牛血一起焙烧，然后经浸取、结晶的手续后，得到一种黄色晶体，并发现它同铁溶液生成鲜艳的蓝色沉淀，是一种良好的涂料。但他的老板，一个涂料商却对此法严格保密，并把它以“普鲁士蓝”的名字出售，直到 1725 年制法才被公开。马格拉夫大约在 1745 年才自己合成了此种试剂。他用此试剂检测出石灰石、矿泉水里的铁质。

在燃素说时期，一些新的元素和化合物被发现，新试剂和新的分析方法也大大丰富起来。如瑞典科学家波兰特介绍有关钴的反应，并系统总结金属溶液对氨水的反应。

18 世纪，分析化学蓬蓬勃勃地发展，这就需要化学家把它系统化。瑞典著名的分析化学家贝格曼经过努力，解决了这一问题。贝格曼一生陆续编著过很多书，全是系统总结当时分析化学发展所取得的成就的，成为研究分析化学发展史的重要资料。

从贝格曼的著作中可见到不同物质的不同鉴定方法。例如以硫酸鉴定钡（即硫酸中的硫酸根离子同钡离子反应，生成白色硫酸钡沉淀），以肥皂水检验酸类及碱土等办法。贝格曼还规定了湿性分析的更详细的步骤。正确使

用酸碱试剂的方法也应归功于他。因此直到今天在分析化学中仍保留他所倡导的一些反应。

尽管贝格曼为分析化学的发展提供了一些好的见解和观点，但他的实验数据的准确度却比较差。他的同时代人瑞典医生文策尔所测的实验数据，其准确度大大超过贝格曼，现摘录如下，以做为那段时期定量分析的典范。

化合物	组成 (%)		
	文策尔数据	贝格曼数据	理论值
盐基 硫酸钠晶体 酸	19.5	15	19.2
水	24.3	27	25.0
	55.2	58	55.8
盐基 硫酸镁晶体 酸	16.9	19	16.3
水	30.6	33	32.6
	52.5	48	51.1
盐基 硫酸钾晶体 酸	54.8	52	54.05
水	45.2	40	45.95
	—	8	—

且说在 18 世纪中期，尽管燃素说统治着整个化学领域，但已有不少化学家开始对其怀疑。当时是资产阶级革命时期，法国科学繁荣昌盛。因此，欧洲其他的许多科学家都赞同法国科学家所提出的许多发现和新的科学原理。

法国资产阶级革命时期在化学发展方面，拉瓦锡起了重要的作用。

拉瓦锡生于 1743 年 8 月 26 日，他受过法律教育，但却对自然科学，尤其化学特别感兴趣。拉瓦锡 21 岁时，写出一篇关于城市燃灯最好方法的论文，受到法国科学院的赞许，给他颁布了金质奖章。25 岁时，拉瓦锡被选为科学院化学助理。

拉瓦锡擅长思考，博学多才，从不轻信别人的“理论”。他一生中发表过 200 多篇论文，这些论文很少写他自己直接发现什么科学，而是把别人的发现加以归纳，摸索其中的规律，提出一些新的理论。

拉瓦锡做了这样一个实验：在一个玻璃瓶中倒进水，再装上一套循环装置，使水在加热时变成水蒸气经过冷凝管，重新回到瓶子里。事先，拉瓦锡称了一下玻璃瓶和水的重量，加热 101 天之后，水中出现不少沉淀，拉瓦锡重新称了玻璃瓶和水的重量，结果发现总重量不变。

拉瓦锡把自己的实验结果写成论文《论水的本质》。他指出，那些沉淀，几乎等于玻璃瓶本身减轻了的重量。“土”（当时分析成分跟玻璃相似）是玻璃溶解于水又沉淀出来形成的，并不是什么火跑进水中变土。

1772 年，拉瓦锡又进行了金刚石加热试验。把金刚石密封在粘土烧制的管子里，在与空气隔绝下加热，结果没有发生变化：于是又把它放在密闭的罩子里，以大透镜聚焦加热，结果罩内空气减少 12%，金刚石的重量发生了损耗，用澄清的石灰水检验密封用水时，出现了白色沉淀，说明金刚石燃烧同木炭一样，产生了相同的“固定空气”。从而得出金刚石与木炭是同素异形体。

1774 年，拉瓦锡做了著名的锡铅煅烧实验。发现装在曲颈瓶中的锡和铅

加热前后，其总重量没有变化。最后他打开瓶口，发现有一股空气冲进了瓶中，于是重量有所增加，而增加的重量恰与金属由于部分变为煨灰所增加的重量相等。因此得出煨灰是金属与空气的化合物。

同年，拉瓦锡在巴黎会见了普利斯特里，当他得知普利斯特里发现了一种令人心旷神怡的气体后，便立即重复了普利斯特里的实验，并得到了同样的结果。这种气体就是氧气。

1777年，拉瓦锡用实验阐明他对大气组成的见解。他认为大气中，不是全部空气都可以呼吸的；金属焙烧的那部分空气，最适宜呼吸；剩下的部分是一种“碳气”，不能维持动物的呼吸，也不能助燃。

从1777年开始，拉瓦锡公开明确地起来反对燃素说。他在一份报告中写到：“化学家从燃素说只能得出模糊的要素，它十分不确定，因此不能用作任何解释。有时这一要素是有重量的，有时它又没有重量；有时它是自由之火，有时又是与土素相化合之火；有时它透过容器的微孔，有时它又不能透过。它能够用来同时解释碱性和不存在碱性、透明性和不透明性、颜色和不存在颜色。它是真正的变色虫，每时每刻都在改变它的面貌”。

1777年9月5日，拉瓦锡提出了划时代的具有深远意义的论文《燃烧概要》，建立了燃烧的氧化学说，主要内容如下：

1. 任何燃烧都放出“热质”或光。
2. 物体只能在纯净空气中燃烧。
3. 任何燃烧都是纯净空气的分解，而燃烧所增加的重量恰好等于所吸收空气的重量。
4. 燃烧时燃烧物变成为酸……如果在钟罩中燃烧硫，则燃烧的生成物为硫酸。……

值得研究的是第4条原理。因为拉瓦锡据此创立了成酸元素与燃烧物化合生成酸的理论，且把成酸元素命名为“Oxygen”（即氧）。但他的酸理论与许多已知事实不相符合，如盐酸就是不含有氧，这时拉瓦锡就凭着臆想来解释，他认为盐酸含有特殊的物质盐酸素，以氧化物形态存在于盐酸中。

拉瓦锡氧学说的建立，使燃烧的秘密终于露出真实面目，从此燃素说一蹶不振，直到最终销声匿迹。可谓化学史上一次革命。

再说拉瓦锡在驳斥燃素说和建立氧学说的过程中，受到一些因循守旧势力的批评，因此他必须做新的实验，进行新的总结，进一步证明反对他的意见是错误的。

1785年左右，拉瓦锡着手编写《化学概要》一书。用氧学说的观点系统地论述、阐明他所发现的事实，并解释已知的现象。其目的是为未来的化学家打下新的理论基础。

在写这本书的过程中，他面临着一些原则问题。首先是如何介绍元素的概念，为此，他否定了长期流传下来的四元素说和三元素说。跟以前化学家不同，拉瓦锡没有先提出元素的抽象定义，然后再按定义来取得实验结果。他谈论简单物质时说：“化学正在走向自己的目标，正在不断完善起来，不断地把物质分解，细分再细分；但是我们不知道什么是成功的极限。我们不能断言，今天被认为是简单的物质，它就是真正的简单物质。我们只能说：“某种物质是化学分析法不能再分的极限，我们现代化学知识已不能进一步把它再分了。”

拉瓦锡在进一步论证元素时又说：如果元素表示构成物体的简单或不可

分的分子，那末我们可能不知道什么是元素。相反地，我们把元素与化学分析最后达到极限的概念联系起来，那么我们现在用任何方法都不可以分解一切物质，对我们来说，就都算是元素了。

根据拉瓦锡这一理论，第一张元素表诞生了。元素分为四大类：

1. 简单物质，普遍存在于动物、植物、矿物界，可以看成是物质元素：光、热、氧、氮、氢。

2. 简单的非金属物质，氧化物为酸：硫、磷、碳、盐酸素、氟酸素、硼酸素。

3. 简单金属物质，被氧化生成可以中和酸的盐基：铈、银、砷、铋、钴、铜、锡、铁、锰、汞、钼、镍、金、铂、铅、钨、锌。

4. 简单物质，成盐的土质：石灰、镁土、钡土、铝土、硅土。

从这张表中可以看出，拉瓦锡列出了 23 种简单物质，三种酸素，5 种土素和 2 种不可称重的流体。表中有明显的不合理处，例如把金属归入成酸一类，把土素当成简单物质。这些都是由于当时实验条件和认识上的局限性，对元素的认识仍很模糊，但此表是科学史上首次把简单物质（元素）进行分类的尝试，其深远意义，必须肯定。

且说拉瓦锡在写《化学概要》时，所碰到的另一个问题是制定化学命名法。因为当时化学物质的命名法，一直沿用炼金术时期与物质的实际组成毫不相干的炼金符号，可谓东鳞西爪，混乱不堪。人们只能机械地死记硬背才能掌握物质的名称，但这些物质的种类却正在不断增多，并且不同的人有不同的叫法。

于是拉瓦锡就同当时法国著名化学家德莫沃、贝托雷、孚克劳合作，组成巴黎科学院命名委员会。1787 年委员会所制定的命名法发表了。

命名法以普通物质的命名为基础，名称表和分类表是由拉瓦锡自己编写的。命名法规定：每种物质必须有一个固定的名称，如氧（英文为 Oxygen）、氢（Hydrogen）、氮（Azot）；元素的名称必须尽可能反映其特征或特性；化合物的名称必须反映它所含的元素；酸类和碱类用其所含元素来命名，如硫酸、钾碱；盐类用构成它们的酸和盐基来命名。直到今天，此化合物命名原则仍被采用。

化学革命由于《化学概要》一书的出版，宣告结束。《化学概要》产生了广泛的影响，使化学科学从此开始了一个新纪元。

再说拉瓦锡，尽管他使近代化学走向理论化、系统化，被誉为“近代化学之父”，但结局却非常悲惨。1794 年 5 月 8 日是个令人悲痛难忘的日子，拉瓦锡被指控为“在士兵的烟草中掺水”，而被残暴地杀害于断头台，终年 51 岁。临死前，拉瓦锡曾要求道：“情愿被剥夺一切，只要让我做化学实验，就心满意足了。”然而，他的要求没有得到同意。

拉瓦锡死后，人们很惋惜。著名数学家拉格朗日说道：“他们割下拉瓦锡的头，只不过一刹那之间的事，但是不知在 100 年之内，世界上还能不能再长出一颗像他那样的头。”

却说拉瓦锡及其他一些化学家的卓越研究，给了整个化学界强烈的启示，激起他们对这门科学的高度热情。先谈一谈从 18 世纪末到 19 世纪间拉瓦锡在法国的拥护者。

在拉瓦锡的著名支持者中，首先应该提到的是德莫沃。他是一位教授，研究的主要是化学分析和化学工艺方面的问题。最初他支持拥护燃素说，后

来他首先提出化学命名法的概念，并赞成拉瓦锡的氧学说，在与拉瓦锡合作制定化学命名方面起了主要作用，其功不可没。

还有一位化学家孚克劳，他是拉瓦锡氧学说的坚定支持者，其主要功劳是通过各种途径，进一步促进氧学说在各国的广泛传播。

拉瓦锡最著名的支持者应算是贝托雷。贝托雷自青年时就对化学产生了浓厚的兴趣，积极研究有关方面的问题。1785年，他首先承认氧学说，并同拉瓦锡一起进行有关的试验。此外贝托雷在分析盐水的基础上，提出了化学亲合力的理论，贝托雷还首次把质量概念同各种化学反应联系在一起，并认为根据反应质量的不同，各元素能以任意比例相化合，引起同普鲁斯特的论战，这是后话，暂且不提。

却说在法国化学家中，年轻一代的代表当推沃克兰，他曾当过孚克劳的实验员，凭借顽强毅力和勤奋好学，后来他成为名教授。沃克兰是化学分析学派的杰出人物，在无机化学和有机化学等领域有一些独创的实验，以结果数据准确而著称。

除以上三位著名化学家外，还有一位科学家值得介绍，叫路布兰法。他发明了制碱法，即将硫酸盐和煤和石灰石共热以制碱。有人称赞路布兰法说：19世纪的化学工业史就是路布兰法的兴衰史。

法国的化学发展蓬蓬勃勃，欧洲各国也不例外，化学家十分的活跃：在英国有人们熟悉的卡文迪什、普利斯特里、布拉克，在瑞典有大名鼎鼎的舍勒和贝格曼。至于其他国家，研究工作也呈现出兴旺的景象。

在德国，这一时期著名化学家首推克拉普罗特。他从事实验研究的精确性可同沃克兰相媲美。1789年，他在沥青铀矿中发现了新的土素，其中含有铀。同年，他又得到了铍。大约1792年，他在一种石头里发现一种金属元素，定名为钛。1797年，他在研究铬铅矿时，证实了铬的存在。

在俄国，代表人物除了前面介绍的罗蒙诺索夫外，还有一位重要人物罗维茨。他的功绩有：发现和研究了镨，了解了铬、钽和其他金属化合物。

随着化学的发展，化学家们关心的问题出现了，如化合物的内部结构和化学亲和力的性质；如何用数字表示各种元素和化合物的性质等等。基本化学定律的确立，已迫在眉睫。

化学亲和力学说：

有关物质内部结构，自古流行微粒学说，说什么粒子间的结合是一种爱与憎之类的超然力，荒唐可笑得很。

18世纪后期，牛顿的力学理论赢得普遍赞同，于是化学界有的化学家便很自然地把亲和力归结为万有引力的一种。但是，化学家们不满足于个别的、定性的解释，而是希望有人能列出一张反映各种物质间相互反应能力的亲和力表。

1718年，法国巴黎的药剂师日夫鲁瓦发表了一张亲合力表，在表中，他试图比较各种不同酸和碱的亲和力。

1775年，贝格曼精心设计的亲和力表可算最为齐全，表示出了59种物质在溶液状态及熔融状态下所表现出来的不同亲和力情况。它把亲和力分为同种物质间的“聚集吸引”和异类物质间的“化学吸引”两类。“化学吸引”又分为两种类型：一种是“单向置换反应”；一种是“复分解反应”。

到了1799年，贝格曼的亲和力表受到贝托雷的抨击。但在以后一段时间里，却导致了酸碱当量定律的研究。



### 酸碱当量定律：

在各类化合物中，人们首先理解到的是关于盐的组成。在盐的形成过程中，含有一种酸和一种碱，酸碱间的中和反应是否存在某些规律和定量关系呢？这是化学家们孜孜不倦研究的问题。

1766年，卡文迪什把中和同一重量和某种酸所需的各种碱的重量称之为“当量”。温采尔在大量分析的基础上，观察到酸和碱以固定的比例相互作用的当量比。他们都为酸碱当量定律的确立做出了贡献。

到了18世纪末，德国化学家里希特对酸碱反应进行了大量的研究。在他的著述中，他明确提出所谓的互比定律或当量定律。他说：“任何化合物都有其固定的组成，化学反应中反应物间必有定量的关系。”如果两种元素，生成一种化合物，因元素的性质总保持不变，所以发生化合反应时，定量的一种元素总是需要确定量的另一种元素。即这种性质也是恒定不变的。”例如溶解2份石灰如需5份盐酸，那么溶解6份石灰，必将需要15份盐酸。

到了1802年，法国化学家费歇尔把里希特的见解加以完整清楚地总结，并且把里希特的许多数值归并成为单一的一张表，即相对于1000份硫酸的酸和碱的当量表。

1803年，法国化学家贝托雷在其《化学静力学》中，将费歇尔的表及部分注释译成法文，至此酸碱当量表为世人所知

### 定组成定律

从拉瓦锡到18世纪以后的化学家，在一系列实验中，逐渐意识到反应物与产物之间有确定的重量比例关系，每种化合物都有确定的组成。这一基本规律，被化学家们自觉不自觉地运用到实际工作中去。但真正以此为专题，进行更广泛、更系统、更精密研究的，是法国的一位药剂师普罗斯特。

普罗斯特研究了多种物质的化学组成，他分别从西班牙和日本取来朱砂进行分析，结果发现，它们有完全相同的化学组成。

他又对贝尔加湖的盐，太平洋的盐，或是岩盐、井盐进行分析，得出它们含有的钠和氯也是一定的。对于水中氢和氧的含量，他分别做了类似的试验，其结果也是一样的。

于是普罗斯特得出结论：“两种或两种以上元素相化合成某一化合物时，其重量之比是天然一定的，靠人为不能增减。”

与此同时，普罗斯特的学说遭到了贝托雷的激烈反对。他认为化合物的组成是不定的，它随着制取方法的不同而不同，或随着用于合成的原料的相对重量不同而有所改变。贝托雷举出玻璃、合金等混合物，为自己的论据辩护。

最终，前后进行了8年的争论，普罗斯特获得了胜利。原来贝托雷所谓的化合物的不定并非纯净物，而是混合物。现在人们把普罗斯特的结论称为定比定律或定组成定律。

### 倍比定律

且说在1800年，英国青年化学家戴维发表了一篇研究报告。报告列出三种氮的氧化物（ $N_2O$ 、 $NO$ 及 $NO_2$ ）的重量组成。经过换算，三种气体间与相同量之氮相化合的氧，其重量比约为1 2 4。

之后，道尔顿也进行了这方面的研究。他分别分析了 $CO$ 和 $CO_2$ 中碳氧之比和沼气（甲烷）同油气（乙烯）中碳氢之比。于是他得出倍比定律：“当相同的两元素可生成两种或两种以上化合物时，若其中一元素之重量恒定，

则其余一元素在各化合物中的相对重量有简单倍数之比。”

除了戴维和道尔顿外，瑞典化学家贝采乌斯和法国化学家杜马都为倍比定律的最后确立，提供了重要的实验数据。

欲知后事如何，且听下回分解。

### 第三回 微观探奥妙原子越雷池 天才靠勤奋化学竖丰碑

自学成才，道尔顿成了近代化学之父。各种学说、定律，原子论的种子长出幼芽。门捷列夫的周期律与“伟大的一天”，稀土元素被纷纷发现。预言变现实，非一日之功。

且说人们在分析物质的性质时，总是先看表象，然后再接触到它的内部。我们平常所接触到的物质，大多是混合物；人类一分钟也离不开的空气，便是氧气、碳酸气、氮气以及稀有气体组成的混合物，人类赖以生存的水，便是氢和氧以及钙、镁、铁等元素所组成的混合物。

如果我们用化学方法将这些混合物分离，便可以得到称为单质或化合物的纯净物了。如食盐是由钠和氯所组成的化合物；水是由氢和氧组成的化合物。但是，组成氯化钠的氯和钠，组成水的氢和氧，是否还由更小的质点所组成呢？

这就引起了一场争论：物质到底是连续的，还是不连续的？也就是说组成物质的微粒是有穷的，还是无穷的？

约在公元前 460 年，希腊哲学家德谟克利特就提出：任何一种东西，不管看起来多么均匀，总是由大量很小的微粒组成的。这种很小的微粒就是原子（英文为 atom 从希腊语 atoms 来的），意思是不可分割的。这种观点当时遭到柏拉图和亚里斯多德的反对。到了公元 1650 年，意大利科学家伽桑狄重新提出，并得到牛顿的支持。

1800 年以前，物质的微粒观念大体上建立在推测与直觉的基础之上。人们一方面看到物质处于永恒的变化状态；另一方面又不可动摇地相信实物是永恒存在的。它缺乏科学理论的基本特征，也没有严格的实验支持和验证，多少有点属于臆测。

17、18 世纪，原子论所以再度兴起，是由于对空气和真空所作的实验，以及工业革命中对机械运动的研究，人们对物质构造的见解又进入了一个新的时期。

且说科学大师拉瓦锡奠定了化学元素学说，但没有专门探讨原子论问题。而他的同代人，爱尔兰化学家希金斯经过多年研究，于 1789 年在他的一本著述中，阐述了自己的原子概念。他提出，元素的终极粒子具有一定的重量，在成为化合物时仍保持不变。因此他差不多推出了定比定律和倍比定律（前章已述）了。遗憾的是，他没有及时用分析实验来确证自己的设想，也没有求出各种原子的相对重量。所以只能把他看成是化学原子论的先驱。

到了 1808 年，一位英国中学教师道尔顿以非凡的科学洞察力对当时知名的几条化学定律提出解释，这就是后来为人们所熟知的原子论。

道尔顿 1766 年 9 月 6 日生于英国的昆伯兰城。父亲是位农民，后来当过纺织工人，家境清贫。道尔顿小时没受过正规的教育，他的学问主要靠自学得来。道尔顿从 15 岁起当助理教师，后来当中学校长，在教学的余暇，进行科学研究。

道尔顿沉默寡言，好学不倦。他从不轻易相信书本上讲的知识，而是抱怀疑的态度审视，经过独立思考或做了实验之后，这才加以吸收。

道尔顿很穷，没钱买仪器，他常常自己动手，用便宜易得的材料，制造各种精巧的土仪器。

道尔顿在科学上很有恒心，持之以恒。他对科学的贡献是巨大的，是多方面的。

物理学上，他发现混和气体的总压力等于各种气体分压之和，被称为“道尔顿分压定律”。这是物理上的事件，就不多叙。化学上，1803年发现了“倍比定律”，前章已叙，从略。

却说道尔顿的原子学说。由道尔顿引进的原子学说是科学发展史上最重要的里程碑之一。尽管物质由原子组成的假说由来已久，但只有道尔顿才使这个概念成为现实的、有用的假说。

道尔顿的原子学说主要内容如下：

元素（单质）的最终粒子称为简单原子，它们极其微小，是看不见的；是既不能创造，也不能毁灭和不可再分割的。它们在一切化学变化中保持其本性不变。

同一种元素的原子，其形状、质量及各种性质都是相同的，不同元素的原子在形状、质量及各种性质上则各不相同。每一种元素以其原子的质量为最基本的特征。

不同元素的原子以简单数目的比例相结合，形成了化学中的化合现象。化合物的原子称为复杂原子。复杂原子的质量为所含各种元素原子质量之总和。同一化合物的复杂原子，其组成、形状、质量和性质也必然相同。

道尔顿的原子说“一眼看去，并不显眼”，似乎平庸无奇。但在19世纪初，可谓具有划时代的意义。

道尔顿还设计了一整套符号来表示他的理论。道尔顿认为原子是球状，所以他设计的原子符号都是一些圆圈，图上还有各种线、点和字母，用来表现不同的原子。这些符号起到了一个原子模型作用，现在通常把它们称之为道尔顿球式原子模型。

在道尔顿进行原子研究的同时，人们已经知道水是唯一的氢和氧的化合物。道尔顿认为它是二元化合物（HO），从现在来看，道尔顿明显是错了。但是道尔顿利用拉瓦锡的有关水中氧和氢的分析结果，初步指定氧的原子量为7，虽不太精确，但指明了一个方向，明确了一个开端。

再说道尔顿1808年的著述《化学哲学新体系》一书。这本书是研究大气、混合气体、液体和固体的性质而讨论热的学说的。只是在最后一章介绍了化学原子论的基本原理。他把复杂原子依次分类如下：

1个A原子+1个B原子=C原子，C为二元化合物

1个A原子+2个B原子=D原子，D为三元化合物

2个A原子+1个B原子=E原子，E为三元化合物

1个A原子+3个B原子=F原子，F为四元化合物

上述道尔顿确定化合物组成的原则过于武断和随意，缺乏实验依据，因此很多化合物的原子组成被弄错了。读者不必当真，一笑置之，知道有此事罢了。

综观化学发展史，可以断言，近代原子学说创始人的荣誉非道尔顿莫属。难怪恩格斯对道尔顿在化学发展中的作用这样评价：“化学中的新时代是随着原子论开始的。”

道尔顿对他发现的倍比定律和确定原子质量最初并没引起足够的重视，是著名英国化学家汤姆逊在他的著作中，把道尔顿的学说介绍给其他科学家，使道尔顿的研究成果为人们所熟知。

但是科学家们对道尔顿的某些论点，特别是有关化合物组成持怀疑态度，因此有一段时间他们贬低道尔顿的功绩，并把一切功绩归之于他人。

最终，道尔顿的原子学说还是被人们广泛传播，为日后应用原子理论打下了基础。一位当代化学家说：“道尔顿的原子论虽然没有证明原子的存在，但继承和发展了古代原子论。……所有化学理论中，最为主要的是原子学说。”

且说 19 世纪初的化学，是在氧学说和化学原子论的基础上全面改造的时期。这一点反映到实验研究上，对未来化学发展有着重要的意义。

意大利著名物理学家伏特发现了电流；他的同胞伽法尼观察到了动物电；在英国解剖学家卡莱齐偶然从一点小事中注意电流能分解水，等等。所有这些都为电化学以及物理化学的发展开辟了道路。

英国化学家戴维是 19 世纪初最杰出的化学家之一。他家境清贫，自幼没受过正规教育，也是靠自学成才。他最初是以首次发现一氧化二氮（笑气）对人体的麻醉作用而驰名。他是英国皇家学会会员，获得了许多科学奖章。

戴维的实验是电解水。通过对氢、氧两种元素的研究，他得出氢的体积比氧的多一倍。1805 年戴维开始电解苛性碱，最初他试图从碱中电解出金属来，一次次都失败了，但他始终没有失去信心。一次偶然中，他取了一小块干燥的苛性钾，发现只在很短的时间内就受到潮湿空气的作用，于是戴维将苛性钾放到电极中间，通上电流，用此方法第一次制出了金属钾。当看到水银般可爱的钾球穿开苛性钾的表层，接触到空气引起一闪一闪的火花时，戴维兴奋地手舞足蹈，在屋里跳了起来。随后戴维又用同样的方法制取了金属钠。

戴维是电化学创始人之一。通过戴维的实验和理论研究，物质的化学性质与电状况开始有了直接的联系。

19 世纪初叶，人们已经接受了道尔顿关于组成物质的最小质点是原子的观点，因此原子成了时髦的东西。但原子是个什么样子，它到底有多大，有多重，谁也说不清楚。

当时，人们对气体研究得比较多，因为气体可以量体积，这总比称量来得方便。法国物理学家兼化学家盖吕萨克就是专门从事气体研究的。

1804 年盖吕萨克乘坐气球进行地磁与高度的研究；1805 年他去国外旅行，归来后便着手分析从南美洲采集回来的空气样品。他进行了氢氧化物时体积比的试验，试验结果是：当氢过量时，与 100 份体积氧完全化合的氢是 199.89；当氧过量时，100 份氧与 199.8 份氢相化合。这一事实促使他进一步去探讨其他气体反应是否也表现出类似的简单的体积比关系。结果他居然发现都具有简单整数比的关系。例如，1 体积的氧与 2 体积的氢化合成 2 体积的水蒸气：

氧 + 氢 水蒸气

又如，一氧化碳与氧反应就生成二氧化碳：

一氧化碳 + 氧 二氧化碳

于是在 1808 年，盖吕萨克综合实验结果，做出如下结论：“各种气体在相互发生化学反应时，常以简单的体积比相结合。”盖吕萨克还进一步发现，气体在化合后，气体体积的改变（收缩或膨胀）与发生反应的气体体积间也有简单的关系。这就是盖吕萨克的气体体积比定律。

却说盖吕萨克的气体反应体积定律给了道尔顿的原子学说以有力的支

持。但却遭到道尔顿的拒绝和反对。道尔顿反驳的理由是：不同物质的原子大小必定不同，因此在相同体积内，不同气体物质不可能含有相等数目的原子；如果在相同体积中不同气体的原子数目相等，那么每 1 水原子中就应只含半个氧原子。因此道尔顿指责盖吕萨克实验数据不够确切，靠不住。

后来随着一系列精确的实验证明，不是盖吕萨克的定律不正确，而是道尔顿当时的实验技术远不如盖吕萨克。最终解决原子学说和气体体积比定律这一矛盾的钥匙却为阿佛加德罗掌握了。

阿佛加德罗是一位意大利科学家。他既熟悉道尔顿的原子学说，又了解盖吕萨克的气体体积比定律。在道尔顿指责盖吕萨克的时候，他已意识到道尔顿理论上的错误，引进当时人们不太熟悉的分子概念作为补充。

阿佛加德罗将化合物分子与元素单质分子加以区别，他得出了后来被叫做阿佛加德罗定律的原理：“气体物质的体积与它们所生成的分子数目之间存在着极简单的比例关系。任何气体所生成的化合物分子的数目在同体积下总是相当的，在不同体积下，则与体积成正比。”

阿佛加德罗定律把盖吕萨克气体体积比定律解释了一番。然而很遗憾，阿佛加德罗分子假说在当时化学界几乎没有引起反响。许多著名化学家对阿佛加德罗的论文简直不屑一读。

阿佛加德罗定律只适用于气体，但阿佛加德罗本人却企图将其推广到固体。用了一些与事实不相符的无稽之谈，支持他的人越来越少，到后来他的理论差一点被人们遗忘了。只是到了 1833 年，才由法国化学家高丁重新阐述，并用于确定原子量，方被人们接受，这是后话，暂且不提。

且说在化学原子论的发展中，瑞典化学家贝采里乌斯起了极其重大的作用。

贝采里乌斯先是学医，获得医学博士学位。之后在大学化学实验室工作。获得医学和药学教授后，他仍不忘化学研究工作。贝采里乌斯的工作主要特点是：观察精确，描述清晰，具有严密性与坚持性。

贝采里乌斯对当时化学的每个分支都有深邃、渊博的知识，他在很简陋的实验室里，曾对大约 2000 种的化合物和矿物进行了准确的分析。尤其为计算原子量和论述其他学说提供了丰富的科学实验依据。

贝采里乌斯对道尔顿在原子量测定中的武断假设表示怀疑，于是他时刻注意用其他科学实验成果来旁证。他对盖吕萨克的气体体积比定律表示基本赞同，他积极用各种事例来支持。

1814 年，贝采里乌斯发表了第一个原子量表，列出了 41 种元素的原子量，分析数据更加丰富和精确。

他在改善化合物的命名方法时，采用了许多物质新名称和各种化学术语。他为化学制定了元素符号，采用了化学式和方程式。

在化学原子论的发展过程中，贝采里乌斯最早采用了字母为化学元素符号。他以每种元素的拉丁文名称的开头字母作为元素符号。例如：Si 为硅、C 为碳、O 为氧、S 表示硫等。他还规定每一个元素符号在化学式中各代表一个原子。

在制订化学式和反应方程式来表达元素的组成时，他最初是用加号把某一化合物中的各元素连接起来，例如铜的两种氧化物为  $\text{Cu} + \text{O}$  和  $\text{Cu} + 2\text{O}$ ，硫酸的组成为  $\text{S} + 3\text{O}$  等等。后来他又简化了化学式的书写法，把化合物组成中表示其原子数目的数字，写在右上角，例如把二氧化碳写为  $\text{CO}^2$ ，把三氧化

硫写为  $\text{SO}^3$ ，水写为  $\text{H}^2\text{O}$ 。其后化学家又把原子数目移在右下角。

1819年，法国两位科学家杜隆和普蒂发表了以他们两个人名字命名的杜隆—普蒂定律。他们在研究单质的比热后发表论文，认为他们发现了许多固体单质。他们还说贝采里乌斯对化学式的确定有错误，并以此准则对贝采里乌斯的很多原子量进行了大胆修正，结果各有对误。杜隆—普蒂定律虽然不准，但对原子量的选择起了一定的帮助作用。

却说差不多与此同时，德国青年科学家米希尔里希发现了同晶型定律。有关晶体的同晶现象在米希尔里希以前人们已有所知了。早在1784年，近代结晶学奠基人，法国矿物学家阿维就断言：“物质间结晶形状的一致性可能暗示着化学组成的一致性。”1816年，盖吕萨克从钾明矾结晶在铵明矾的溶液中可正常地继续长大中，得出两种明矾具有相同晶形的结论。

米希尔里希于1819年宣布了同晶型定律：同数目的原子以相同方式即得同晶型。例如酸式磷酸钾 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 与酸式砷酸钾 ( $\text{KH}_2\text{AsO}_4$ ) 的晶型是相同的。前者的晶体浸于后者的饱和溶液中，可以继续长大。

很快米希尔里希就把同晶型定律应用于原子量的修订与测定。虽有所突破，但很多问题依然没有解决。1828年，化学家们通过原子热容定律和同晶型定律把钾、钠、银的原子量正确修订了。钠原子量为23，钾原子量为39，银的原子量为108。

对于原子量的测定，还要提到法国著名化学家杜马。他15岁当学徒，16岁在业余时间进行化学实验，27岁便开始了研究原子量的测定。杜马生性敏锐，洞察力极强。通过实验和观察，他意识到阿佛加德罗对于原子与分子的区分及有关分子的论述有深刻的意义。

他发明了极简便的蒸气密度测定法，以此来测定挥发性物质的分子量。此外他还试图用分子量计算原子量，但在此课题中，他接受了阿佛加德罗学说中的不确切部分，他规定氢的原子量为1。因为氢气是双原子分子，这样一来，凡是单质气体都成了双原子分子。

对于杜马的测定结果，贝采里乌斯没有接受，因为他始终坚持不承认单质多原子分子的存在，而杜马自己很快也承认他的假定是不全面的，并且宣称“通过蒸气密度测定原子量是不可靠的”。

在1815年与1816年的《哲学年鉴》杂志上载了两篇匿名文章，文章中说道：元素（还有化合物）的原子质量是氢原子质量（等于1）的倍数，并且应该是整数。这一文章的作者是英国化学家普劳特。

普劳特在第一篇文章中指出，许多元素的原子质量能被4除，因而提出这样的假定：是不是一切简单物质都是由氢原子和氧原子组成的？在第二篇文章中，他明确谈到初始物质（母质），并且认为初始物质（母质）应该是氢。其他元素的原子量都应是氢原子量的整数倍，原子量偏离整数是由于实验误差造成的。

普劳特假说不仅对他的同时代人，而且对后一代的化学家产生了深刻的影响。杜马在1840年与另一位化学家斯达仔细地重新测定碳的原子量之后（ $\text{H} = 1, \text{C} = 12$ ），转而倾向普劳特的假说，他们相信常见元素的原子量是符合普劳特假说的。

不过斯达在以后进一步研究中，又认识到这一假说是不能成立的。然而杜马在1859年发表的一篇论文中，再次支持这一假说，他认为可把已知的元素分为三类，其中一大类元素的原子量，当令  $\text{H} = 1$  时，是氢的整数倍；第

二类元素的原子量，当令  $H=0.5$  时，则是氢的整数倍；第三类，当令  $H=0.25$  时，则是氢的整倍数。

杜马认为氢原子是 4 个氢元粒子的牢固结合体，在化学反应中总是不分解的；其他元素的原子也是氢元粒子的牢固结合体，其数目多数是 4 的整倍数，少数是 2 的整倍数，个别的是第三类。

但斯达进一步对原子量的测定，仍表明有些原子量不是 0.25 的整倍数。到了 1860 年，面对斯达令人信服的实验结果，杜马不得不宣布承认普劳特学说的失败。

普劳特的假说完全被化学家们抛弃了，并逐渐被遗忘，但谁会想到半个世纪以后，科学家们发现了同位素，普劳特的见解再度放出了光彩。

且说 19 世纪前半叶的 50 多年中，虽有很多人致力于原子量的测定，但由于没有找到合理的办法，使原子量的测定陷入了困境，推测和人为规定司空见惯，化学符号的应用、化学式的表示方法，更是各行其是。

戴维、盖吕萨克、李比希等甚至怀疑测定原子量的可能性；有人甚至对原子学说也发生动摇，表示怀疑了。原子学说既然处于这种危机中，阿佛加德罗的分子论当然就更少有人问津了。

1855 年，意大利的一位化学家鉴于当时的境况，重读了阿佛加德罗的论文后，认为要澄清一些化学现象，非得采用阿佛加德罗的学说不可，这位化学家就是康尼查罗。

康尼查罗，生于意大利巴列摩，15 岁开始学医，19 岁学习化学，21 岁参加著名的西西里起义，失败后侨居法国，26 岁任一所大学的物理化学教授。意大利统一后，康尼查罗回到罗马大学任教，不久被选为议员。

1858 年，康尼查罗在一本科学杂志上发表了一篇题为《化学哲学教学大纲》的论文，概述了阿佛加德罗假说在数学中的应用。

他根据阿佛加德罗假说和利用测定蒸气密度的方法，得出存在着单质分子的结论；他根据对水银及其挥发性化合物蒸气密度的测定，建议将另一位化学家日拉尔所取的原子量增加一倍；他还根据金属的原子价，金属与烷基化合的能力，论证了必须改进许多金属离子的理由。

康尼查罗还明确指出：“在不同的分子中同一元素的含量不同，这些不同含量都是某一种单位量的整数倍数，这种单位量在化合物中不能再分，理应把它叫做原子。”这一原理被称做康尼查罗原子定律。

康尼查罗的主要功绩在于他使阿佛加德罗假说获得了新生，并且坚持不懈地把它应用于分子量和原子量测定的工作中去。

再说 1860 年 9 月 3 日在德国卡尔斯鲁厄召开的国际化学会议，这次会议由德国化学家凯库勒等人发起，其目的是，希望在化学式、原子价和元素符号的采用上得到一个统一的意见。

会上争论很激烈，杜马说有机化学与无机化学是两个截然不同的领域，应有各自的原子量系统；另一位化学家欧德林则力主每一元素只能有一种原子量。会议的结论却是：“科学上的问题，不能勉强一致，只好各行其是罢了。”

在这次会议散会时，一位意大利化学家帕维西散发了康尼查罗的《化学哲学教程提要》，由于他据理分析，论据充分，方法严谨，对盖吕萨克、杜马的有关错误一一加以澄清，并为确定原子量提出了一个非常合理的、令人信服的途径，因此很快得到了化学界的赞许和承认。



康尼查罗的《提要》谈些什么呢？大家想必要知道，转录几段如下：

“……只要我们把分子与原子区别开来，只要我们把用以比较分子数目和重量的标志与用以推导原子量的标志不混为一谈，只要我们最后心目中不固执这类成见，以为化合物的分子可含不同数目的原子而各种单质的分子都只含一个原子或相同数目的原子，那么，阿佛加德罗分子理论和已知事实毫无矛盾之处。”

他还明确指出：“据我看来，近来化学之进步，已经证实阿佛加德罗和杜马的假说……即等体积的气体中无论单质或是化合物，都含有相同数目的分子，但它绝不是含有相同数目的原子。”

他还说：“应用阿佛加德罗的假说，即使物质的组成尚不知道，还是可以测定它的分子量的。”

康尼查罗的《化学哲学教程提要》是用意大利文写成，读者有限。化学家迈耶尔就用他的观点，用德文及时写成《现代化学原理》（1864年）。许多化学家就从这本著作中获知了阿佛加德罗的观点和康尼查罗的论证。

至于阿佛加德罗学说令人信服的“实验”证明，首先是由法国著名物理学家佩兰做出的，测得一克分子（摩尔）物质中的分子数为  $6.85 \times 10^{23}$ ，实验相对误差为 3%。

在之后的数年间，先后又有几十位物理学家对该常数进行了测定：英籍新西兰科学家卢瑟福，用  $\alpha$ —粒子实验法测得为  $6.2 \times 10^{23}$ ；英国物理学家布拉格，用 X—射线法测得为  $6.0228 \pm 0.001 \times 10^{23}$ ，（因此获得 1915 年诺贝尔物理学奖金）。通过用不同方法测得如此吻合的结果，阿佛加德罗的假说当然令人叹服了，从此他的这一“假说”被尊为定律。

却说自 18 世纪中叶至 19 世纪中叶的一百多年中，随着生产和科学实验的大发展，平均每两年半左右就有一个新元素被发现，到 1869 年已有 63 种元素为科学家们所认识。

关于各种元素的物理及化学性质的研究成果也积累得相当丰富了，于是科学家们便提出：地球上究竟有多少种元素？怎样去寻找新元素？各元素之间究竟是否存在着一定的内在联系？

1829 年，德国化学家德贝莱纳首先开始对元素的原子量和化学性质之间的关系进行研究。

他提出了三元素组规则，他确定的三元素组有：Li、Na、K；Ca、Sr、Ba；Cl、Br、I；S、Se、Te；Mn、Cr、Fe。同组的元素不仅性质相似，中间一个元素的化学性质介乎它前后两个元素之间，而且其原子量也差不多为前后两元素的算术平均值。

1854 年，美国科学家库克把元素分为六系；1857 年英国化学家欧德林又发表了一个把元素分为 13 类的分类表。可惜他们都只列出了一些现象，没有能做出任何逻辑性的解释。

到了 1862 年，法国科学家尚古多提出了关于元素性质就是数的变化的论点，他作出所谓的螺旋线图。

他把元素性质用螺线表示出来加以对比，他在圆柱体的表面上划上螺线，与底面成 45 度角，然后用垂线在圆柱体上分成 16 格（氧的原子量为 16）。

他将已知的 62 个元素按原子量大小循序标记在绕着圆柱体向下的螺旋线上，性质相近的元素出现在同一条垂直母线上，如 Li—Na—K；S—Se—Te；

Cl - Br—I 等。

于是他提出了元素性质有周期性重复出现的规律。

应该说，螺旋图是向揭示周期律迈出的有力一步，但它缺乏精确性，所以最终没有被化学界接受。

1865年，英国工业化学家纽兰堡把62个元素的原子量按递增顺序排列，发现从任意一个元素算起，每到第八个元素就和第一个元素的性质相近，与八度音程相似，所以他把此规律称为“八音律”。

“八音律”揭示了元素化学性质周期性的重要特征。它的缺点是没有考虑到原子量测定值会有错误，也没有估计到还有未发现元素的存在，没有留出空位，只是机械地按当时的原子量大小将元素排列起来，这样做往往就把事物的内在规律掩盖起来了。

但是“八音律”向周期律的发现又迈出了可贵的一步，因为纽兰兹已觉察到，原子量递增顺序排列时元素性质上有某种重复关系。

正在这个时期，一位天才的科学家大胆地拨开化学上的迷雾。他就是伟大的俄罗斯化学家门捷列夫。

门捷列夫1834年出生于西伯利亚。父亲是一所高级中学校长。祖父是西伯利亚第一家报纸的出版者。在西伯利亚，一个政治流放者指导门捷列夫学习科学并使他对科学产生了爱好。

门捷列夫中学毕业时，考试成绩在全班名列第一。不久，他父亲去世，母亲把他带到莫斯科，然后又带他到彼得堡，希望他能进入大学学习。

1850年，门捷列夫考进彼得堡的中央师范学院学习，他的母亲在同年死去。1855年，他被派往一所中学任中学教师。1857年任彼得堡大学的副教授。1859年到国外进行研究，参加了在卡尔斯鲁厄召开的国际化学家代表大会。

1862年初，门捷列夫回到彼得堡，从事科学著述工作，第二年当选为技术学院的教授，完成了《论酒精与水的化合作用》的博士论文。从1867年起，门捷列夫担任了化学教研室主任。

1868—1871年间，他为学生编写《化学原理》一书，在编写过程中，发现了元素周期律。1890年3月，门捷列夫因同情学生运动而辞职，由于他的自由观点，他未能被选为科学院士。

1907年1月20日清晨5时，门捷列夫因心肌梗塞与世长辞，死时坐在椅子上，面前的写字桌上是一本未写完的科学著作，手里还握着笔……

门捷列夫的一生是光辉的一生，这从葬礼上足可证明：

长长的送殡队伍，达几万人之多。在队伍的最前面，既不是花圈，也不是遗像，而是由两个学生举着的周期表，上面写着各种化学元素符号——“C”、“O”、“Fe”、“Zn”……人们在追悼会上，反复引述门捷列夫的格言：“什么是天才？终身努力，便成天才！”

回过头来，再说门捷列夫的元素周期律：

1867年，门捷列夫着手著述一部普通化学教科书，他所遇到的一个问题是，如何用一种合乎逻辑的方式，组织当时已知的63种化学元素。

在几次不妥的开头后，他想起一个主意，将性质类似的元素归并成族，分成各章去写。他专心研究了各种元素的性质，把元素的性质做了一套卡片，上面记载着元素的原子量、化合价和化学性质等等。

1869年2月，他从事卤素、碱金属和碱土金属各章的写作。

他根据原子量大小的顺序，将这些族中的各相似元素逐个排列出来。

F=19	Cl=35.5	Br=80	I=127
Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133
Mg=24	Cu=40	Sr=88	Ba=137

门捷列夫沿着上面的线索深入推敲，他发现性质截然不同的 Cl (35.5) 和 K (39)、Br (80) 和 Rb (85) 在原子量差值方面很相近。再深入研究其他元素，发现也存在着同样的联系。

于是，他就发现了相似元素，依一定间隔出现的周期性。所有这一切都是在 1869 年 3 月 1 日完成的，即所谓“伟大的一天”。

同年 3 月 6 日，门捷列夫阐述了他关于元素周期律的基本论点：

- (1) 按照原子量的大小排列起来的元素，性质上呈现出明显的周期性。
- (2) 原子量的数值决定元素的特征，例如 S 和 Te 的化合物，Cl 和 I 的化合物等，既相似，又呈现明显的差别。
- (3) 应该预料到，还有许多未被发现的元素，例如会有分别类似铝和硅，原子量介于 65 至 75 之间的两个元素。
- (4) 当我们掌握了某元素的同类元素的原子量之后，有时可以修正该元素的原子量。

门捷列夫通过周期律表，初步实现了使元素系统化的任务，全表有 66 个位置，尚有 4 个空位只有原子量而没有元素名称，门捷列夫预示，今后一定能发现与原子量相应的元素存在。

新生事物的产生往往不是一帆风顺的，会遭到攻击和非难，元素周期律的发现也同样如此。

一些知名学者，甚至他的老师齐宁也不支持他的研究，曾告诫他是不务正业。在这种压力下，有些人便知难而退了。

但门捷列夫还是深信自己研究工作的重要意义，不顾名家的指责、嘲笑，继续对周期律进行深入细致的研究。1871 年，他又发表了《化学元素的周期依赖关系》一文。

他果断地修改了第一张元素周期表，使原来的周期表由竖行改成横排。这样更加突出了化学元素的周期性。

在同族元素中，他采用了另一位化学家迈尔的见解，划分为主族和副族；他把以往预言元素的空格，由 4 个改成 6 个，并预言了它们的性质。

他给元素周期律下了定义：“元素（以及由元素所形成的单质或化合物）的性质，周期地随着它们的原子量而改变。”

门捷列夫在发现周期律和制订周期表的过程中，不顾当时已公认的原子量，改排了某些元素（Os、Ir、Pt、Au；Te、I；Ni、Co）的位置，还根据一些元素的合理位置，修订了原子量（In、La、Y、Er、Ce、Th、U）。

除此以外，又先后预言了 15 种未知的元素，后经科学研究证明，基本上是正确的。总之，周期律为寻找新元素，提供了一个理论上的向导。

门捷列夫周期律的发现，使化学又一次渡过了它的迷惘时期，化学家们终于走出浓雾弥漫的山间深谷，开始向科学顶峰攀登了。

因此，恩格斯评价说：“门捷列夫……完成了科学上的一个勋业。这个勋业可与勒维烈推算尚未知道的行星（天王星）的轨道一事相媲美。”

却说门捷列夫与同时期的化学家比较，高明的地方在于他对化学元素的性质以及原子量之间的关系，获得了规律性的认识。这可以从修订某些元素的原子量和预言一些元素的性质得以证实。

以铀为例，当时公认其质子量为 116，误认为是三价元素。但门捷列夫根据铀的氧化物，同铊、铋、钨的氧化物性质相似，该四种元素的单质也相似，它们当属一族，因此判断铀为六价，于是将原子量修订为 240，并放在了正确的位置上。这一数值与现代值 238.07 相差不大。

根据类似的判断，门捷列夫还修订了 La、Y、Er、Ce 及 Th 的原子量。

门捷列夫以周期律为基础，对当时公认的一些原子量提出了重新精确测定的建议，可举铂族元素为例：

当时公认金的原子量为 196.2，而 Os、Ir、Pt 的原子量依次为 198.6、196.7、196.7。若以此，金在周期表中应排在 Os，Ir，Pt 之前，但门捷列夫根据金的性质，认为它应排在三者之后，因而建议重新测定金的原子量，结果得出 Os，Ir，Pt，Au 的原子量分别为 190.1、193.1、95.2、197.2，事实证明门捷列夫的意见是正确的。

门捷列夫发现了化学元素周期律，并据此科学地预言了一些未知元素的存在，这是门捷列夫在研究周期律上，远高于同期其他人的另一个重要方面，也是科学理论用于指导实践的典型事例。

1875 年，法国化学家布瓦斯博德朗在分析闪锌矿时，从中发现了一个新元素，他命名为镓，并把他所测得的关于镓的一些主要性质，简要地发表在一家科学报上。

可是不久，他收到门捷列夫的来信，在信中，门捷列夫指出：他在报告中关于镓的比重有错误，不应是 4.7，而应在 5.9 和 6.0 之间。

布瓦斯博德朗大惑不解，因为他是当时独一无二手中握有镓的人，而门捷列夫何以能有这种指责？

于是他再一次提纯了镓，重新测定其比重，结果居然确实为 5.94。这使他大为惊讶和叹服。布瓦斯博德朗怀着激动的心情，在另一篇论文中写道：“我想没有必要再来说明门捷列夫这一理论的巨大意义了。”

门捷列夫根据周期律，成功地预言了“类铝”（镓是其中一个），这是化学界的骄傲，也是周期律第一个回合的胜利。

1880 年，瑞典化学家尼尔森发现了钪，这正是门捷列夫预言的“类硼”。

1885 年，德国化学家文克尔发现了另一个元素锗——这也是门捷列夫预言过的“类硅”。

文克尔看到自己发现的锗与门捷列夫的预言如此一致，大为惊叹，立即将它和预言作了对比。见表：

门捷列夫预言的“类硅”和文克尔发现的锗对比

1870 年门捷列夫预言类硅	1886 年文克尔对锗的测定
原子量约 72	原子量 72.3
比重 5.5	比重 5.47
这种金属几乎不和酸作用但可 和碱作用	锗很难和酸作用,但在熔融时极 易和碱作用
原子价 4	原子价 4
氧化物比重约为 4.7,它极易溶 于碱,并易被还原为金属	氧化锗的比重是 4.703,易溶于 水碱,并可用碳还原为金属
这种金属与氯的化合物应是液 体,比重约为 1.9,沸点约为 90	氯化锗是液体,比重为 1.887, 沸点是 86

预言的兑现,极大地鼓舞了门捷列夫,他又在 1889 年预言了“类碲”元素。到了 1898 年,“类碲”元素终于被玛丽·居里发现,即放射性元素钋。这是后话,暂且不提。

门捷列夫的周期律,经受住了实践的考验,获得了初步的巨大的胜利。

却说门捷列夫所预言的尚未发现的元素(镓、铊、锗)性质得到了证实,使化学家对寻找新元素发生了广泛的兴趣。但是惰性气体一族元素的发现,完全是出人意料的。

门捷列夫曾预见:在氢和锂之间有一个元素存在,但他没能够预估到是惰性元素。

1882 年,英国剑桥大学的科学家瑞利着手研究大气中各成分的密度,经过 10 年的努力,他确定了氢和氧密度之比不是 1:16,而是 1:15.882(现代值是 1:15.874)。

当研究氮气时,他感到迷惑不解。瑞利先是把空气反复通过红热的装满铜粉的管子,清除掉氧气部分,测得氮气的密度。其后他又把氧氮的混合气通过赤热的氧化铜,使氮氧化分解,生成氮气和水,再测定氮气的密度。

结果发现,两种来源的氮气密度,竟相差 5/1000。于是他提出了好几种假说,解释造成两种密度不一致的原因,但没有引起广泛的注意。

只有苏格兰的著名化学家拉姆赛,注意到了瑞利的实验,并要求共同研究这一问题。

当拉姆赛对大气氮进行光谱分析时,他发现,在光谱中除了已知的氮谱线外,还清楚地观察到一种未知的红色与绿色的光谱线,毫无疑问,在大气氮中含有某种未知元素。

这时他们想起了卡文迪什过去做过的一种试验:卡文迪什让含有充足氧气的空气通过放电,以便“固定”(氧化)全部氮气,但是结果剩下的 1/20 的氮气不能被氧化。

两位科学家在研究这种剩余气体时发现,它的密度比氮气的密度大得多。

这年 8 月,在英国牛津召开的自然科学家代表大会上,瑞利、拉姆赛宣

布了他们的重要发现。大会主席提议给这个新气体元素命名为氩（Argon），其意思是“懒惰”、“迟钝”的意思。

在氩在 1894 年被发现后不久，又发现了一个惰性气体元素——氦。它的发现过程是这样的：1868 年，法国天文学家让森在印度观察日蚀时，摄下了太阳色球层的光谱，发现了一种与钠的黄色谱线不相吻合的谱线。

两个月后，英国天文学家洛克耶和费兰克兰一起研究日蚀时，又重新发现了不属于任何已知元素的黄色谱线，他们推测这是太阳大气中特有的元素谱线。

新元素被命名为氦（英文为 Helium），希腊文原意是太阳。

在太阳大气中发现氦以后的 25 年中，有关氦的发现，仍充满了趣闻。例如 1881 年意大利人帕尔米报道，他自维苏威火山岩放出的气体中发现了氦。

到了 1895 年，拉姆赛和他的助手读到美国一位化学家有关氦的报告，他声称，在研究沥青铀矿时，发现了一种惰性气体，于是拉姆赛重复了他的实验，并把收集到的气体，进行光谱检验。

拉姆赛看到了明亮的黄色谱线，差不多与钠的色谱线相吻合。他便把气体标本寄给英国化学家克鲁克斯，请予判断。

很快就收到克鲁克斯的结果，这种气体就是氦，至此，第二个惰性气体被完全承认。

另外几个惰性气体元素的搜寻是由特拉费斯完成的。

最初他到各种稀有矿物中寻找惰性气体，都宣告失败了，于是设想它们隐藏在空气中，就用液态空气作原料，采用分馏法来离析。终于，1898 年 5 月他用光谱法发现了一种新气体，取名为（氦），含有“隐藏”的意思。

之后，经过不懈的努力，又分别发现了另二种惰性气体，就命名为“氖”，含有新奇的意思。“氖”，含有“陌生”的、“异国人”的意思。

且说在周期表中，按照原子量的大小，氦应排在氢锂之间，但在当时没有这么一族。拉姆赛认为：一般来说，周期表中相邻各元素随着原子量的增加，性质也是逐渐变化的，然而从氢到锂，尤其是从氟到钠，从氯到钾性质变化异样剧烈，令人感到反常。因此他相信，一定有一个以氦为首的惰性气体元素新族存在。

拉姆赛开始了极其艰难的研究工作。首先他把氖、氩、氦、氙四种惰性气体从空气中离析出来。然后采用液态氢作为致冷剂，其他气体在低温下都凝固了，唯有氦仍为气体，于是氦也被分离出来。

至此大气中分离各种惰性气体的壮举宣告圆满成功。这样，五个惰性气体便形成了周期表中的一个完整新族——零族。

零族元素的发现，进一步丰富了周期律的内容，使周期律又经受住了一次考验。

且说在周期表第三族中，包括钪、钇和全部镧系元素，共 17 个成员，被称为稀土元素，是周期表中最大的一族。

稀土元素的化学性质极为相似，在矿物中总是共生，所以稀土元素的相互离析一直是化学中的重大难题之一。稀土元素的逐个辨明，经历了漫长的岁月，在这条极其曲折的道路上，留下了几十位化学家的足迹。

稀土元素先是以氧化物的形式发现的，因为分布不广而极难分离，故被称为稀土，又因为它们类似于稀土金属氧化物，所以又称之为“土素”。

该族中第一个被发现的是钇。1788 年，瑞典的一位军官在斯德哥尔摩的

一个小镇上，发现了一块黑色石头。这块石头辗转到了芬兰著名化学家多加林手里。1794年多加林从中分离出一种白色土质，其化学性质不同于任何已知的氧化物，于是给它取名叫多加林矿石，以纪念稀土研究的开创人多加林。

第二个问世的稀土族成员是铈。首先接触到它的是瑞典一位矿物学家。1781年他把家乡矿山中产的一种矿石寄给舍勒，请他分析，舍勒没有找到其他特殊成分。1803年，贝采里乌斯也在分析这种矿物，分析出一种白色氧化物，他称之为铈土。

贝采里乌斯称其中的新元素叫铈，为的是纪念刚发现不久的小行星——谷神星。

1839年，瑞典的另一位化学家莫桑德尔，在研究铈硅石时，将其溶于稀硝酸时，有一部分不能溶解。莫桑德尔把可溶的部分叫镧土（希腊语含有隐藏的意思），把不溶的部分仍旧叫做铈土，

两年以后，瑞典另一名化学家埃尔得曼用稀硝酸浸取出镧土以后，再从中逐步沉淀出镧土时，发现先析出一种粉红色的氧化物，他认为这是隐藏在其中的一种新元素土质，于是就给它取名叫铈。他声称“铈和镧是难舍难分的孪生兄弟”。

莫桑德尔剖析了原来的“铈土”以后，1843年他发现分离掉了铈土、镧土和铈土之后的铈土，居然至少是三种土质的混合物。白色的，他仍把它称做铈土；另一种是暗褐色的，他称之为铈土；再一种是淡玫瑰红色的，他称之为铈土。

到了1878年，搜索稀土元素的奋斗又取得了新成果。

这年，瑞士日内瓦化学教授马利纳克，从铈土中又发现了一种新土质，他把它命名为“铈土”，称其中的新元素叫铈。

1879年，瑞典化学家尼尔松又从铈土中分离出了铈土，其中所含新元素即铈。它就是门捷列夫当初所预言过的“类硼”元素。

1878年，瑞典化学家索雷特开始借助分光镜寻找稀土元素，他看到有一组未知的时隐时显的光谱，于是猜想其中一定有一种新元素。几经努力，最后还是被瑞典化学家克利夫识破。

克利夫把一种元素命名为铈，以纪念他的故乡斯德哥尔摩；另一种白色略带淡绿色调的，他命名为铈，意思指他的祖国瑞典，在斯堪的那维亚半岛。

接着又发现了铈、铈、铈、铈等。至此，化学家们历经千辛万苦，终于取得了15种稀土元素。从此以后的很多年，再也没有人从自然界提取到新的稀土元素。

欲知后事如何，且听下回分解。

#### 第四回 有机化学奠基日新月异 百家争鸣结硕果群星灿烂

杜马从“蜡烛冒烟”中得到启示。凯库勒梦中发现苯的结构式。帕金人工合成染料。诺贝尔研制成炸药。罗朗、李希比对多种化合物进行研究。有关有机化学的发展，令人目不暇接、耳目一新。

话说自古以来，人类在饮食、医药等活动中都接触过大量有机物质，这些有机物质大部分是直接采自动、植物机体，人们有时也进行一些化学加工，并且提取出了一些相对较纯的有机物质。

有机化学作为一门科学产生于19世纪初，从当时的一些科学书籍看，那时的有机化学正处于萌芽阶段。

由于基础化学的应用和分析方法的改进，人们开始对无机化学进行系统地论述。然而，有机化学常被忽视，充其量不过是在“动物化学”或“植物化学”的有关章节中轻描淡写地提及一下。所以那时的有机化学仅是医药学的从属部分。当时的以有机物为原料的商品生产，大都是在小作坊内或家庭中进行的，规模较大的只有如制肥皂、制染料、制糖精等少量几种。

到了18世纪后期，有机化合物的分离和提纯工作得到了较快的发展。其中舍勒的成果最为杰出。在舍勒辉煌的研究以前，人们只知道四种有机酸：由醋和蚂蚁分别蒸馏而得的醋酸和蚁酸，由安息香树胶和琥珀分别升华得到的安息香酸和琥珀酸。

舍勒发现安息香酸的钙盐明显地溶解于水而其游离酸却难溶，因此他用石灰水与安息香树胶共煮，于是浸出其钙盐，再用盐酸酸化，使游离出安息香酸。此后，舍勒采取了类似的方法，又分别提取了纯净的草酸、苹果酸、尿酸、乳酸等。大约与此同时，法国化学家卢埃尔从人尿中离析出了尿素，从牛和骆驼的尿中提取出了马尿酸。

拉瓦锡对有机化学也很感兴趣，他把所有的酸都归结为某种基的氧化物，只是无机酸中的基很简单，而动、植物领域中的那些“基”较复杂，而且总含有酸和氢，有时还含有氮和磷，他称之为“复合基”。

综观19世纪，由于医学、染料生产、以及石油加工业的需要，对有机化学的发展产生了重大影响。

且说说19世纪新有机化合物的研究成果：

从舍勒去世到1800年，在研究新有机化合物方面没有多大进展。值得一提的是俄罗斯的宫廷药剂师罗维茨。

他在1779年，制出水醋酸，四年后又制得了三氯醋酸。他还发现了活性炭能脱去有机溶液中有色杂质，并应用于酸、酒类饮料等的脱色净化。他还成功地从蜂蜜中分离出了葡萄糖和果糖，并指明它们不同于蔗糖。

关于碳氢化合物。虽然在干馏煤制造焦炭的过程中经常会接触到，但纯的碳氢化合物很少且不为人知。1776年，伏特使沼氧（甲烷 $\text{CH}_4$ ）在检氧管内燃烧，证明了燃烧的产物是固定空气（ $\text{CO}_2$ ）。10年后，另一位化学家贝托雷证明了甲烷是碳氢化合物，1794年，荷兰化学家戴曼通过浓硫酸与乙醇的作用得到了成油气（乙烯 $\text{C}_2\text{H}_4$ ），并通过乙烯的氯化作用得到了油状的液体二氯乙烷，又称为“荷兰油”。

到了1820年，人们对生物碱有了明确认识，德国药剂师塞尔杜纳从鸦片



中提取了吗啡，指出它是一种植物碱，另外他又从鸦片中离析出了罂粟酸。他的这一发现引起了化学家们的极大兴趣，促使许多人去寻找新的植物碱。到了 1835 年，化学家们大约已经离析和研究了如奎宁、马钱子碱等 30 种生物碱。

19 世纪初期，有机化学中最有意义的工作大概就是法国化学家舍弗勒尔对于脂肪的研究了。

舍弗勒尔，生于 1786 年，是一位长寿的化学家，活了 103 岁。1816 年，他以舍勒的研究为出发点开始研究皂化。

他明确证明，在皂化的过程中，碱可以把油脂转化成肥皂和甘油；肥皂在用矿物酸处理时，实际是生成一种不溶于水的酸性物质。所以脂肪实际上是酸性物质与甘油形成的化合物。

此外，他还同另一位化学家布拉孔诺合作把硬脂酸和软脂酸区别开来，并且最早提出了以熔点来鉴定有机物质的纯度等等。

再说化学革命的杰出人物拉瓦锡曾明确表示：有机化学是化学整体中的一部分，而不因为有机化合物是从有机体中得到的，就断言它仅与有生命的有机体有关。

德国化学家格伦在他的《化学基础》一书中，就把所有的有机化合物单独的归为一章。他以为有机物都是以相似的本原成长出来，这种本原只存在于动、植物体内，是不能人工制造的。

这种不确切的说法，流行了几十年，有些化学家就把无机物与有机物截然分开了。

整个 19 世纪初期，在生物学和有机化学领域中，广泛流行起一种“生命力论”学说。《生命力论》认为：动、植物有机体具有一种生命力（又称活），只有依赖这种生命力，才能制造出有机物质。在实验室里，在酿造啤酒或葡萄酒的作坊里，这种有机化合物能够变成其他化合物，但不能用组成它的元素人工合成。

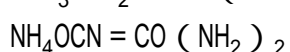
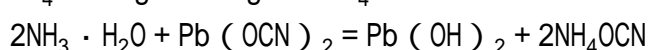
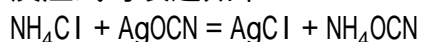
“生命力论”在一定程度上把有机物质神秘化，使有机与无机化合物之间，人为地造成了一条不可逾越的界线，这对有机化合物的发展显然是不利的。

到了 1828 年，“生命力论”受到法国化学家武勒严重的一击。

武勒的父亲是一所中学的校长，自幼受到良好的教育。他曾学过医，后来对化学发生了兴趣并选定作为自己的事业。

武勒在有机化学领域里最大的成就之一，是尿素的合成。1828 年，他试图以氰作用于氨水以合成氰酸氨，但意外地却生成了草酸及一种肯定不是氰酸铵的白色结晶物。他做了一系列实验，最后证明这种白色结晶为尿素。

反应式可表述如下：



武勒的尿素合成，在当时虽然没有产生戏剧性的影响，但得到了同代人的承认，其中贝采里乌斯、李比希和杜马都给予了很高的评价，并把它作为武勒的成就之一。《生命力论》也因此受到巨大的冲击。

1884 年，德国化学家柯贝尔，利用二硫化碳、氯水及水做原料，合成了

醋酸。醋酸的合成，真正地证明了有机物可以完全用无机物来合成。

随后，法国化学家在高温下合成了甲烷和乙炔；俄国化学家用多聚甲醛与石灰水作用，成功地合成了属于糖类的物质。

在这一时期内，人工合成有机物的成果日益丰硕，《生命力论》在有机化学中越来越站不住脚了。从此，《生命力论》逐步被人们摒弃。

且说新化合物的迅速发展，给科学界带来了新的课题。在此以前，人们仅认识到物质化学性质决定于其化学元素组成，并受到温度的影响。因此，一旦测定了某物质的组成，借此便可确切地表达这一化合物。但到了 19 世纪 20 年代科学家们发现，有些物质虽然组成相同但性质却各异。

1824 年，武勒发现合成的尿素与氰酸铵的化学组成完全相同，性质却截然不同。他又仔细地分析了氰酸银，并记下这样的结果：氧化银 77.23%，氰酸 22.77%。与此同时，另一位著名化学家李比希分析了雷酸银，结果是：氧化银 77.53%，氰酸 22.47%。二者的分析结果大致一样，但两种化合物的性质明显不同。

这里先介绍一下李比希的生平：

李比希 1803 年生于德国，他在童年时代就学会了一些最简单的化学操作，并热心于制造炸药。一次，由于他将炸药放在书包里，突然爆炸，他被中学开除。17 岁他是入柏林大学，在学生时代，他就第一次发表了雷酸银的科学论文。

1824 年，李比希被任命为一所大学的化学教授，他积极支持青年科学家建立化学实验室。他一生完成了许多有机化学实验与理论。他的科学著述成果显著，出版了《化学与药学纪事》、《化学在农业和生理学方面的应用》、《有机化学纲要》等书。李比希在化学史上占有极其重要的地位。

再说新化合物的发现。1826 年，著名物理学家法拉第从石油气中分离出两种碳氢化合物，一种叫苯 ( $C_6H_6$ )，另一种叫丁烯 ( $C_4H_8$ )，丁烯与成油气 (即乙烯  $C_2H_4$ ) 组成一致，但比重是成油气的两倍。这年，他还从石油中分离出了萘。他观察到当萘用硫酸处理后可得到两种组成相同的磺化衍生物。

到了 1827 年，贝采里乌斯也承认这种类似的现象相当普遍地存在。于是他提出了同分异构的概念，并试图把不同的情况分门别类。

他把那些有着相同元素、相同比例、分子量成倍数关系的化合物叫聚合物，例如乙烯和法拉第发现的丁烯；把那些组成相同而结构不同的化合物叫变位异构体，例如氰酸和雷酸。

关于“同素异形体”的概念，是贝采里乌斯于 1841 年，针对一种元素具有几种不同结构类型提出来的。如石墨与金刚石都是由纯粹的碳元素构成，两者互为同素异形体。

总之，到了 19 世纪 30 年代，化学家们已经意识到，有机化合物只指出其组成，并不能清楚完整地表达它是哪种物质，更不足以探讨它的生成机理。这就激起了化学界对有机化学结构理论的兴趣……当拉瓦锡研究各种酸的性质时，他提出了这样一种观点：酸是含氧的化合物。在无机酸中，基因只是由单一元素构成，如硫、磷、碳、“盐酸素”或“氧酸素”等。而有机酸的酸基是复合基，是由碳和氢组成的原子基团，是氧使它具有了酸性，由于苹果酸和酒石酸等也是由同样的元素组成，因此基团中碳氢的比例可能不同。

其后经贝采里乌斯的努力，又进一步发展，从 1811 年起，贝采里乌斯着

手有机物组成的实验研究。他从分析有机酸及其盐类开始。1814年他发表了研究结果并指出：酸的组成可用原子学说的观点来加以解释，有机物则是由带复合基的氧化物组成，在植物物质中，复合基一般是由碳和氢组成的，在动物物质中则是由碳氢和氮组成。

他认为有机酸中的复合基团带正电荷，整个有机酸分子则为负电荷，他试图用自己的分析结果，推导出一些有机比合物的化学式，见下表。

某些有机物的化学式

化合物	贝采里乌斯化学式	现代化学式	酸酐
柠檬酸	CHO	$C_6H_8O_7$	$C_6H_6O_6$
酒石酸	$C_4H_5O_5$	$C_4H_6O_6$	$C_4H_4O_5$
草酸	$C_{12}H_{18}O_{18}$	$C_2H_2O_4$	$C_2O_3$
琥珀酸	$C_4H_4O_5$	$C_4H_6O_3$	$C_4H_4O_3$
醋酸	$C_4H_6O_3$	$C_2H_4O_2$	$C_4H_6O_3$
苯甲酸	$C_5H_3O$	$C_7H_6O_2$	
糖	$C_{12}H_{11}O_{10}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	
丹宁	$C_6H_6O_4$		

前面提到贝采里乌斯的二元论写无机物的化学式非常成功，但应用到有机物的分子式，则很混乱。因此，不能说是成功之举。

1832年，武勒和李比希在一篇文章中，对“基因论”提出了新的见解，他们指出：有机化合物是由一系列的基组成的。这类稳定的基，是有机化合物的基础，他们又对“基”下了如下的定义：“基”是一系列化合物中共同的，稳定的组成部分；“基”可以与其他简单物结合；“基”与简单物结合后，此简单物可被当量的其他简单物代替。

及至1837年，被提出的有机基团已经很多。这时很多著名的化学家，都认为基团学说是解释有机化学各种奥秘的合理答案。基团理论，为有机化学积累了丰富的材料，对有机化学的发展起了一定的促进作用。

却说基因论引起了不同争论，但有一点是共同的，即基团是稳定的和不变的；在反应中始终作为一个整体而不发生变化。然而由于取代反应的发现，基团学说彻底动摇了。

先从1833年，杜马从“蜡烛冒烟”中得到启示的事件开始。

在巴黎杜伊勒利宫的一次盛大舞会上，蜡烛中冒出了一股股刺鼻的烟气，呛走了宾客。皇帝路易·菲力浦非常生气，责成科学顾问布隆尼尔调查此事。布隆尼尔便将此事交给了他的女婿，巴黎大学教授杜马。

杜马经过仔细分析，很快查明了所冒的烟是氯化氢气体，原来所用的蜡烛是用经过氯气漂白的蜂蜡制成的，在漂白过程中，氯取代了蜡中的氢，每排出一个体积的氢（生成氯化氢），则吸收一个体积的氯。

1834年，杜马系统地、定量地研究了卤代反应，他指出：“氯与松节油相互作用时，松节油中的氢被同体积的氯所取代，醋酸及乙醇等中的氢也可以被氯所取代，生成氯乙醇，氯乙醛和氯仿，在这些过程中都同时产生氯化氢。

他又补充说：“盖吕萨克在处理蜡时，也发现过同样的现象。这些事实

以及武勒、李比希、法拉第等人观察到的其他事实，说明氯具有一种从某种物质中排除氢并将氢原子逐个取代的能力。这个取代的自然定律或理论。应该有一个专门的名称”。

于是他在前人工作和自己实验的基础上提出了取代学说，具体如下：

当一种含氢有机物遇到氯、溴、碘、氧等的脱氢作用时，它每失去一个氢原子，就获得一个氯原子或碘原子或半个氧原子。

即使化合物中含有氧，上述规则仍然成立。

如果含氢化合物中含有水，则卤化时，水先失掉其氢，而其他含氢部分中的氢暂不被置换；其后，如果进一步卤化去氢，那么氢便会被置换。

杜马的取代学说产生了深远的影响。他的学生，法国青年化学家罗朗，继续研究杜马的学说。

罗朗，1807年出生，1831年成为杜马的助手，罗朗热爱化学，毕生精力都献给了科学。他的大半生在穷困中度过，因为没有收入，迫使他到造币厂当化验员。

在罗朗辉煌的一生中，完成了萘及其衍生物的研究；发现了萘氧化成萘醌；他还发现了邻苯二甲酸失水后成酸酐。

罗朗在研究取代反应时，注意到除取代产物之一为卤化氢外，被取代物质的性质同取代后产物的性质并没有多大差别。可见当氯取代氢时氯在化合物中的作用，同被取代的氢在原化合物中的作用一样。

罗朗的研究结果，补充了杜马的取代规律但又较杜马略胜一筹，所以也有罗朗取代说之称。

罗朗的取代说遭到贝采里乌斯、李比希和杜马的激烈反对。贝采里乌斯之所以不满，是因为他清楚地了解到，取代理论将给他的电化学带来危险，而杜马之所以批评罗朗，是因为罗朗把创立取代理论的功绩归属于自己。

后来，大量实验事实证明，在有机取代反应中，氯是可以取代氢的。电化二元论虽然能解释大量无机化学事实，但却不适用于有机化合物。这时罗朗的取代学说才逐步得到普遍的承认。

却说在杜马研究代反应的同时，罗朗着重注意于取代前后化合物性质的比较。罗朗发现萘与氯气反应所得的产物约可分为二类：一种是取代物，另一种是加成物。

如果将加成物蒸馏或用酸处理，则变成取代物，放出氯化氢气。罗朗认为，两类物质所以性质迥异，必在于分子中原子排列结构，第一种产物必与原来物质有相似的结构，而第二种物质则发生结构改变。

罗朗通过对萘、乙烯等的研究，于1837年提出了“核团学说”。

他认为：有机化合物中各元素的原子也遵循简单整数比规律，在碳氢化合物中，碳原子与氢原子之比可能是各式各样的，如1:2, 1:3, 2:3, 2:5等，但都是简单整数比。

罗朗的基本规则是：“一切有机化合物都是由基本碳氢基团构成的，这些基团常常不是以原来状态，而是以衍生基团形式存在于化合物中，衍生基团的当量值与原基团一样。”这里的“核团”一词与“基团”学说者所理解的“基团”，含义完全不同。

罗朗用“核团”一名词代替基团。核已经不是有机原子，基本核是可变的，例如氯原子可以取代氢原子变成新核。

除了取代作用外，罗朗还认为，各种不同的原子还可以添加到基本核团

中去。例如氯和溴，甚至还有氧都能加到乙烯核中去。

罗朗的“核团”学说，奠定了有机化合物按照其核结构进行分类的基础，从此，有机化学又向前迈进了一步。

却说 19 世纪 40 年代，化学界有两位成绩突出的青年科学家。一位是罗朗，另一位则是日拉尔。

日拉尔出生在法国的斯特拉斯堡。父亲是一位商人，但很爱好化学。日拉尔自幼受父亲熏陶，也酷爱化学。日拉尔完成了有机化学的许多重要研究工作，其中最有名的是 1852 年对有机酸酐的研究。他写了两本教科书：《有机化学概要》和《有机化学概论》。日拉尔是一位很有独特见解的思想家，不幸的是他的理论观点与大多数权威存在分歧，特别是遭到杜马的反对，致使他未能在巴黎找到适当的工作职位。

1848 年，日拉尔与罗朗相识，从此两人结下了深厚的友谊，并完成了许多极富成果的研究。两人的工作是紧密联系在一起的，各有所长，相互取长补短，正如一位化学家所说：“罗朗有分析才能，并善于将现象归类，而日拉尔则具有高度的综合能力。”

当时，取代说和老的基团说互争雄长，未知鹿死谁手，直到杜马的类型说成立，取代说方有了后援，旧的基团说一败涂地。

日拉尔相信取代说，但他经过认真思考认为将基团说完全抛弃似乎有点草率，于是就将它加以改造自成一新学说，名为余渣学说。

在实验中，他发现有时当两个分子起反应时，每个分子都分离出一部分，化合成简单的很稳定的无机化合物（水，氨，盐酸气等）。两个“余渣”或“基”不能独立存在，所以互相结合成为新的稳定的有机化合物。如从某一化合物中分离出氢原子，从另一化合物分离出氧原子，形成水——一个稳定的分子。

余渣说保留了基团论的合理部分，而发展了取代学说，可以说是基团论与取代说的结合。

日拉尔对化学的发展还有一项重要的贡献就是在有机化学中，提出了采用“二容积标准”的原子量，这对统一无机化学与有机化学的原子量和正确确定有机化合物的化学式有重要的意义。

1842—1843 年间，日拉尔观察到许多有机化合物的分子式都是双数，如水的分子式是  $H_4O_2$ ，碳酸气是  $C_2O_4$  等等。日拉尔于是提出疑问： $2H_2O$  究竟代替 1 个水分子  $H_4O_2$ ，还是两个水分子？

如果表示两个  $H_2O$  分子，何以在无机反应中往往遇到单个  $H_2O$  分子的反应，而在许多的有机反应中，从无单个分子的水出现呢？

因此只需将原子量扩大 2 倍，如原来  $C=6$ ， $H=0.5$ ， $O=8$ ，现在只需将  $H=1$ ， $C=12$ ， $O=16$  便可以将分子式变成单数。

这样，就把当时流行的“四容积”化学式改成“二容积”式。所谓“二容积式”即 1 体积蒸汽的量和同体积 2 克氢气的量相当。

1841—1842 年间，日拉尔又提出一个根据经验公式来分类有机化合物的方案，他把有机化合物分成几种系列，每一个系列相当于一个“燃烧阶梯”，最复杂的处于阶梯顶端。阶梯自上而下，化合物逐步简化，好似经历了多个燃烧过程。像碳酸气、水、氨这些最简单的化合物处于各阶梯的基底。

日拉尔使人注意到他命名为同系列的化合物。即有机化合物存在着许多

个系列，每个系列都有自己的代数组成式。同一系列中，两个化合物分子式之差为  $\text{CH}_2$  或  $\text{CH}_2$  的倍数。

他列举了一些同系列化合物的实例，其中包括烷烃系列、醇系列和脂肪酸系列。

日拉尔又指出：“在同系列中，各化合物的化学性质相似。这些化合物按照同一化学方程式进行化学变化，只需知道某一化合物的反应就可以推断其他化合物的反应。”

以上就是日拉尔对有机物“同系列”的概念。

同系列的概念非常重要，正如马克思所说：“现代化学上应用的，最早由罗朗和日拉尔科学地阐明的分子说，正是这个规律为基础的。”

且说对日拉尔和罗朗的新观念，许多著名化学家都采取了敌视的态度，他们不断地攻击尖刻地指责，有时简直达到了荒谬的程度。

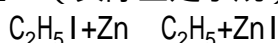
但他们的理论，也得到了化学家的承认。其中有一位化学家给日拉尔写信说：“让他们去说吧，祝你一帆风顺。”

日拉尔和罗朗也坚信自己的观点是正确的，他们预见不久就可以取得胜利。但这一胜利是在 30 年后才得到公认。

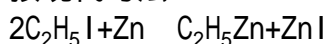
却说在无机化学领域中，定比定律和倍比定律表明，一种元素与另一种元素化合时，不仅有精确的数量关系，并有严格的限制性，其实已经暗示了原子价的概念。但由于原子量的一度混乱以及复杂化合物的存在，这种概念长期被掩盖起来。到了 19 世纪中期，出人意料地原子价学说却从有机化学领域中，被化学家们所揭示。

有机化学中的取代现象已经向人们启示了原子价的关系。杜马在 1834 年，就注意到一个氯原子能取代一个氢原子，但只能取代半个氧原子。李比希对多元酸的研究中，他发现了一个铈原子的取代力相当于三个氢原子，而一个钾原子只相当于一个氢原子。

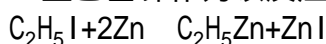
1852 年，英国化学家弗兰克兰在用锌处理碘乙烷时，产生了碘化锌和“自由基”（实际上是丁烷）。按弗兰克兰的写法： $(C=6)$



按现代写法



一些乙基锌作为该反应的副产物生成



现代的方程式是：

$2\text{C}_2\text{H}_5 + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{I} + 2\text{Zn} \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Zn} + \text{ZnI}_2$  这个完全出乎预料的产物，是整个金属有机类问世的前兆。乙基锌这一金属有机物，在发展有机合成方面起了很大的作用。

正是这个有机碎片与金属的化合，导致了弗兰克兰得出化合力或化合价的概念。

随后，弗兰克兰又用二乙基锌合成了多种有机化合物。在合成中，他意识到似乎有某种规律在起作用，于是，弗兰克兰初步提出了我们现在称之为“原子价”的概念。

由于他的原子价概念比较模糊，且所举出的一系列化合物都是所谓“多

原子”元素的原子和所谓“单原子”元素的原子相结合，而没有触及“多原子”元素彼此化合时将遵循什么原则，因此并没有获得承认。

最终提出、发展原子价学说的是凯库勒。

1857年，凯库勒在伦敦时领会了原子价概念的真正意义，他在研究醋酸与五硫化磷时，得到了硫化乙酸，于是他把该反应与醋酸和五氯化磷作用生成乙酰氯的反应进行对比。

他得出结论：“硫与氧是一样的，都是二‘原子’的，所以一个原子氧或一原子硫的化合力等于两原子氯。”他又提出了“原子数”的新概念，他指出：“化合物的分子由不同原子结合而成，与某一个原子相化合的其他元素的原子或基的数目取决于各成分的亲和力值。”

凯库勒又具体指出：H、Cl、Br、K是“一原子”的，即亲和力值为1；O、S是“二原子”的，即亲和力值为2；N、P、As是“三原子”的。

凯库勒还确定碳是四价元素，此项确定，对有机结构理论的形成起了重要作用。

到了1864年，德国化学家迈尔又建议以“原子价”这一术语代替“原子数”和“原子亲和力”单位。从此，原子价学说便定型了。

原子价学说的建立，揭示了各种元素化学性质上的一个极重要的方面，为今后化学的发展提供了重要的科学依据。

再说凯库勒对有机化合物的描述，仍沿用日拉尔的某些理论，因此没有写出化合物的结构式。从1861年起，凯库勒在他编著的《有机化学教程》一书中，用他自己设计的结构式表示原子价和化学键之间的联系，获得了某些成功，但难为人们所接受，有人曾经幽默地称之为“凯库勒香肠”。如下页图：

到了19世纪60年代，“化学结构”这个概念，又得到了新的发展，最著名人物是俄国化学家布特列洛夫。

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !07300310\_0087\_1.bmp}

布特列洛夫在德国召开的一次科学大会上做了一篇题为《论物质化学结构》的报告。在报告中，他强调了“化学结构”这个概念。他指出：“假定一个化学原子具有一定的和有限的化学亲和力值，化学原子便借这种亲和力来参加形成物质。那么，我拟将这种化学关系，或者说在所组成的化合物中，各原子间的相互连接，用化学结构这个词来表示。”

此后不久，他进一步论述化学结构。他特别强调，一种化合物只能有一个表达式，不是像日拉尔和其他化学家那样，根据化合物参加的反应不同而使用不同的表达式。

另一位著名化学家霍夫曼，也意识到结构思想的重要性。在一次演讲中，他用短棒和球棍模型来表达某些化合物，只可惜结构模型是平面的，最终没有得完全承认。

却说苯是在1825年，由法拉第首先发现的。之后，在苯及其衍生物的结构上遇到了麻烦。

也是凯库勒，这位富有想像力的化学家，为解决苯的结构问题，做出了巨大的贡献。这里有一则趣闻。

凯库勒为了确定苯的化学结构，简直可以说是废寝忘食，有一次在书房里，他不知不觉睡着了，梦见碳原子的长键像蛇一样盘绕，忽然，一个碳原子抓住自己的尾巴，猛烈地旋转不已。这幅图像就深深地铭刻在他的脑子里。

苯的结构式如图：

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !07300310\_0088\_1.bmp}

凯库勒的单双键交替的封闭式苯环结构，使得碳始终能保持四价。这时他就断言，所有属于芳香族化合物的衍生物都可以从这种结构中推论出来。

凯库勒的苯学说丰富和发展了化学结构学说。苯结构式给了芳香族化合物的直观图像，并且能用来解释化合物的各种性质，于是许多人开始对芳香族化合物进行系列研究，结果都证实了凯库勒的结论。

下面再说一说有机立体化学。

有机立体化学的兴起，是有机结构理论发展中的又一个里程碑。它要解决的问题是：有机分子中各个原子在空间的排列方式。

有机立体化学的兴起，产生于 19 世纪 70 年代，最初是从对有机化合物旋光异构现象开始的。

1848 年，25 岁的青年科学家巴斯德在研究各种结晶过程中，发现了葡萄糖酸钠铵的复盐这种物质由两种结晶组成，呈镜像对映关系。他仔细地把两种晶体分开，结果发现，它们的溶液一种是右旋光的，一种是左旋光的。

从这一决定性观察出发，巴斯德导出两种很不相同的结果。第一种结果：认为分子在三维空间中具有一定的形状；第二种结果认为大自然在铸造分子的时候，所采取的方式必然不同于化学家。

另外一些化学家也对立体异构现象进行了研究，如范特霍夫关于甲烷分子四面体结构的假定；威利森努斯解释富马酸（反式烯二酸）和马来酸（顺式丁烯二酸）令人难以理解的同分异构现象等等。

自 19 世纪 80 年代，许多化学家在研究工作中，已经能自觉地以立体化学学说为指南了。

且说自从有机化学诞生以来，它的发展特点首先是已知的有机物数量在不断增加，这些有机物有的是从天然物中提取出来的，有的是用相应的人工合成方法制得的。

在进行各种有关的实验时，除了分析方法外，越来越多地需要用合成的方法。

煤焦油是炼焦生产中的废物。如何利用煤焦油所含的各种化学物质，对有机化学的发展有着重大的影响。

大约在 1810 年，美国人开始利用高温分解各种有机物所得到的照明气来照明，不久煤焦油的需要迅速增加，使得人们对它的成分和所含的各种物质进行了研究。

到了 1815 年，人们除了从煤焦油中取得照明气外，还分离出了轻油和杂酚油。轻油是漆和橡胶的优良溶剂，而杂酚油则用作漫涂木材以便防腐。

在研究煤焦油成分以及高温分解有机物的其他产品中，还分离出了一些有价值的单个物质，如法拉第在研究照明气罐中所生成的冷凝液中发现了苯；哈登从煤焦油中提出了萘；杜马和罗朗在分馏煤焦油的重组分时得到了蒽；龙格从煤焦油中分馏出酚，他称之为石炭酸。所有这些物质，后来都成了工业上生产各种染料药品及其他物质的重要原料。

人工合成染料的工业化，揭开了有机合成化学工业的序幕。

1856 年，年仅 18 岁的英国皇家学院的学生帕金，想从甲苯胺和氯丙烯出发，寻求合成喹宁。结果他得到的是一种污浊的棕色粘块。他又用更简单的苯胺为原料，结果又得到另一种。



当他后来用乙醇清洗仪器时，看到了一种鲜艳的紫色溶液，它能直接染丝和毛；以后与鞣合用，又可媒染棉织品，这就是苯胺紫与假苯胺紫两种染料。

其后，帕金又设计了把这种染料工业化生产的方案，它从工业苯、甲苯出发，硝化后再以铁屑与醋酸还原所得硝基苯为苯胺、最后以重铬酸钾氧化制成苯胺紫。于是帕金获得了此项专利，并在英国正式投产。但直到 1888 年才由著名化学家费歇尔测定出它的结构。

接着，霍夫曼和法国化学家沃尔琴用四氯化碳处理粗苯胺得到了一种红色染料，后来被称为碱性品红，也可以做为原料。霍夫曼对它做了较详细的研究，了解到此种染料是由苯胺对甲苯胺，邻甲苯胺三种胺形成的，生产品红的氧化剂也可采用硝酸高汞和硝基汞。

之后，他又用苯胺与碱性品红的盐酸盐共热又得到了一种蓝色染料，他称之为苯胺蓝；他还发现烷基碘作用于品红，可使其颜色加深，后来人们把这种染料称为霍夫曼紫。

染料方面的第三项重大发明是原为天然产物的茜素和靛蓝，在实验室中被人工合成了。

茜素原是从茜草中提取出来的一种鲜艳的绛红色染料。1868 年，德国化学家格雷贝和里贝曼合作，开始试图合成这一染料。

他们以从煤焦油中提出的蒽为原料，先将蒽氧化成蒽醌，再往蒽醌中引入两个溴原子，然后再使这溴化物水解，结果获得了预期的产物，它同天然茜素的性质完全相同，这是第一个人工合成的天然染料。

1878 年，德国化学家拜耶尔人工合成了靛蓝。靛蓝是最古老的染料之一，原本是从木蓝和松蓝植物中提取到的。

拜耶尔先进行试验，经过一系列反应得到靛红。然后使用了三氯化磷、磷和乙酰氯，终于实现了由靛红还原为靛蓝的转化。拜耶尔的此项研究工作，为靛蓝工业奠定了基础。

却说 19 世纪后半期。化学家在合成染料的过程中，从化学实验室得到了一批新的化合物，医学家们则发现它们有明显的医疗效果。

1763 年，英国牛津的一位牧师斯通，首先用柳树皮煎剂治疗发烧病人，后来弄清楚了其中的有效成份即水杨酸。过了若干年，法国一位化学家将水杨醛和苛性钾一起加热，首先合成了水杨酸。之后库帕进一步探索，将苯酚的钠盐粉在高温下与二氧化碳作用，冷却后将水溶解并酸化，就可得到高产率的水杨酸。水杨酸具有防腐与消毒作用。

在 1899 年，德国化学家霍夫曼首先用水杨酸和醋酸酐合成了乙酰水杨酸。乙酰水杨酸就是人们所熟知的，沿用至今的解热镇痛药阿斯匹林。

接着，化学家和医生们经过共同努力，在利用有机合成的基础上，又从金鸡纳中分离，制取了抗疟疾药物喹啉，和具有退热神效的“安替比林”等。

值得一提是 19 世纪 30 年代磺胺药物的合成。它标志着有机药物合成迈入了黄金时代。

磺胺药物具有良好的抗菌作用，对许多细菌感染和肺炎、脑膜炎等都很有特效。第一个问世的磺胺药是——2,4 二氨基偶氮苯磺酰胺——4，即百浪多息。

最初是奥地利的一位化学家合成了对氨基苯磺酰胺。德国化学家又把它

制成了一种叫百浪多息的红色染料。后来，他发现该染料对链球菌有抗菌作用，他硬用此染料治愈了他女儿的溶血性链球菌败血症。这种药剂从此引起医学家的重视。

此后几年，各国的科学家对含磺胺基的化合物进行了广泛的研究。从此有机化学的发展，为医药学提供了广阔的前景。

再说 18 世纪时，军事和生产的需要，推动着人们去寻找用威力更大的炸药来代替黑色火药。那时已经发现了苦味酸，并已用苦味酸代替木炭和硫磺，与硝酸钾混合制成炸药。它的威力大大超过了黑火药。1839 年，罗朗判断出苦味酸是苯酚的三硝基衍生物，并用苯酚合成了它。

1859 年，瑞典化学家诺贝尔开始研制液体炸药，他将无水甘油在低温下，慢慢加到浓硝酸与浓硫酸的混合液中，然后把它们一起倒入水中，油状物便沉到底部，分出后用水洗去酸质就得到了硝化甘油。

硝化甘油具有强烈的爆炸性，于是他用了 10 年时间，研制出了最早的无烟火药硝酸甘油炸药，命名为“代’纳买特。

到了 1863 年，德国化学家威尔布兰德用沸热的硝酸和硫酸混合液硝化甲苯制得了三硝基甲苯，即梯恩梯（TNT）。

TNT 是一种黄色固体物质，它的特点是：撞击和摩擦的敏感度低，爆炸力强，使用安全原料来源丰富，所以很快得到迅速推广。

TNT 合成一般为三步，反应过程如下：

```
{ewc MVIMAGE,MVIMAGE,!07300310_0093_1.bmp}
```

继 TNT 之后，又发现了一些剧烈的炸药如“特屈尔”炸药（化学组成是 2、4、6 三硝基苯甲基硝胺）。以及“奥克托金”炸药（化学组成为环四亚甲基硝胺）。

这些炸药在军、民两用方面发挥了巨大作用，很快得到了广泛的普及。

且说有机合成化学工业日新月异，发展迅速，有机合成的理论也不甘落后，呈现良好的势头。

最著名、影响最大的要算法国化学家贝特罗。

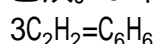
贝特罗出生于法国，最初学习医学。后来在杜马等人的影响下，开始对化学发生兴趣。他是一位有多方面才能的学者，有很多关于有机化学、热化学以及化学史方面的著作。

贝特罗 1873 年当选为巴黎科学院院士，后来担任了政府的外交部长和教育部长等高级行政职务。贝特罗一生完成了好几项合成反应，故有人称他为有机合成的创始人。

他早期的工作是研究多元醇的组成，特别是关于甘油的组成。

他用浓硫酸作用于乙醇制得了乙烯。他又用二硫化碳与硫化氢的混合气，通过红热的铜而制得甲烷。

1862 年贝特罗成功地用单质合成了乙炔，他让氢气通过电极的电弧而得到了乙炔。5 年以后他又发现，将乙炔加热，起聚合作用，生成了苯。



接着他又制得了甲醇、丙醇、甲酸、乙烯、戊烯等等。

最后贝特罗发表了她的巨著《有机合成化学》一书，叙述了有机合成的一般原则和方法。

他提出有机化学家有责任去设法合成无机物以外的那些化合物，而不通过活体为媒介，以证明它们并非只得依靠植物体与动物体的合成力量。他坚

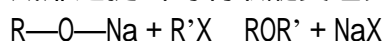
信可以通过非有机的来源来制得重要的、各类自然界存在或不存在的有机化合物。于是，他首先提出采用“合成”这个词来表达这种过程。

却说到了 19 世纪 60 年代，经过化学家们的辛勤努力，一些典型的有机合成化学方法开始建立了。

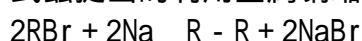
弗兰克兰提出的碘化烷基锌和烷基锌是合成碳氢化合物物质的重要中间媒介物：



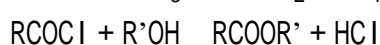
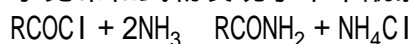
威廉逊提出的制取醚类经典方法：



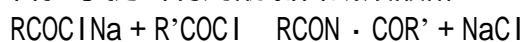
武兹提出的利用金属钠缩合卤代烷，来制取碳氢化合物：



李比希和武勒发现了苯甲酰氯，然后由酰氯合成酰胺和酯：



日拉尔提出利用酰氯合成羧酸酐：



除了上面所述的一些典型的有机合成化学方法外，还有几个著名的有机反应。

### 格林氏反应

这是有机合成中最令人感兴趣的反应。它是由法国里昂大学教授巴比尔于 1899 年首先发现的。

巴比尔注意到金属锌可以增加碘代甲烷的活性，但使用很不方便，于是他以镁代替锌，结果取得了成功。镁在无水乙醚中与有机碘结合，生成  $RMgI$  与醚的复合物，它可同各种试剂反应而生成多种复合物，如碳氢化合物、醇类、醛类等。之后巴比尔指导他的学生格林纳德继续研究有机镁卤化物的各种反应。

到了 1900 年，格林纳德证实了这类试剂有很广泛的用途，称之为格林纳德试剂。后来化学家便把  $R-MgI$  叫做格林试剂。

### 缩合反应

在有机合成化学中，含氧化合物引起了人们很大的注意，它们包括酸、醛和酮。

武兹在研究醛类时，已经接触到缩合反应，如 3—羟基丁醛在温热下，发生脱水作用生成巴豆醛。

接着德国的一些化学家也发现了 3,3—羟基丁醛的脱羰基作用是各种醛、酮普遍具有的反应。他们进一步把这类反应应用到其他一些方面，例如将醛与其他醛类、酮类等碱性条件下反应，生成了一些化合物。他们称此类反应叫缩合反应。

最后我们介绍一些与生活密切相关的有机物质：

凡士林，这是一种含  $C_{18}-C_{34}$  的烷烃混合物，为半固体软膏状。无味，无臭，无毒。化学性质稳定，不溶于水和乙醇，易溶于有机溶剂和油脂中。

凡士林一般为黄色，经漂白或脱色得白凡士林。凡士林在医药上常用来制造软膏。

氟里昂，这是一类氟代烷烃的商品名，以氟里昂—12 为常见品种，学名为二氟二氯甲烷。

它的沸点低，不燃烧，也无毒，加压易液化，无腐蚀和刺激作用。因此，最常用作冷冻剂。此外，这类氟烷性质虽稳定，但当它升至大气层时，受到紫外线的作用，会分解出活性的元素氯。此元素氯能破坏本来能保护生物免受强紫外线照射的臭氧层，造成所谓“臭氧层空洞”的污染问题。

甲醇，又名木精，最初由木材的干馏液里分离得到。现在工业上甲醇多用 CO 和 H<sub>2</sub> 在高温高压下经催化而制得。

甲醇为无色透明液体，能与水混溶。甲醇有毒，误食少量（10mL）即可使眼睛失明，饮服多量可致死。

甲酸，俗名蚁酸，存在于蚁类和某些植物体内。

它是一种具有很强刺激性的无色液体，与水相混溶，能腐蚀皮肤。蚂蚁、蜂类刺伤所引起的皮肤肿痛，就是甲酸造成的。

乙酸，俗名醋酸，是食醋的主要成分，食醋约含 6—8% 的乙酸。

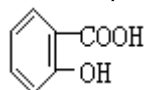
纯净乙酸为具有刺激气味的无色液体，在低于 16.6% 时易凝结成冰状固体，所以无水乙酸又叫冰醋酸。

乙酸是重要的化工原料，可以用来合成许多有机化合物，如醋酸纤维等。医学上常用 0.5~2% 的醋酸稀释液作为消毒防腐剂，用于清洗烫伤感染的创面。还用 1~2% 醋酸酒精溶液滴耳，以治疗绿脓杆菌感染的慢性化脓性中耳炎。

柠檬酸，别名枸橼酸，存在于多种果实中，尤以柠檬果实中含量最多，因此叫柠檬酸。它的学名叫 2—羟基—1, 2, 3—丙烷三酸。

它是一种无色结晶，易溶于水、乙醇和乙醚。有较强的酸味，用于配制汽水和酸性饮料，常用作调味剂、清凉剂等。

水杨酸，

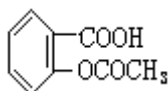


别名柳酸，学名邻羟甲基苯甲酸，

存在于柳树或水杨树皮中。

它是一种重要的外用防腐剂和杀菌剂。其酒精溶液可治疗某些因霉菌感染而引起的皮肤病。由于它对胃有刺激性，故用其钠盐或酯类为内服药。

乙酰水杨酸，结构式为



俗名阿斯匹林。

它是水杨酸与乙酰或乙酰氯在少量浓硫酸催化下反应的产物。

乙酰水杨酸为白色针状结晶，微溶于水，溶于乙醇中。它在潮湿空气中可逐渐分解，故须严密贮藏，避免吸潮。

它在医药上常用作镇痛药，还具有抗血栓形成以及抗风湿作用。

还有其他一些有机物质……不再多叙，有机化学暂告一段落。

欲知后事如何，且听下回分解。

## 第五回 物理和化学同结连理枝 分支成系统双双比翼飞

热化学、电化学、光化学等发展迅速。分子学说、溶液理论卓有成效。化学反应速度、催化理论等进一步发展，名家荟萃。物理和化学相互联姻，从而打开了人们的视野。

却说物理化学是在 1887 年由德国莱比锡大学教授奥斯特瓦尔德和荷兰阿姆斯特丹大学化学教授范霍夫创办《物理化学杂志》时，才作为独立学科建立起来的。

实际上，在此以前物理化学已经有很大的进展了。

早在 18 世纪时，俄国著名科学家罗蒙诺索夫就曾使用过物理化学这一术语，而且提出了这门学科的性质和研究范围。他认为物理化学就是利用物理学的定律来解释各种化合物在化学过程中是怎样形成的。

物理化学是物理学和化学的边缘学科，最初的物理学家又是化学家。当初的化学家大都不太注意物理的新发现，他们热衷于有机化学的非定量的推理方法，轻视数学定律。物理学家则走自己的道路，他们只对理论有兴趣，认为描述化学的真正意义不大。

总之，在 19 世纪前期，化学与物理学、数学的发展严重的脱离，阻碍了化学研究的前进步伐。

这种局面持续到 19 世纪的中叶，终于被扭转了。气体分子运动论、热力学以及电化学做为物理化学初建时期的支柱，进步很快。其他分支，如光化学、胶体化学和化学动力学也已开始形成。

物理化学与生产密切相关，在短短的十几年中，就获得了令人惊喜的成效，从而打开了化学家的视野，看到了化学同物理学相结合的重大意义和光辉前景。

却说早在 1661 年，波义耳就发现一定量的气体在温度不变的情况下，体积与压力成反比。17 年后，法国物理学家马里奥特也独立地发现了这个规律。1737 年左右，法国物理学家查理又提出了气体体积随温度变化的规律。1820 年，盖吕萨克曾计算出查理定律表达式中常数项的近似值。

根据波义耳定律和盖吕萨克定律，很容易得到气态方程  $PV = RT$ ，式中的  $T$  为绝对温度。当气体为 1 摩尔时， $R = PV/T$ ，这个方程是由法国工程师兼物理学家克拉佩隆首先提出来的，所以通常称之为克拉佩隆方程。

这些气体定律只能根据原子—分子学说和分子运动学说来加以解释。到了 1738 年荷兰机械与物理学家伯努力提出了气体压力与分子运动之间关系的数学表达式：

$$P = \frac{1}{3} nmu^2 / s^3$$

$S^3$  为气体的体积， $m$  为气体分子的质量， $u$  为分子运动的平均速度， $n$  是该体积中气体分子的数目。

19 世纪下半期法国物理学家阿马加，发现所有气体都不严格遵守波义耳定律，特别是在高压情况下更是如此，他又进行了更周密的实验。

到了 1871 年，荷兰人范德华考虑到气体分子间相互吸引力和分子本身体积这两个因素提出了非理想气体的状态方程，完成了理论与实验非常一致的公式：

$$\left(P + \frac{a}{r_2}\right)(V - b) = RT$$

a 和 b 是两个校正值。

在此基础上，1865 年左右，奥地利物理学家洛施米特根据阿佛加德罗假说和分子运动学说，计算出了在标准状态下每立方厘米中气体分子的数目，这一数目是： $26870 \times 10^{19}$ （这是后来进一步测定的精确数字，叫做洛施米特数）。

却说同气体分子运动紧密相关的问题之一是气体的液化。德莫沃和孚克劳曾以冷却与加压相结合的方法液化了二氧化硫和氨。之后，法拉第又为进一步研究气体液化的方法，做出了重要的贡献：他在 1823 年，将氯气变为液体。

科学家们尝试了多种方法，都没有实现氢气、氧气和氟气的液化。因此把这种气体称之为“永久性气体”，这种名称一直沿用了近 1/4 个世纪。

1869 年，英国物理学家、贝尔沽斯特学院教授安德鲁斯在研究  $\text{CO}_2$  的液化时发现，它有一个温度界限。推而广之，他认为每一种气体都存在一种温度界限，高于这一温度的气体，即使在很高的压力下也不能被液化。这一温度叫做临界温度。

在安德鲁斯提出上述观点后不久，两位法国年轻的科学工作者，铁皮匠皮克泰特和制冰匠凯耶特，根据安德鲁斯的启发，终于制得了少量的液态氧和液态氮。

气体液化技术的进一步发展，是根据焦耳—汤姆逊效应，即在低于一定温度的条件下，使气体膨胀以进行冷却。

根据这一原理，德国工程学家林德研究出了气体液化的方法（林德机器）。与此同时，伦敦皇家科学院的科学家杜瓦，用差不多相同的装置，第一次制造出了液态氢。杜瓦还发明了一处低温液体容器——杜瓦瓶，这种容器于 1892 年开始被推广使用。

且说气体状态方程、分子运动学说暂告一段落。物理化学的另一分支——热化学，也经历了一个迂回的过程。

在 19 世纪以前，热在化学、物理过程中的重要意义人们已有所知。但热的本质对物理学家和化学家来说，却是一件神秘的事物。

拉瓦锡注意到了化学反应中的热效应，他拥护热质说，把热质看成是一种元素。他曾设计了第一台简陋的量热计，想用它来测定参加反应的热量。

在施塔尔的“燃素说”风靡一时时，由于对燃烧现象和各种化学反应在逻辑上给予了统一的解释，这无疑对热质说的流行起了推波助澜的作用。

在热质说发展时期，杰出的代表人物是美国最早的科学家之一本杰明·汤普森。

在他的各种各样科学实验中，最著名的是关于摩擦生热的实验。他早年曾在德国的慕尼黑从事大炮的钻孔工作，那时就对摩擦产热感到惊奇。后来他制备了一套仪器，用钝钢铝来摩擦金属壁，以产生热来使一定量的水温度升高，他居然用两个半小时使水沸腾了，但金属的磨损却微不足道。

从这里，他得到启发并做出结论，摩擦产生的热，肯定不是物质（实体）而是来自运动。

在发展热化学方面，丹麦物理学家汤姆生占有重要地位。他在 1882 年—1886 年间出版了四卷本的《热化学》著作，对化学亲和力与反应的热效应

做了详细阐述。

巴黎的化学家贝特罗对热化学也做出了重要的贡献。他发明了精确测定燃烧热的方法，贝特罗弹式量热计精确测定了一系列化合物的燃烧热，这种量热计一直沿用至今。

除此以外，他在发挥汤姆生关于反应热与化学亲合力的原理时指出：只有伴随着放热过程，反应才能自发产生。在几个可能发生的反应中，只有放出最大热量的反应才能发生。这一原理后来被叫做贝特罗——汤姆生最大功能原理。

随着实践的检验，此原理只是局部的真理。只有当温度接近绝对零度时，此原理才能成立。

化学热力学的产生，还同产业革命时期热机的发展相联系。法国科学家卡诺在分析蒸汽机作用基础上，研究了获得机械功的过程（卡诺循环），结果发现，只有在发动机的加热器与冷却器之间存在着温度差的情况下，才能做功。

卡诺对蒸汽机的经典研究，奠定了热力学的基础。从此以后，这方面的工作，呈现了良好的势头。

克拉佩隆发展了卡诺的结论，把它画成了解析图。今天我们熟悉的由两条绝对热线和两条等温线组成的 P—V 图，就是他提出来的。

克劳胥斯对热转化为功进行了广泛的研究，他不仅从能量不灭定理来研究这一过程，而且还根据分子运动说，从性质方面来研究它。

随后英国格拉斯哥的大学教授汤姆逊（即开尔文）提出了热的动力学说，他提出“绝对温度”的标准（后来称为“开尔文温标”），并阐明这种“温标”的特征是每度都有相同的效应，物体 A 在这个温标下，把单位的热传递给在温度为 T—1 的物体 B 时，会做相同的机械功，不管 T 是什么值。

在这些年代里，还根据汤姆逊和英国工程师兰金的建议，采用了“能量”这一概念。这一“概念”同以往“力”的概念相比较，更准确、更具体地表达热的、机械的以及化学的效应。

在克劳胥斯和汤姆逊的研究过程中，已经形成了热力学第一定律，即能量转化和守恒定律。它同热力学第二定律基本上是一时期发展起来的，并且相辅相成。

英国曼彻斯特的物理学家焦耳，可以说是最早用科学实验确立热力学第一定律的人。

焦耳本来是个啤酒商，当他 22 岁时便发现电流沿金属导体传播时，所产生的热量和导体的电阻和电流强度的平方成正比，这是后世所谓的“焦耳定律”。

焦耳从自己做的各种实践中得出结论：电流产生热是源于克服阻力，从而揭示了电和热两种运动形成之间的转化规律。其后，焦耳又做了大量实验，提出了一些新的观点，得到科学界的普遍重视。

第一个用热力学来解释化学过程的，是海德贝格大学理论化学名誉教授霍斯特曼。他在研究氯比较的升华过程中发现，蒸汽压随温度而变化的关系遵守克劳胥斯——克拉佩隆方程：

$$\frac{dP}{dT} = \frac{Q}{T(V_1 - V_2)}$$

其中 P 为压力，Q 为升华热， $V_1$  为蒸气体积， $V_2$  为固相体积。 $V_2$  与  $V_1$  相

比非常小，所以常忽略不计。

霍斯特曼应用这一方程式，计算了一些化合物和碳酸盐的解离热。

用热力学定律来研究化学平衡问题也获得了丰硕成果。在这方面，美国耶鲁大学数学和物理学教授吉布斯所做的研究工作是非常有价值的。

他毕业于耶鲁大学后又攻读工程学，获美国的第一批哲学博士学位，其后他游学欧洲，在巴黎、柏林等大学学习数学和物理，博览群书，知识丰富。这些为他日后科学基础理论的研究打下了基础。

吉布斯的一些论文于 1873 年—1878 年间发表在当时科学界并不知名的《康乃狄科学院学报》上，因此长时间没有引起各国科学家的注意。吉布斯所提出的相律，在化学平衡学说中的作用具有重大意义。

第一位成功地应用相律的人，是阿姆斯特丹的大学教授罗泽布姆，他首先研究了二氧化硫水合物的平衡现象，并且进一步用图表法描述了平衡体系在化学和冶金学中的作用。

热力学发展到 19 世纪末，还只适用于处理理想体系，或将一些实际体系近似的当做理想体系来处理。而这样的处理，同很多的实际体系有较大的偏差，必须做各种修正。这样，热力学的应用便受到了限制。

1887 年，法国化学、冶金家夏特里，在研究鼓风炉中的反应时，总结出了外界条件改变对化学反应方面的影响。根据动态平衡的原理，他提出了平衡移动反应的著名定律。

按照夏特里的观点，只有生成沉淀或放出气体的反应才能进行，其他一切化学反应都是可逆反应。

综上所述，热化学是研究化学变化中与热效应有关的规律。它是物理化学的奠基性研究之一。它提供的各种数据对工业生产和自然科学研究具有重要意义，工业生产中的各种换热问题，燃料的合理利用以及对设备的要求，都离不开热化学数据；而反应热与各种热力学函数及化学结构之间的密切关联，又使热化学成为这些方面理论研究的重要依据。

热化学还有很多的理论和研究成果，篇幅有限，不再多叙。

却说有关溶液性质的研究，可以说是从物质的溶解性与溶解度的测定开始的。但对溶解的机制，却长期众说纷纭，得不出明确的结论。

化学家对溶液的深入研究，则是从溶液某些性质的依数性的发现开始的。

首先是关于溶液渗透压的发现。最早观察到渗透现象的是法国物理学家诺勒。

他做了下列实验：把酒精装满一个玻璃圆筒，用猪膀胱密封住，然后把圆筒全部浸进水中。他发现膀胱膜向外膨胀，即发现水通过膀胱膜渗透进圆筒，最后膀胱竟被撑破。但他没有意识到这就是渗透压造成的。

诺勒以后，科学家们又做了许多类似的实验，但均没进行深入研究。

最早对渗透压进行半定量研究的，是法国生理学家杜特罗夏。

他用一个钟罩形的玻璃容器，下面用羊皮纸封住，从上面插进一支长玻璃管，容器中分别放入各种不同浓度、不同物质的溶液，然后把它浸入水中。于是观察到玻璃管内液面上升，发现其升高值同溶液的浓度成正比。

他得出结论：此压力是由于外面的水，通过羊皮纸向溶液方向迁移而生的。他给这种现象命名为“渗透作用”（内渗和外渗）。



其后，德国生理化学家特劳贝，提供了几种类型的只能让水透过的膜。后来著名化学家范特霍夫把这种膜叫做半透膜。

特劳贝和其他一些科学家利用这种半透膜，成功地测出了一些溶液的最大渗透压力。具有极重大意义的膜，是用硫氰化铜沉积在多孔磁筒上所形成的半透膜。

10年以后，德国植物学家兼化学家浦菲弗，利用特劳贝所制的半透膜对蔗糖溶液的渗透压进行了广泛的定量研究，得到了准确的数据。

不久以后，荷兰的一位植物学家在研究植物枯萎时发现：植物浸于纯水中便会发生“浮肿”，浸在浓溶液中则很快枯萎；而在介于中间的溶液中，它的细胞膜仍维持正常。他理解到最后一种情况，是由于细胞膜内外具有相同的渗透压。

这些实验结果，激起了德国科学家范特霍夫对渗透压进行理论探讨的热情。

他从浦菲弗研究的数据，波义耳定律对气体的描述，以及其他一些结果，得出最后结论：在确定浓度下，渗透压与绝对温度成正比。这与盖吕萨克律是一致的。渗透压应遵从以下公式：

$$P = \frac{KT}{V}, PV = KT$$

式中  $P$  是渗透压， $V$  是溶液的体积， $T$  是当时的绝对温度， $K$  是一个常数。

由于上式同理想气体的状态方程很相似，范特霍夫便以浦菲弗的实验数据计算  $K$  值，结果居然恰恰等于理想气体常数。所以溶液的渗透压也服从阿佛加德罗定律。因此，

$$P_{\text{渗透}} \times V = RT$$

式中  $R$  是一克分子气体的常数。从中可以看出，在稀溶液中，溶质所产生的渗透压  $P$  等于溶质在同一绝对温度下，转化为理想气体并占有溶剂体积  $V$  时所放出的气压。

顺便提一下范特霍夫：范特霍夫生于 1852 年，从代尔夫特技术学院毕业后，在波恩的凯库勒教授那里做实习生。其后任阿姆斯特丹大学化学教授，并成为普鲁士科学院院士。他又是俄国彼德堡科学院的国外通讯院士，以及其他许多科学院的院士。

范特霍夫是一个有多方面才能的化学家，他的研究范围极其广泛。他向化学家们指出了怎样把热力学运用于化学，尤其是怎样把热力学和亲和力观念联系起来。

他还发现了热力学定律，虽有些局限性，但对物理化学的发展，起到了巨大的推动作用。

范特霍夫由于对化学热力学、化学动力学及立体化学的研究都做出了卓越贡献而获得了诺贝尔化学奖，也是诺贝尔化学奖的第一位获得者。

下面我们接着说英国物理化学家布莱格登提出的“布莱格登定律”。

布莱格登将食盐、硝酸钾、硫酸镁、硫酸亚铁等分别溶于水中，并测定出每种溶液的凝固点，其结论是凝固点降低值简单地依赖于盐和水的比例，如果几种盐同时溶在水中，对凝固点的降低遵守加和作用。

法国格勒诺布尔地方的教授拉乌尔，重视并研究了这个问题。

他首先研究了 329 种有机物质，指出凝固点的降低与溶质的分子浓度成正比。此后他又发现溶液的蒸汽压降低也有类似的效应。

拉乌尔又研究了水溶液和非水溶液蒸汽压降低的问题。

他的研究引起了有机化学家的极大兴趣，因为他们一直没有找到测定不挥发性物质分子量的可靠方法。现在只要把它们溶在适当的溶剂中，测定其凝固点降低值或沸点升高值，就可以计算出其分子量了。

他们还为了测定分子量，专门设计发明了差示温度计（现称贝克曼温度计），可以测定出 0.001 的温差。

却说化学家们在各种各样的实验中，逐渐发现范特霍夫的渗透压公式也适用于溶质为有机物的溶液。例如蔗糖，但不适用于酸、碱、盐的水溶液。后来才知道，渗透效应依赖于溶液中的微粒数，正如气体压力取决于一定体积中的全体分子数，即后来所称之为的“依数性”。

酸、碱、盐溶液的粒子数增多，意味着这些溶质分子在水溶液中发生了离解，犹如氯化铵在加热时离解而显示的蒸汽压异常一样。酸、碱、盐这类物质不但离解而又导电，这就说明离解了的微粒和带电的颗粒有着某种联系。

瑞典青年化学家阿累尼乌斯，在一系列实验结果及对盐类水溶液导电性研究的基础上，得出了上面的结论。

阿累尼乌斯生于 1859 年，17 岁时进入瑞典乌普萨拉大学，主要研究物理学。1881 年起在斯德哥尔摩科学院实验室工作，在 1882 年，他开始独自研究电解质溶液的电导率问题。

经过不懈的努力，阿累尼乌斯理论终于获得了化学界的广泛信服。他是第三位诺贝尔化学奖的获得者。范特霍夫把他的学说誉为物理化学史上的一次革命。

回过头来，继续说阿累尼乌斯的电离学说：

1883 年，他在进行博士学位答辩时提出了电离学说，主要论点是电解质溶解后立即离解，不管是否有电流通过，溶液中永远有离子存在。

阿累尼乌斯还认为，弱电解质只有一部分发生离解，因而质量作用定律可适用于这些物质的溶液，这样出色的论文，按理说应该得到教授们的最高奖赏，然而却被斥之为“荒唐的小学生”。

论文虽以保留的态度勉强通过了，这位青年人的苦闷也与日俱增。乌普萨拉大学当时在瑞典的是权威学府，看来他在国内是得不到支持了。

于是他投书给国外的一些名家，觅求知音，其中有门捷列夫、阿姆斯特朗、特劳贝等，得到的竟是冷淡的回答，有的竟石沉大海，杳无音讯。

就在这时，偏有一个人对阿累尼乌斯的理论表现了极大的热情，他就是奥斯特瓦尔德。

因为当时奥斯特瓦尔德正在研究醋酸甲脂的水解和蔗糖的转化问题，以各种无机酸有机酸作为催化剂，他发现从电导测出的每种酸，对盐酸的相对电导值和每种酸对盐酸的相对催化速度比值是一致的，正好同阿累尼乌斯电离学说一致，而且又可以作为这一学说的旁证。

他立即从俄国的里加到斯德哥尔摩看望阿累尼乌斯，两人相互切磋，彼此大受教益。之后，他们又拜访了范特霍夫，并在他的实验室进行了冰点降低的实验工作，以进一步论证电离学说。从此，奥斯特瓦尔德、范特霍夫和阿累尼乌斯三人成了亲密的朋友，成为当时物理化学研究的中坚力量。

阿累尼乌斯在解释气体反应时，发挥了活化分子的理论，并提出了表达化学变化与活化分子数目关系的著名公式：

$$A_1 = A_e - \frac{E_A}{RT}$$

其中  $A_1$  表示活化分子能量,  $E = A$ ,  $E_A = A_1 - A_0$ 。这样, 反应速度取决于活化分子相碰撞的次数, 而碰撞次数随温度升高而增加。

阿累厄乌斯后来还研究了其他一些各种各样的问题, 其中包括宇宙起源的假说, 还研究过生物学, 并写了几本科普著作。

奥斯特瓦尔德对电离学说的应用和推广做出了积极的贡献。阿累厄乌斯的电离学说就是发表在由奥斯特瓦尔德主编的《物理化学》创刊号上。

他本人于 1885 年根据电离学说提出了著名的稀释定律 给电离学说以支持。此外, 他还提出了把分析化学中的反应看成是离子反应, 并且用离子的特殊颜色来解释溶液的颜色。

奥斯特瓦尔德写过许多教科书和专著, 其中包括化学史。他还研究过催化作用, 特别是用铂催化剂将氨氧化的反应。

奥斯特瓦尔德同阿累厄乌斯一样, 为物理化学发展做出了巨大的贡献, 他所在的莱比锡化学实验室成为 19 世纪 90 年代物理化学研究的中心。

前面我们介绍了化学反应中的一些学问, 提到化学反应, 不能不说说化学反应速度。

化学反应具有不同速度这一事实, 人们很早就已知道, 但对比学反应速度第一次进行定量研究的, 却是德国青年药剂师威廉米。

大约在 1850 年, 他用旋光测定计巧妙地研究了蔗糖在酸作用下的水解速度。他发现了著名的反应生成量与反应时间关系的对数表达式, 如下:

$$\left[ -\frac{dc}{dt} = kc \text{ 或 } 2 \cdot 3 \log \left( \frac{c_0}{c} \right) = kt \right]$$

这个单分子反应式是研究化学反应过程的第一个数学表达式。

同威廉米同时代的科学家威廉逊也发现, 如果一种反应按一定速度生成产物, 而产物又按一定速度还原为原来的物质, 经过一定时间必然会达到平衡。化学家们并没有立即接受这种动态平衡观点。

真正认识到动态平衡概念重大意义的, 是两位挪威科学家古德贝和瓦格。

1863 年, 他们在用挪威文发表的一本小册子中, 总结了 300 个实验数据, 全面研究固—液的非均相平衡体系, 提出了日后成为现代化学重要基础的质量作用定律。

他们还认识到反应物的浓度, 构成决定正反应和逆反应能否趋于平衡的“有效质量”。他们弄清楚了浓度的重要作用和动态平衡的巨大意义。

化学家们在研究高锰酸钾和草酸时还发现, “一个化学反应的速度与发生变比的物质的量成正比”。为此, 他们列出  $A \rightarrow B, B + C \rightarrow D$  的速度方程式, 并得到了这个微积分式的解。他们还对  $H_2O_2 + 2HI \rightarrow 2H_2O + I_2$  进行了研究, 最后证明这个反应的速度与  $H_2O_2$  的量成正比例关系。

除了浓度对化学反应速度有很大影响外, 温度也影响着化学反应速度。

温度对化学反应速度的强烈影响也早已为人们所知, 19 世纪以来, 曾经有许多科学家用不同的公式来表达这种关系。

阿累厄乌斯首先对反应速度随温度变化的规律性作出解释。他认为, 不能用温度对反应物分子的运动速度、碰撞频率、浓度和反应体系的粘度等物

理现象来解释反应速度的温度体系。

他于是根据蔗糖转化的反应，设想在反应体系中存在着不同于一般反应物分子的活化分子，其浓度随温度的升高而显著增加（每升高 1 度，约增加 12%），而反应速度则取决于活化分子的浓度。

鉴于温度不同时，反应物的性质并未发生显著的质的差别，所以他又假设，在一般实验所及的温度范围内，虽然活化分子随温度的升高而速度加快，但其总量与非活化分子相比，终究是微不足道的。总之，化学反应是依靠反应体系中那些数量极少，但能量很高的活化分子进行的。

且说运用原子、分子运动的理论，来解释化学反应动力学的规律性，并预示化学反应的速度，是反应速度理论的首要任务。

反应速度理论一般有双分子反应碰撞理论和反应速度的过渡态理论。

首先介绍双分子碰撞理论，此理论有两个前提：若要发生反应，首先反应物分子必须互相趋近——碰撞；其次，并非所有的碰撞都能发生反应，只有那些足够激烈的碰撞才能导致反应的发生。

古德贝格和瓦格采用双分子碰撞的观点，得出了质量作用定律的普遍式：

$$\text{反应速度} = RP \cdot q \cdot r$$

其中 P、q、r 是有效质量，、 、 是相应的指数。

过渡态理论：

过渡态理论仍以有效碰撞为反应发生的前提。不过，它的分子碰撞瞬间的过程，较为复杂和有趣。

这个理论认为，反应物分子进行有效碰撞后，形成一个过渡态，然后分解，形成反应的产物。如以原子交换反应  $A + BC \rightarrow AB + C$  为例，此过程是：



反应物                      过渡态                      产物

过渡态理论，阐明了活化能的实质，为反应速度的绝对值测定提供理论指导。因此，一旦知道了反应体系的作用能，便可用统计学的方法计算反应的速度。

综观整个物理化学，可以看出：古德贝格和瓦格使质量作用定律进一步完善起来；阿累尼乌斯发展了活化分子的理论，并提出了反应速度常数与活化能关系的方程式；考虑到温度变化对反应速度的影响，范特霍夫得出了平衡常数随温度与热效应变化的方程式。

化学动力学的进一步发展，使物理化学又走上了新的台阶。

却说催化理论与化学反应速度是紧密相联的。

人类利用催化作用源远流长。在古代，人们就知道利用糴来酿酒制醋；在中世纪欧洲，炼金家们就曾通过焙烧硫黄，用硝石作催化剂制造出了硫酸；13 世纪时，便发现浓硫酸能使乙醇转变成乙醚；18 世纪，已创造了以一氧化氮为催化剂的铅室制造硫酸的方法。

人们对催化作用的认真观察和系统研究，则是从 19 世纪以后才开始的。

1811 年，俄国化学家基尔霍夫研究了硫酸对淀粉和蔗糖水解为葡萄糖的催化作用，发现在整个过程中，硫酸最终并没有什么变化，它好象只是在促进这一反应的进行，自己并未参加反应。

1819 年，泰纳系统地研究了锰、银、铂、金等对碱性介质中过氧化氢分解的加速作用。

1820年，德贝莱纳发现铂粉可以促进氢气和氧气化合，还了解到海绵状铂能促使乙醇蒸发，在常温下便又氧化为醋酸。

瑞典著名化学家贝采里乌斯，可以说是催化理论的开创者。

他对当时已知的各种催化现象作出解释，提出了“催化”和“催化剂”等一些专门名词。他认为，催化剂是一种具有“催化力”的物质，在这种作用力的影响下，能使化学反应加快进行，这种反应叫催化反应。

他还建议，把一些物质能够影响反应进程的能力命名为“催化力”，并根据“analysis”（分析）一词加以类推。把它的作用称为“catalysis”。在希腊语中意思是“分解”。

他在一本著述中写道：“催化力本身似乎仅在于其存在，而不是由于其亲和力，使在这一温度下固有然而潜睡着的亲和力被唤醒，使复杂物质中的元素发生重新组合，而构成另一种关系，在这一关系下，可能引起很大的电化学中和。”

他的这一理论，据现在的了解，并不十分正确，但终究把这一特殊现象归纳综合，为提醒以后的化学家们去探究其中的奥秘奠定了基础。

一些科学家对应用催化力这一概念提出了批评，认为催化力假说不科学，如著名学者李比希和武勒等。

关于催化现象的本质，一直模糊不清，科学家们提出了好多种假说，但均不满意。

19世纪40年代初，格林提出催化剂起着反应物微粒载体的作用；墨而塞则把催化作用看成弱化学亲合力的表现；凯库勒认为：催化剂使反应微粒互相接近，因而削弱了反应物本身原子间的结合。

随着催化现象的更多发现，化学家们逐渐摆脱了旧理念的束缚，掀起了催化理论研究的高潮。

物理化学之父奥斯特瓦尔德，经过长期的努力，终于提出了催化剂的现代观点：“凡能改变化学反应速度而不形成化学反应的最终产物，就叫做催化剂。”他列出四种类型的催化作用：

- (1) 过饱和物系中离析作用的催化；
- (2) 均相混合物中的催化；
- (3) 非均相催化；
- (4) 酶的催化作用。

奥斯特瓦尔德的催化学说，终于阐明了催化现象和化学动力学的关系。从那时起，催化过程变得日益重要起来，在工业生产中更是如此，可以举出的辉煌成就有合成氨及氨氧化法制取硝酸。

20世纪初，合成氨工业化的实现，使催化剂和催化原理的研究出现了一个高峰，也可以说是一个里程碑。那时由于人们了解到氮肥的施用可以使农作物大量增产，促使很多化学家从事合成氨的研究。

其中贡献最杰出的是德国化学工业家哈伯、能斯特以及法国物理化学家夏特里。哈伯在1909年，用钨作催化剂得到了氨浓度为6%的产率，这可以说是一个具有实用价值的合成方法转折点。

当年哈伯又改进了方法，使合成氨的成本大为降低，立即被德国一家苯胺纯碱公司所采用。

其后，该公司的工程师波施等立即开始研究比钨价廉且较易得到的催化剂，发现天然磁铁矿具有更良好的效果。

他们又注意到在 500 的反应条件下，催化剂表面的半熔现象会降低催化剂的活性，而掺入少量  $Al_2O_3$ 、 $K_2O$  等会有助于克服这一消极因素。因此又开展了助催化剂的研究。

经过两万多次的试验，终于得到了较理想的，含有少量 K、Mg、AL 和 Ca 的铁催化剂组。这一具有重要经济效益的成果，不仅促进了其他利用催化反应的化学工业的兴起，也掀起了对催化理论研究的新高潮。

却说在合成氨生产中，人们又发现原料气中含有的少量杂质能对催化剂的活性具有很大的影响，这种现象在其他催化反应中也有所表现。

于是化学家们通过测定反应中吸附量及脱附速率的研究，终于探明在多相催化作用中，催化反应是在与催化剂表面接触的单分子层中发生的。

酶是人类最早应用的催化剂，也是最活跃的一类催化剂。它远比一般催化剂优越，表现出高效、选择性强等特殊性能。

许多酶都含有金属离子，金属离子起着反应活性中心的作用。因此，模拟酶的特异功能，仿照酶的结构合成高效的模拟催化剂，是催化作用理论同实际相结合的重大课题。

例如科学家们发现，自生固氮菌与高等植物共生后，可以固定空气中的氮。就是模拟酶开发取得的成果。

利用催化剂和催化反应的实例不胜枚举，在石油工业、食品工业、化学工业等方面，都有催化剂的参与。最典型的要数石油炼制的过程。

在石油炼制中，要进行裂化，将分子量高的烃裂解为挥发适度、适合于作燃料用的较小碎片，最初采用膨润土类型的天然酸性白土为催化剂，之后又为人工氧化铝—氧化硅所取代。

后来又改用天然沸石，使在裂解的同时，还发生一些直链烃转化为辛烷值较高的产物的反应。由于催化裂化的产物仍不具有足够高的辛烷值，因此需要进一步改进。

现在已研制出金属组份（通常是铂）同酸性组份组合而成的双功能催化剂，从而大大地提高了产值。

由于催化剂形式繁多，涉及面广，各类催化作用又各有特点等等，不再多举例说明。但可以预言，随着化学的发展，催化作用的新理论必将呈现新的势头。

却说物理化学的另外两个分支：胶体化学和电化学。

人们在古代就接触和利用过很多胶体物质，例如生活中常见的面团、乳汁、油漆、土壤等都属胶体的范围。胶体具有一些神奇的性质和特点。

1663 年，医药化学家卡修斯用氯化亚锡还原金属盐溶液，制得了紫色的金溶胶。但只是偶然的，并且把它当成一种普通溶液。

1809 年，莫斯科大学的化学家列伊斯使用一支 U 型管，管底中部放一粘土塞子，盛水后通电。他观察到粘土的悬浮粒子向阳极移动，而阴极一边的水位则上升。这个实验证明了粘土粒和水带有相反的电荷，这种现象叫做“电泳”。

1827 年，英国著名植物学家布朗将花粉洒在水中，然后在显微镜下观察，发现这些粒子不仅会移动，而且还会不停地转动。后来，人们就把胶体粒子所呈现的这个重要现象称作“布朗运动”。

1838 年，德国科学家阿歇森在鸡蛋蛋白的水溶液中，加入一些橄榄油，使

之呈现悬浮的微滴状态。他在研究这种油滴时，看到鸡蛋白在油滴与水的界面上，形成一层膜，这个分散体系十分稳定。他的研究可以说是保护胶体和乳状液体形成机理探讨的开始。

1857年，法拉第曾作过这样的实验：使一束光线通过一个玫瑰红色的金溶胶，这个溶胶原来也像普通的溶液一样是清澈的，但当光线射过时，从侧面可以看到在此溶胶中呈现出一条光路。后来英国自然哲学家丁达尔对此现象作了广泛的研究，以后人们就把一现象叫做“丁达尔效应”。

此外，法拉第还做过这样的实验：往无机溶液中先加入动物胶，再加入适当的沉淀剂时，发现原来的沉淀这时不再发生了。这种作用后来被称做“保护”作用。

1854—1864年间，英国著名化学家格雷阿姆对胶体进行了大量的实验。为了区别胶体和晶体，他首先提出了胶体这一名称。他指出动物胶是典型的胶体，不结晶，在水中扩散时要比晶体慢得多。

他还做过这样的实验：将一块羊皮纸缚在一个玻璃筒上，筒里装上要试验的溶液，然后把筒浸在水中。发现糖、无机盐、尿素等扩散相当快，很容易通过羊皮纸渗析出来；另一些物质，如明胶、氢氧化铝溶液、硅酸等扩散很慢，不能或很难透过羊皮纸。

其后，他发现糖、尿素等一类物质当溶剂蒸发时容易形成晶体析出；明胶、氢氧化铝溶液、硅酸等不能结晶，大都形成无定形胶状物质。他便把它们称为“胶体”，意思是像胶一样。

格雷阿姆还利用渗析器将胶体与结晶体分开。他制得了三硫化二砷、硅酸、氢氧化铝和氢氧化铬的胶体溶液。他把液态胶体（溶液）叫做溶胶，把半固态胶体叫做凝胶。

由于格雷阿姆的杰出成就，人们开始对胶体的研究产生了极大的兴趣。他的工作被认为是胶体化学这一学科产生的标志。

却说在19世纪，大体说来，科学家们主要是归纳出了胶体的一些特性。20世纪以后，有关胶体的理论研究才系统地展开。研究的重点从疏液胶体很快转向大分子溶液，主要原因是生物化学家对蛋白质和碳水化合物的关注。

到了1903年，德国化学家发明了超显微镜，可以观察到小至100Å的微粒。用这种仪器可以对胶体颗粒进行计数，再结合其他一些技术，并可量得颗粒的大小。

人们在研究胶体中发现，胶粒具有很大的表面，对其他的离子、气体分子、有色物质等有很强有吸附能力。因此胶体的表面吸附问题，始终是胶体化学的重要研究课题。

对胶体的表面结构和化学吸附的研究，科学家们十分地热衷。新的研究技术可以说是层出不穷。

他们采用了红外光谱、核磁共振、场发射显微镜、场离子显微镜、同位素交换法等技术。但在这些方法中，只有场发射显微镜、场离子显微镜这两项技术能够直接观察不同晶面上的吸附以及表面个别原子的位置。

他们还可为胶粒表面的各种晶体缺陷、不同晶面的吸附性质、表面扩散等的研究，提供最直接的证据。是研究胶体表面性质最令人鼓舞和最具特色的技术。

胶体的基本性质除去表面性质外，大体可分为三方面：运动性质、平衡性质和稳定性质。

胶体颗粒可以有多种运动形式，首先是热运动，在微粒上是以布朗运动的形式表现出来，然后，液体分子对悬浮粒子不规则地撞击，粒子越小，温度越高，则布朗运动越强烈。

其次，胶体粒子在重力场和离心场力中，可引起沉降。由此，科学家们发明了超离心机。

除此以外，胶体颗粒表面还带有电荷、颗粒与颗粒之间存在着范德华引力等等，有待于科学家们去进一步研究。

整个 19 世纪 胶体化学的发展仅是积累事实材料和发现胶体的一些定性规律。只有到了 20 世纪，胶体化学才得到广泛的发展和有了多种多样的实际用途。

胶体化学的应用范围，涉及到很多工业部门，近年来对油漆膜的物化性能、催化剂的作用机理，生物膜以及合成膜的选择渗透性机理的研究等，都受到了极大的重视。

胶体化学还深入到其他的一些领域，如分子生物学、大气污染中溶胶的形成与消除等。总之，自从塑料、橡胶、合成纤维工业兴起以来，胶体化学的研究便呈现出了勃勃的生机。

最后说说物理化学的另一个分支：电化说。

却说自远古以来，人类对电的现象就有所觉察（如雷电），但那时人们不了解其真正的秘密，只能给它赋以神秘的色彩，臆造出种种离奇的神话。

后来，人们在日常生活中，逐渐发现和认识了摩擦产生静电的现象，如用梳子理头发时常会噼噼作响。后来人们又发现，琥珀和麻布相互摩擦以后，会吸引碎片、草屑或谷壳，由此产生了“电”这个词。

到了 17 世纪，有关电的科学研究正式开始。德国一位科学家制造出一种机器，只要用手和硫黄球相互摩擦，就能产生出大量的静电。

法国一位科学家，发现放在真空管中的水银振动时与玻璃摩擦，会产生辉光。

另一位科学家，则证明金属接上电源能导电，而蚕丝则不能导电，于是区分了导体与非导体。这种现象，使人们想象到电是一种流体。

18 世纪后期，化学家们注意到电火花可以激发化学反应。如普里斯特利在研究氨气时，曾使电火花通过这种气体，发现它分解成可燃气体氢气和氮气。

其后，伏特又制成能维持一定电流的“电堆”，即将一锌片与一张铜片垒起来，把在盐水中浸湿了的布片放在上面，并这样一组组地堆上去，形成一端为锌片，另一端为铜片的电堆。当手接触到两端的金属时，就会感到强烈的“电震”。后人称其为“伏特电堆”。

后来伏特又对电堆加以改进，进一步提高其“电力”，他将铜片与锌片放入盛有盐水的容器中，并将整个这样的东西连接起来，称为“伏特电池”。

伏特电堆是原电池的先声，它提供了恒稳的电流，为电学的进一步发展和电化学的创建开辟了道路。

伏特的研究成果，很快被英国和法国等国的化学家们所利用。他们用这些新的装置来研究电引起的化学反应，由此把电化学带进了一个新的天地。

在电化学发展史上，第一个发明是利用电流电解水。

1800 年，英国化学家尼科尔森和卡里斯尔进行了施电流于水的实验：

利用 36 枚英国半克朗银币和圆形锌片，同盐水浸渍的硬纸片制成电堆，



以白金箔为电极，插入水中。当电极导线与电堆两极接触时，就有气体从电极上逸出，他们用排水集气法收集此气体。

电解 13 小时，得到 1.1 立方时的气体。与负极一端相连的电极上逸出的气体量，恰为另一电极上逸出气体的 2 倍。这与氢、氧合成水时的体积比恰相一致。经鉴定，此两种气体正是氢气和氧气。

随着研究的深入，英国著名化学家戴维发现：氢、金属及碱类都带正电荷、易被阴极所吸引；氧、酸类都为负电荷，易为阳极所吸引。

戴维便详细阐述了电解同化学亲和力之间的关系，认为氧与氢之间，金属与氧之间，酸与碱之间的化学亲和力，实质上是一种电力的吸引，而电力又可使它们分开。

戴维的研究引起人们的注意，他的助手法拉第便是其中的一位。

法拉第是英国人，是 19 世纪电磁学和电化学领域的伟大开拓者，是科学史上最卓著的人物之一。

他出生在伦敦市郊一个贫苦的铁匠家庭，父亲收入菲薄，法拉第小时候有时连饭都吃不饱，所以根本没有入校求学的机会。

刚懂事，他就到一家书籍装订厂做童工，但他勤奋好学，在业余时间，读了大量的书，积累了丰富的知识。

一个偶然的机，他去听戴维演讲，使他从此对化学着了迷。后来，他自荐给戴维当助手，戴维接受了他。

他伴随着老师戴维到法国、意大利等国游学，并结交了安培、盖吕萨克等一批著名科学家。回国后不久，他被选为皇家学院成员，之后又担任了皇家学院的实验室主任，成为专职的化学教授。

法拉第一生对科学贡献巨大，如物理学上的电磁感应等等，这里不再叙述。现在着重介绍法拉第在化学方面的研究。

法拉第在化学方面的研究，除了制取碳的氯化物，从石油气中离析出苯，确立了萘的化学式外，在电化学上的成就最为卓著。

他创造了电极、阴极、阳极、电解质等一系列术语。还设计了一种测量电流量的仪器：即在电路中串联一个电解水的电解槽，根据电解过程中释放出的氢气或氧气或氢氧混合气的体积，来衡量流过的电流量，他称之为伏特量电剂，后来称为伏特计，1902 年以后又称为库仑计。

法拉第还提出了各种物质的电化学当量这一名词，但很遗憾，法拉第最终没有找到电化学当量与化学当量一致性的内在联系，这些问题只能留给以后的化学家了。

欲知后事如何，且听下回分解。

## 第六回 世纪交替三大发现振奋人心 开新纪元核化学勇攀新高峰

汤姆逊与电子；伦琴与 X 射线；居里夫人是“镭的母亲”。人造元素的梦想变成了现实。1945 年，美国成功地进行了核爆炸。有关核化学的知识，既让我们兴奋又让我们触目惊心。

却说自从伏特发明了能够提供电流的电堆以后，各国的科学家便对电进行了广泛的研究，由此导致了一门新的化学学科——核化学的诞生。

19 世纪末，可作为动力的铜锌电池、铅蓄电池相继发明，电报和电话也制造成功。以后又出现了大型发电机和电动机的制造业、电车和电灯也开始使用。

尔后由于有了廉价的水力发电，各国又纷纷建立起以电力和电化学为基础的冶金和化工企业，如电炉炼钢、汞电极电解食盐水、电解精炼铜等等。

但是，尽管电已在生产中得到日益广泛的应用，但人们对于电的本质的认识，却不甚清楚。为了研究电的本质，就需要研究物质的微观结构，这样一来，就把人们认识物质的历史进程，又推向一个新的阶段。

且说 1879 年，英国著名物理学家和化学家克鲁克斯对放电现象的研究：在低压气体放电管中，当压力降到 0.5 毫米汞柱时，在阴极附近会出现一段不发光的暗区；如压力再降低，则暗区扩大；到 0.01 毫米汞柱压力以下时，则全管被暗区充满，不再发光，而正对阴极的玻璃壁却发出荧光。

后经许多人研究证明，荧光是因阴极发出的一股射线激发引起的，这股射线是一种带电的粒子流，人们把它命名为“阴极射线”。

到了 1897 年，克鲁克斯的学生，英国剑桥大学物理学教授汤姆生设计了一项试验：他使阴极射线同时通过磁场和电场，从而测定了阴极射线中粒子的电荷量与质量之比。通过此试验证明，这个荷质之比是个常数，它同阴极材料无关。

汤姆生后来采纳了另一位科学家斯托内的建议，把这种带负电的微粒子定名为“电子”。

克鲁克斯和汤姆生的研究，使物理和化学界的科学家对阴极射线的研究一下子热情高涨起来。

1886 年，德国物理学家戈德施坦通过对阴极射线的研究，发现还能产生另一种射线，他把这种射线命名为“阳极射线”或“极隧射线”。他还证明了原子的可分性。

以后，热电子发射，光电效应等相继发现，都进一步证明了电子存在于一切原子中。于是原子不可再分的概念被这一系列实验事实所打破。从此，人们对物质的认识进入到原子微观结构的领域。

1895 年，一位当时还不大知名的德国物理学家、维茨堡大学教授伦琴，在研究阴极射线时，意外地发现了一种轰动全球的射线。

11 月 8 日晚间，在他的实验室中发生了一件偶然的事：放在克鲁克斯管附近的一盒封存完好的照相干板，全部莫名其妙地曝光了。他用黑色纸板把放电管严密套封起来，只留一条狭窄的缝。

当他检查是否漏光时，意外地发现一米外的荧光屏上有闪光。这种现象显然无法用阴极射线的性质来解释，因为阴极射线只能穿透几厘米的空气。

经过一段时间的反复实验，他确信这是一种具有强穿透力的新的神秘射

线，它是由阴极射线打到玻璃管壁上所产生的。这种奇怪的射线，不仅能穿透厚纸板，而且能穿透一千页厚的书。木材、锡箔、以至手的肌肉都能穿透。

他命名此种射线叫 X 射线，直到他成功地摄取了 X—光照片，才对这种现象确信无疑。有趣的是，在他摄制的照片里，竟有他夫人戴有结婚戒指的手骨照片。

后来科学界为了纪念他的这项重要发现就把 X 射线称作“伦琴射线”，伦琴也因此获得了首届的诺贝尔物理学奖金。

发现 X—射线的第一篇论文一宣布，立即轰动了全世界。伦琴被招进宫廷对皇帝做 X—射线的说明。

伦琴的论文三个月内被印出五次。关于 X—射线的各种论文，一时如雨后春笋，一年之内竟有千篇之多。其传播之迅速、反应之强烈，在科学史上是空前的。

同时也出现了各种各样的争论，什么“ $\gamma$  射线”、“黑光”的新闻也不断出现。光的狂热笼罩了欧洲各国的实验室。

有些物理学家认为它是一种物质粒子流，而另一些科学家则认为它与普通光线相似。直到 1913 年，科学家劳厄、弗里德里希、克尼平发现这些射线通过晶体时，产生衍射现象。他们假设，只有 X—射线波长很短，天然晶体才是理想的光栅。

这样，他们就证明了伦琴射线是一种短波光线，这一发现奠定了 X—射线照相术的基础。

且说 1896 年初，法国数学家潘加列收到伦琴寄来的关于 X—射线的第一篇论文和有关照片。同年，在法国巴黎召开的科学院会议上，他宣读了伦琴的论文，并认为伦琴射线根本不需要克鲁克斯管，只要有足够强的荧光物质就可以了。

潘加列的观点，引起了出席此次会议的法国著名物理学家亨利·贝克勒的注意。亨利·贝克勒家四代都是物理学家，其祖父就是前文提到的 A·C·贝克勒。

贝克勒决定要验证潘加列的实验是否正确。他最初的实验结果是否定的，磷光或荧光物质并不发射 X 射线。他决定用强荧光物质硫酸钾铀酰来做实验。

他发现，这种物质在阳光照射后，能够使包在不透光黑纸里面的照相底片感光。但是过了几天，事情起了变化，当他再实验时，赶上了阴天，乌云遮住了太阳，他只得把铀盐和底片一起放进抽屉。又过了几日，他为了检查底片，冲洗了其中一张，意外地发现底片已经曝光，上面有铀盐包的像。

很明显，日晒和荧光都与底片感光无关。于是他推断，必是由于铀盐发出的一种神秘的，能穿透黑纸的射线。

此后几个月，贝克勒经过反复的试验，肯定了铀和它的化合物总在放射一种奇异的射线。他把这种射线命名为“铀射线”，并且确信它与铀盐的磷光完全是两回事。

将铀射线与 X 射线比较，两者有很多方面极为相似：都能穿透黑纸使照相底片感光，都能使空气电离成为电导体，并且使验电器放电。

铀射线是自然产生的，好像不受外界环境的影响，也不需要光照，不需要加热，更无需阴极射线的激发。而且铀和铀盐在白天、黑夜，终年累月地持续发出这种射线，但却看不出铀和铀的化合物的性质有什么变化。

而 X 射线则当阴极射线一停止，便随之立即消失，它的穿透力比铀射线性强，能穿透肌肉或木板等。

电子、X 射线、铀射线的发现，揭开了物理学与化学发展史的新纪元。从此，原子不可分割的概念被摒弃，原子的大门被启开，探索原子内部结构的研究开始了。化学史家把这三大发现做为现代化学发展的标志。

却说贝克勒发现了铀的放射性及其特异的性质，引起了许多科学家的注意，尤其一些青年科学家。首先应该提到的是玛丽·居里和皮埃尔·居里。

居里夫人原籍波兰，后入法国籍，是世界上著名的物理学家和化学家。她先后两次荣获诺贝尔奖，在女科学家中，她是独一无二的两次诺贝尔奖获得者。

1897 年末，刚刚生过孩子不久的居里夫人选择了以放射性为主题的博士论文，进行贝克勒的铀化合物以外的钍化合物也有放射性的研究。

最大的不同点是：居里夫人不满足于用底片感光测量放射性，而是用仪器定量地测定放射程度。她使用她丈夫皮埃尔·居里发明的验电计。

当用验电计测定等量的各种铀化合物的放射强度时，她首先证实了贝克勒所发现的铀的辐射强度同铀的数量成正比，而同其他的化学性质无关。

她又发现沥青铀矿的放射性比铀强近四倍。如果放射性是原子的作用，则这个矿物应该含有比铀放射性更强的元素。居里夫人把这个新放射性元素的预见，写给了巴黎科学院。

三天之后，居里夫人在日记里记下了孩子长出第七颗牙齿，同时也记下了前一天，为寻找新元素而对 100g 沥青铀的化学分析。

她既哺育孩子又搞科学研究，她的信心和毅力，使她的丈夫皮埃尔很受感动，放下自己的研究，一同投身于寻找新元素的研究中来。实验是在简陋的车棚里进行的。他们发现在沥青铀矿中，有两种新的放射性成分，经分离后，发现其中一个的放射性远比金属铀大得多。

居里夫人把这种新元素命名为“钋”，这是她的祖国——波兰的拉丁文名称第一个字母。

不久，居里夫妇又根据放射性，发现了另一个新的放射性元素，它已被富集在氯化钡结晶里。它的性质很像钡，即不被  $H_2S$  或  $(NH_4)_2S$  所沉淀，其硫酸盐也不溶于水和酸。

这种混有新元素的  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  晶体，比金属铀的放射性竟大九百倍，他们将这种晶体做光谱检验，该新元素在可见紫区中有一条波长为 3814.7 埃的明线。居里夫妇给该元素命名为“Radium”（镭），意思是“赋予放射性的物质”。

居里夫妇经过了一段时间的艰苦鏖战，处理了 8 吨铀矿渣，终于得到了 100mg 的氯化镭，它的放射性竟是铀盐的二百万倍。

它能使金刚石、红宝石及贮放它的玻璃瓶发出磷光。它的放射性居然还有“传染性”，实验室里的各种仪器、衣服、灰尘、空气不久后都有了“活性”。

他们还对镭的原子量进行了初步测定，大约是 225，从而确定了它在周期表中，处于钡的下面。

1903 年，居里夫人顺利地通过了博士论文答辩，论文题目叫《放射性物质的研究》。她详细地叙述了放射线的各种性质，其中包括对磁场的关系。

1906 年 4 月，皮埃尔·居里不幸因车祸逝世，居里夫人接替他担任巴黎

大学的物理学教授职务，她是这所大学的第一位女教授。她领导了好几个研究室，各国许多年青科学家在她的指导下，在那里进修学习。

1937年7月4日，居里夫人在长期患恶性贫血白血病后与世长辞。医生的证明是：“夺去居里夫人生命的真正罪人是镭。”她无愧于把自己的一生贡献给了科学事业。

镭被发现后，科学家们有了更深入研究放射现象本质的条件。他们已经证明，放射性是原子本身引起的，与已知的化学反应都截然不同，它不受外界温度、压力……等的影响。

出生于新西兰的加拿大青年科学家卢瑟福经过长期实验观察，开始研究放射线的实质了。

卢瑟福于1895年到英国作为汤姆逊的研究生，以后接替汤姆逊主持卡文迪什研究所的工作。

他把镭盐放在一个铅槽里，用强大的磁场作用于镭发出的射线。他发现镭和镭的化合物所发出的射线，有两种不同的类型，一种极易被吸收，他称之为α射线；另一种具有较强的穿透力，能穿过玻璃，他称之为β射线。

还有一种射线，不受磁场影响，有些像普通的光线，但波长比X—射线还要短，穿透力大得惊人，能穿透肌肉，甚至几寸厚的铅板和几尺厚的铁板，后来被称之为γ射线。为了解开α、β射线之谜，卢瑟福花费了数年时间，终于辨明：α射线是一种粒子流带有两个正电荷，粒子的质量等于氢原子的四倍，即等于氦的原子量，运动速度大约每秒两万公里。

β射线也是电子流，运动速度大约每秒十万公里。而γ射线的行进速度就接近于光速了。

再说1903年，科学家拉姆塞和索迪用光谱法研究镭射线。他们观察了光谱随时间的增加而发生的变化，过了几天，他们发现了氦谱线。他们假定，氦是镭射线产生的。

过了一段时间，卢瑟福用α粒子射进一个由薄金属片做成的小室中，经过认真、仔细的实验，终于证实了他们的假定。

这段时间里，在有关放射性的研究中，新奇事物不断出现。如索迪在一次实验中，溶解了钍矿石后，往溶液中加入氨水，沉淀出氢氧化钍，将滤液蒸干，并将其中钍盐灼烧掉，却发现残渣的放射性很强，能产生γ辐射。他暂时给它取名“ThX”（实际上是 $^{224}\text{Ra}$ ）。

关于放射性衰变所生成的产物越来越多，根据这些现象，卢瑟福提出了元素蜕变假说：

“放射性原子是不稳定的，它们自发地放出射线和能量。放射性的产生是由原子本身分裂或者叫蜕变成另一种元素而引起的。这种变化与一般化学反应截然不同，它不是原子间或分子间的重新组合，而是原子自身的自发变化，放射出α、β或γ射线后，变成新的原子。”

元素蜕变假说，打破了自古希腊以来原子永恒不变的传统观念。在最初，卢瑟福是犹豫的，因为这太像早已被化学家否定的炼金术，但事实俱在不容怀疑了。

在这段时间，经过科学家们的辛勤努力，又从铀、钍、镭中分离出许多“新”的放射性元素来，并且发现一些重要规律。这些新元素一族从铀来，一族从钍来，一族从镭来。

每一种放射性元素均发出α射线或β射线和γ射线，并变为另一种，最

终变为稳定的元素铅。

总之，放射性的发现，在化学领域中开辟了新的研究方向。

却说由于对放射性的研究，新元素不断被发现，这么多的新元素远远超过了周期表的容纳范围。于是化学家们对已发现的“新元素”进行对比研究，发现有些放射性不同的“元素”，其化学性质却完全一样。

例如，科学家玻特伍德就发现钍( $^{232}\text{Th}$ )与其蜕变的射钍( $\text{RdTh}$ ,  $^{228}\text{Th}$ )在衰变半衰期上显然不同，钍为  $1.65 \times 10^{10}$  年，射钍为 1.9 年，但把两者混在一起，用化学方法怎么辨别也分离不开。

类似的事实，积累得越来越多。到了 1910 年，著名的放射化学家索迪终于提出了同位素假说：

存在有原子量和放射性不同，但化学性质完全一样的化学元素变种，这些变种在周期表中应该处于同一个位置上，因而可命名为“同位素”。

索迪因在同位素研究上贡献巨大，而荣获诺贝尔化学奖。

同位素的发现，丰富了“化学元素”这一概念，同时也使它复杂化了。同位素的含义究竟是什么？为什么同位素的原子量不同，放射性不同，而化学性质却完全相同？

科学家们确信，这类原子的深处发生着变化，放射性就是这种变化的表现。

汤姆逊在发现电子后，曾提出过一种原子模型：原子是带正电荷的粒子，电子均匀地分布其中，中和了正电荷，所以整个原子是电中性的。为此，他精心设计出所谓的“西瓜模型”。

1904 年左右，英国科学家布拉格发现  $\alpha$  粒子有确定的射程，他得到一张  $\alpha$  粒子飞行图片。他还观察到：

“不管每个  $\alpha$  粒子遇到什么，它总是沿着直线路径前进，可以穿透所遇到的任何原子，不管这些原子构成气体还是固体。

即使把一块薄金属板放在  $\alpha$  粒子流的路途上，也只能夺  $\alpha$  粒子的一些能量，但  $\alpha$  粒子流中的粒子数仍然不变。”

布拉格初步揭示了原子的一些秘密，但这个结论并不确切。

其后，卢瑟福也进行了各种实验，进一步发现：当一束  $\alpha$  粒子去轰击一片金属箔时，大部分粒子可以穿透过，其飞行方向也不发生变化。由此他得出：原子并不是一种实球体，彼此间有一定间隔，且有很大的空隙。

根据各种研究结果，卢瑟福正式提出原子的核模型：原子由带正电的核，和周围围绕核运动的电子组成。原子核与电子层比较起来，是非常微小的。电子围绕核作圆周运行，就象行星绕太阳运转一样，因此在原子内是极为空旷的。

卢瑟福继续发展他的原子结构观点，并且得出结论：原子外面电子数目大约等于元素原子量值的一半。

却说对原子结构的进一步研究与原子序数的发现密切相关。

1913 年，卢瑟福的学生、曼彻斯特大学物理学讲师莫斯莱，在研究 X 射线时，他把自 Al 至 Au 各元素的 K 系 X 射线的波长（是光谱中特征谱线波长），按由大至小的顺序排列起来，发现排列出的次序与它们在周期表中的座位编号是一致的。他把这个次序称之为原子序数，以英文字母 Z 表示。

原子序数的发现使周期律内容更为丰富，解决了周期表中按原子量排列

氫与鉀、碲与碘、鎳与鈷等位置颠倒的问题。

同时，原子序数的发现使人们能够更精确地预测一些尚未发现的元素。如稀土元素有多少个？空缺了哪几个？铀以前共有多少个元素？等等。

莫斯莱的重大发现和卓越见解，鼓励人们进一步去探索新元素，就像 50 年前，门捷列夫发现元素周期表一样。

且说原子序数的发现，导致了确定原子核的电荷数的研究。

说明原子的电子层结构的主要贡献是由丹麦物理学家玻尔提出的，起因是这样的：

卢瑟福的核原子模型提出后，虽然得到科学界的承认，但却引起了一个严重的问题。以氢原子为例：

氢原子是由一个质子和一个电子所组成的，由于正负相吸，如果电子不动这个体系就不能存在；倘若电子绕着质子飞行，根据经典电动力学，势必辐射能量。体系能量愈来愈小，就意味着电子愈飞离核愈近，最后堕入核上，氢原子也就没有了。

这个结论和原子的长期稳定性相矛盾，因此多少让人感到怀疑。

当时玻尔年仅 28 岁，正游学于英国，却敢于对老师卢瑟福的核模型大胆提出了修正。

玻尔假定氢原子的中心是一个质子，在质子周围有一个电子沿圆形轨道运动，与地球绕太阳运动极其相似。

他又将质子对电子的吸引力，同电子沿圆周运动所产生的离心力联系起来，从而能用电子的轨道半径，来表示原子的能量。

接着玻尔又推导出各原子中电子排布情况：电子围绕原子核不是沿着任意的轨道，而是按照一定的轨道旋转。

这些轨道由主量子数（1, 2, 3..... 等等）决定，而主量子数又决定电子层数。每一层所容纳的电子数最大数目，等于主量子数平方的 2 倍，即  $2 \times 1^2$ ,  $2 \times 2^2$ ,  $2 \times 3^2$ ..... 等等。

这样每一层上的电子数目，从最里层开始，分别等于周期表中每一周期中元素数目，即 2, 8, 8, 18, 32。同时最外层电子的最大数目为 8，其结果与后来发现的不相容原理完全一致。

玻尔的原子核模型，给人们提供了一个形象思考的基础，他提出的原子结构，为今后化学的发展奠定了基础。玻尔的伟大功绩不可磨灭。

随着原子核模型的建立，人们利用分子光谱又进一步发现了  $^{13}\text{C}$ 、 $^{5}\text{N}$ 、 $^{17}\text{O}$ 、 $^{18}\text{O}$  等同位素。其他元素的同位素也都陆续通过不同方法发现了。

最引人注目的则是氢有无同位素问题，为了寻找氢的同位素，科学家们花了十几年时间，最后通过两条途径证明了它的存在。

其一，用重同位素蒸馏浓缩，如将液氢在 14K（三相点）下缓慢蒸发，最后对几立方毫米的残余物进行光谱分析，发现了重氢  $^2\text{H}$ ，后来给它取名叫氘，符号为 D。

其二，电解水使氘浓缩。电解氢氧化钠水溶液，使水的体积减小到原来的十万分之一，获得了极纯的重水（氧化氘）。

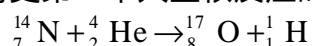
再说说人造元素的实现。

随着化学的不断发展，科学家们开始认识到原子核及核内运动的复杂性，并逐步掌握了它的某些规律。

卢瑟福最初提出原子核含有一定量的电子，但同时他又指出原子核是由

质子组成的，原子中的电子总数应当等于构成核的质子数目。后来事实证明，他这样的观点是错误的。

又过了几年，卢瑟福利用  $\alpha$  粒子散射实验来研究各种元素的原子核。当他轰击氮时，发现产生出一种新的、射程很长、质量更小的粒子。这种粒子的质量与氢原子相等，带一个正电荷，于是卢瑟福正式给它取名叫质子。这是历史第一个人工核反应的实现。



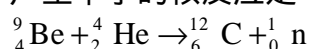
其后他又发现铝、磷、钠等也会发生类似的核反应。这些就证明了各种原子核中普遍存在着质子。

1920年，卢瑟福又提出核中存在中子的假说，但由于未能分解出中子，也未找到中子源，所以只是一种臆测。

这一问题最终由卢瑟福的学生、英国剑桥的核物理学家查德威克给解决了。

他通过云室试验，证实 $\alpha$ 射线是由质量等于质子质量，但不带电荷的粒子组成的，这种粒子叫做中子。之后，法国居里研究所的两位科学家，居里夫人的女婿和长女，也同样证实了中子的存在。

产生中子的核反应是：

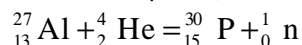


n 代表中子。

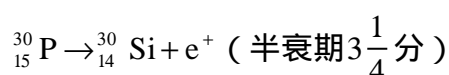
中子的发现引起了科学家们的重视，人们开始提出了这样的问题：中子在原子结构中起什么样的作用？苏联科学家提出，中子和质子一起存在于原子核中。其他科学家也发表了同样的见解，不久科学界普遍承认了它。

却说 1934年，约里奥·居里夫妇用 $\alpha$ 放射的  $\alpha$  粒子轰击硼、铝和镁，观察到除产生了中子外，也发射正  $\beta$  射线。

他们认为，在轰击铝原子时应发生下列核反应：



生成的同位素  ${}_{15}^{30}\text{P}$  具有放射性，进一步发生衰变放射出正电子：



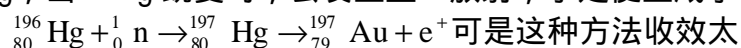
他们指出：由于  ${}_{15}^{30}\text{P}$  的半衰期  $\left(3\frac{1}{4} \text{ 分}\right)$  很短，所以自然界中是不存在的。

以上核反应的实现，其意义巨大：这是第一次利用外部的影响，引起某种原子核产生放射性。它首次实现了人工放射性，而且还是第一次制造出了自然界中不存在的核素，所以又是人造元素的先声。难怪有人感叹：天然的放射性，只是天然的炼金术，而人工放射性则是人工的炼金术。

却说在古代，人们梦想着把廉价的金属转变为黄金，近代化学家也判定这是不太可能的事，但到了现代，这种梦想终于变成了现实。

1941年，美国加州理工学院的科学家安德逊等，在实验室中实现了汞向黄金的转变。

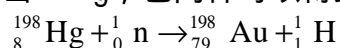
汞有七个同位素，他们用中子轰击  ${}^{196}\text{Hg}$ ，就使它转变成了放射性的  ${}^{197}\text{Hg}$ ，当  ${}^{197}\text{Hg}$  蜕变时，会发生正  $\beta$  放射，于是便生成了一个稳定的金核。





低，因为在天然汞中， $^{196}\text{Hg}$  只占 1%。

后来又发现用中子轰击  $^{198}\text{Hg}$ ，也同样可以得到金核：



也很遗憾， $^{198}\text{Au}$  是不稳定的，半衰期只有 27 天，所以这项转变只有科学价值，并没有经济意义。

科学家们真正感兴趣的倒不是人造黄金，而是想把地球上已经绝种的那几种元素，在实验室中再造出来。这个理想很快就实现了。

1939 年，又是美国加州的科学家塞格瑞和佩里厄，以中子和氘去轰击钼时，得到了第一个用人工方法造出来的元素，被命名为钨。意思是“技术”，即含有人造的意思。

之后，科学家们又用  $\alpha$  粒子轰击铀时，得到了第 85 号元素，命名为砒，含有不稳定的意思。

到了 1945 年，美国科学家从人工铀裂变的碎核中，用中子轰击钨时的产物中检验到所谓的第 61 号元素，命名为钷。在所获的钷同位素中， $^{145}\text{Pm}$  的半衰期最长，为 17.7 年。

科学家们成功地实现了某些元素的人工再造，但他们没有停止科学研究，又向核科学的高峰，为搜寻和人工制造超铀元素而奋斗了。

首先研究“超铀元素”的，应该算是意大利的著名核物理学家、罗马大学教授费米。1934 年，费米的研究小组用一种刚在 1931 年由查德威克发现的、被称为中子的中性粒子来轰击铀，中子毫不费力地就钻进了铀核，使它的原子量增加了 1，就得到了质量数为 239 的铀。他们认为所获得的元素是 93 号元素，将它称之为“铀 X”。

后来证实，费米的实验，并不是制造了一种新元素，而是把铀核分成了两半。这一发现的重要性所产生的巨大后果，是人们以后才逐渐明白的。

到了 1940 年，美国学者麦克米伦在研究费米的发现过程时，第 93 号元素才被偶然发现：当他用中子轰击铀时，在产生的新元素中，有一种起初无法辨认的元素。

麦克米伦就推想，铀裂变中释放出中子很可能使铀原子转变成成为原子序数更高的元素。他根据它所具有的放射性特点，辨认出它就是 93 号元素，命名为镎，这是第一个人工合成的“超铀元素”。

从此，超铀元素的全面研究开始了，人们利用中子去轰击不同元素的核。从 1940 到 1970 年的 30 年间，就合成了 12 个“超铀元素”。

科学家西伯格、沃尔和肯尼迪根据麦克米伦的实验推测，和 93 号元素混在一起的，很可能还有另一种元素。他们于 1940 年证实了这一点，这个元素就是 94 号钚。

1944 年，西伯格和美国加利福尼亚大学的一个研究组合成了 95 和 96 号元素，前者命名为镅；为纪念居里夫妇，后者命名为镎。1949 年和 1950 年，他们又先后获得了 97 号元素锔和 98 号元素镅。

1952 年 11 月，当第一颗氢弹在太平洋上空爆炸时，在爆炸碎片中检测到了 99 和 100 号元素的存在，但是，直到 1955 年加利福尼亚大学汤姆逊等人在实验中获得了少量的这两种元素后才真正确认。为了纪念爱因斯坦和费米，分别将它们命名为镱和镱。不久他们又获得了 101 号元素，为纪念门捷列夫而命名为钷。

1955年到1961年进展较慢，仅发现了两个超铀元素—102号镎（为纪念诺贝尔）和103号钷（为纪念劳伦斯）。

1964年至1968年，在莫斯科的附近的杜布纳核研究所，由著名科学家弗列洛夫领导的研究小组，经过艰苦的工作，得到了质量数为260的104号元素，把它命名为镗，以纪念前苏联核物理学家库恰托夫。

1969年，美国加州大学的贝克莱核实验室，由科学家吉奥索领导的研究小组也合成了104号元素，科学家们则给104号元素命名为钅，以纪念卢瑟福。

1968年至1970年，美国和苏联科学家都声称合成了105号元素，美国人将其命名为钅，以纪念美籍科学家哈恩，前苏联科学家则反对。两家为争夺发现的优先权而争吵不休，因国际纯粹与应用化学联合会未能解决这一争执，最后名称尚未定下来。

科学家们还在穷追猛赶，企图合成更多的超铀元素。同时也未放松在自然界中的探寻，因为已有迹象显示，铀并不是自然界中存在的最重元素。人们曾在铀矿中发现过微量的镆和钷。

却说科学家在攀登超铀元素这个阶梯时，每登上一级都比前一级更加困难，因为原子序数越大，元素就越不稳定，收集也越困难。

当达到101号钷这一级时，对它的确认只能靠17个原子来进行。因此，即使发现了它们，要检测出来也需要十分高超的技术。

科学家们还通过计算机算出，在超铀元素的海洋中，有一个所谓的“稳定岛”，其中象114和116号元素应是相当稳定的，衰变一半所需的时间以亿万年计。因此，科学家们还在探索寻找它们的新途径。

新的元素日益增多，现在得到公认的已有107种了，比门捷列夫发现周期律时增多了将近一倍。周期律的形式更加完美了。

再说原子量基准的改革。

原子量基准自1803年，道尔顿以 $H=1$ 为基准写下第一张原子量表，到目前为止，大致经历了三次的改革，见下表：

基准	建议人	采用年代
$H=1$	道尔顿	1803
$O=100$	贝采里乌斯	1818
$O=16$	斯达	1860
$C_1^{12}=12$	马托赫	1961

原子量是各种元素的原子质量（严格讲是各种同位素按其天然丰度）之间的相对比值，并且是以某一特定元素作为这种比值的基准。

早在1803年，道尔顿就以 $H=1$ 为基准，列出了6种元素的原子量，以后他又断断续续地修订扩充到20种元素。由于当时条件所限，各种化合物的原子组成无法准确确定，所以他列出的原子量很多是错误的。如水分子的组成，他误认为是 $HO$ ，因而氧原子量被确定为7。

之后，贝采里乌斯对元素的原子量进行了认真而较为准确的测定。他规定 $O=100$ 为基准，这是由于氧化物是测定原子量的最主要化合物的缘故。

他修订的原子量表中共列有33种元素，例如 $Cl=221.23$ ， $Ba=865.88$ ，

如果用现在  $O = 16$  来换算,则得  $Cl = 35.41$ (现在值为  $35.457$ ),  $Ba = 137.1$ (现在值为  $137.36$ ), 已经是相当精确了。但当时他对原子价概念不清, 所以对有些元素的原子量偏差较大。

建议用  $O = 16$  为标准的, 是比利时化学家斯达。

他在 1857 至 1882 年间, 对原子量进行了精密测定, 有些元素的原子量准确到第四位有效数字, 几乎接近现代的测定值。例如  $I = 126.85$  (现值为  $126.91$ ),  $Ag = 107.93$  (现值为  $107.868$ )。

以  $O = 16.0000$  的原子量基准, 在化学领域沿用了近一个世纪。但是当科学家深入到原子的微观结构, 特别是发现了同位素, 制成了可以“称量”单个原子的仪器—质谱仪以后, 旧的原子量标准就不再适应新的科学发展了。

1927 年, 化学家阿斯顿正式提出  $^{16}O = 16$  做为核素原子量的基准。

他用质谱仪测定  $^1H$  与  $^{16}O$  的质量比, 得到  $^1H/^{16}O = 1.00778/16.0000$ 。

到了 1929 年, 美国化学家吉奥克和江斯登, 在天然的氧中发现  $O^{17}$  和  $O^{18}$  两种同位素, 并且测得了在天然氧气中, 其存在比  $^{16}O : ^{17}O : ^{18}O = 3150 : 1 : 5$ , 天然氧气的平均原子量为:  $16.0035$ , 它是  $16.0000$  的  $1.00022$  倍。

所以便出现了化学的原子量单位与物理的原子量单位的不一致, 化学单位比物理单位大,  $O_{\text{化学}} = 1.000275 O_{\text{物理}}^{16}$ , 也就是说, 各元素的化学原子量数值要比物理的原子量数值要略小一些。

然而化学工作和物理工作是互相联系的, 标准不同, 必然会引起某种麻烦和混乱。因此科学家们在两种标准并用了一段时间后, 越来越感到统一标准的必要。

科学家们为统一标准, 曾提出过不少方案:

前苏联科学家噶莫夫和美籍德国科学家贝提曾提出  $^4He = 4$  为统一标准, 因用化学方法测定氦的原子量很不方便, 因而无人采纳。

还有科学家提出以  $^{19}F = 19$  作为标准, 由于在用质谱法测定原子量时, 以  $F$  作为基准也很不方便, 最终也被否定。

在 1959 年, 国际化学协会 (IUPAC) 在慕尼黑开会, 根据德国科学家马托赫的建议, 决定改用  $C^{12} = 12$  作为基准, 并提交国际物理协会 (IUPAC) 考虑。

国际物理协会于次年接受了这项倡议。于是在 1961 年加拿大蒙特利尔召开的国际化学会议上, 决定正式采用  $C^{12} = 12$  的原子量新基准 (请看下页原子量新旧标准换算表)。

新基准采用后, 对化学原子量来说, 只需将旧值减去百万分之四十三, 对大多数元素来说, 变动不大, 实际上除了氧以外, 只有 5 种元素 ( $Ag$ 、 $Cl$ 、 $Br$ 、 $K$ 、 $Ar$ ) 的原子量需要改动。

原子量新旧标准换算表

	物理旧标准	化学旧标准	统一新标准
$C^{12}$	12.003816		12.00000 基准
$O^{16}$	16.00000 (基准)		15.994915
$O$		16 (基准)	15.9994
$Ag$ (例)		107.873	107.865

舍弃了  $O^{16} = 16$  的基准，而采用  $C^{12} = 12$  的基准，其主要原因是由于测定原子量方法的改进而引起的。现在用质谱仪所测定原子量的值要比化学方法准确得多。

现代质谱仪测定原子量时，大多使用双线法，用碳氢化合物作为双线中的参考线，是很方便的。但是实际上，测定的元素原子量并非固定不变，因此国际化学协会每两年修订一次原子量表。

最后说说原子能化学与原子能工业。

从发现放射性到利用原子能，只经历了半个多世纪。原子能工业在其形成后，推动了与它有关的其他科学的飞速发展，并由此形成了一些新的学科，如放射化学、辐射化学、同位素的分离与生产等。

最早的放射化学工作方法，可以说是居里夫妇建立的。他们通过放射性的测量，发现了铀的放射性强度和铀的含量成正比，同时发现了钋、镭等新的放射性元素。以镭为例：

“镭”的拉丁文含有“光线”的意思，在镭的 7200000 个原子核里，每秒钟有一个核要爆炸，向四面八方投射出速度约为每秒 20000 公里的碎片来。

这种碎片尽管很渺小，速度却快的惊人，大炮炮弹的速度也不过是它初速度的万分之一。在每克镭元素中，含有 267000 万万万个原子，因而每克元素的“射击率”达到每秒 370 亿个！向四面八方射出的核碎片就象光线一般。

科学家们在研究天然放射性元素的过程中，不仅发现了蜕变规律，还总结出了放射性物质的各种分离方法和规律。如 1934 年，科学家们根据生成的放射性核的反冲效应而引起的化学变化，建立了“热原子化学”这一新的学科。

却说铀核裂变和链反应的发现也同放射化学的发展密切相关，尤其原子堆的建立，把放射化学推向一个新的发展阶段。大量核反应堆裂变产物的分离、处理和应用核燃料的回收等，都使放射化学的应用迈向更广泛的领域。

却说要建立原子反应堆，就需要大量具有特殊核性能的同位素，如重水、 $B^{10}$  等，这就提出了同位素分离和生产的任务。以生产原子弹为例：

1939 年，第二次世界大战正处于白炽阶段，美国为了制造出原子弹，建立了三座 UF<sub>6</sub> 气体扩散工厂生产  $U^{235}$ ，扩散级数有几千级，耗电量达 180 万千瓦。

与此同时，纳粹德国也加紧建立原子反应堆，并积极研制核裂变武器。他们侵占挪威后，利用挪威的廉价水力发电，建造了大型重水厂，但工厂很快被同盟国联军炸毁。

美国科学家费米、威格纳等意识到，一旦希特勒政府领导下的科学家们利用核链式反应原理制造出原子弹，那对人类命运将是一种严重的威胁。

于是科学家们联合起草了一封信，递交给当时的美国总统罗斯福，请他注意。

美国科学家们也立即行动起来了。终于在 1942 年，在新墨西哥州山中，以科学家奥本海默为首的研究小组开始了执行制造原子弹的曼哈顿计划。

他们在实验室中建成了第一座铀核反应堆。并成功地完成了第一次链式

核反应。他们也曾采用水蒸馏法和氘—水同位素交换法，为生产钚的反应堆提供重水。

1945年7月，他们成功地制造出了原子弹，并在新墨西哥州靠近阿拉莫戈的沙漠地区进行了核爆炸实验。随后，又将另外两颗原子弹在这年8月投在了日本的广岛和长崎。

随着科学的不断发展，科学家们研究出了很多分离与生产同位素的好方法，这些方法更加经济、简便，实用价值也更高。

却说辐射化学：

X线和放射线的发现就是辐射化学的开始——辐射使底片感光。

早在1899年，居里夫人在研究镭时，就发现在射线作用下空气中有臭氧生成，并注意到射线使玻璃和瓷器等赋色。

1900年，德国科学家吉泽尔观察到，在放射性作用下碱金属卤化物也能赋色。以及镭化物的水溶液会产生爆鸣气，这是水的辐射分解。

1901年，贝克勒在研究和射线时，也发现了辐射：在和射线作用下，碘化钾在水溶液中被氧化，白磷变为赤磷。他把射线效应和阳光进行了对比。

后来又有很多科学家对气体、有机物的辐射效应进行了研究，发现电离辐射能引起分解、氧化、还原、聚合等多种化学反应。

近些年来，由于原子反应堆和高能粒子加速器的建立，提供了高能辐射源，使实验室中的辐射化学反应变为工业规模的生产。如应用高分子聚合和药物生产等。

原子能工业发展前景极为广阔，它作为一门新的学科，必将推动工业向更高的层次发展。

欲知后事如何，请听下回分解。

## 第七回 现代化学理论有新说 世人瞩目预见成现实

柯塞尔与“化学键”；鲍林与“杂化轨道”；斯陶丁格与“链条”；惰性气体不再“惰”，蛋黄中分离出叶黄素，人与人之间为什么永远长得不一样？有关现代化学的风采，让我们由衷地感叹，激动不已。

话说 20 世纪的化学，突飞猛进地向前发展着。交叉学科和边缘学科的大量兴起，无机化学、分析化学、物理化学、有机化学等彼此间的鸿沟开始逐渐消失，呈现出蓬勃发展的新景象。

无机化学方面：维尔纳的配位理论，化学键本质的概念，化合物的合成等等，都标志着无机化学由衰落开始兴起。

有机化学方面：量子力学的引入，仪器的改进，胰岛素和维生素 B<sub>12</sub>。等天然大分子物质的合成等。理论的预见渐渐取代经验的探索。

物理化学方面：化学反应速度的学说有了重大突破，施陶丁格大分子的概念，链反应学说等。理论和实践开始有机地结合。

总之，20 世纪的化学，可谓日新月异，群星灿烂，英雄辈出。欲知详情，待笔者慢慢道来。

且说 20 世纪无机化学发展的牢固基础，同以前一样是门捷列夫的周期律。但由于发现了同位素，采用了原子序，以及确定了原子的电子结构，周期律更加完善起来。

已经发现的化学元素增至 109 个，无机化合物为人们所熟知的也已达几十万。各种新型化合物数目之多、之全，是 19 世纪的化学家们所不敢想象的。

在制取和研究无机化合物的方法方面，也已大为改进和提高，采用了高压、高温、低温、低压、电场、辐射以及其他各种新的方法。其中催化反应和对超纯物质的研究具有重大意义。

关于“化学纯物质”，采用了许多最新的分离方法，如离子交换法等。所制得的高纯物质，杂质含量降低到十万个分子中只含有一个杂质分子。这些高纯物质在一些情况下获得了新的性质，并且找到了新的用途。

如果说 19 世纪产生的化合价理论，已应用到有机化学的结构中去的话，那么在无机化学方面情况却大不一样了。

最简单的无机物的结构，很容易用组成它的原子具有固定化合价来解释，但是在无机物中，也有一些化合物的结构非常难以确定，其中有许多是分子化合物，特别是水合物、复盐、氨盐等。这类化合物，在 19 世纪时被称为络合物。

为了解释这类化合物的结构，科学家们提出了各种各样的理论，但主要功绩应属瑞士化学家维尔纳。

维尔纳，1913 年诺贝尔化学奖获得者。他治学严谨，注重实验，是瑞士的著名化学家。

他曾仔细地搜集了当时已知的有关络合物的各种资料，对络合物的结构提出了崭新的观点，即“配位学说”。

他假设：“在络合物里以某种主价的金属离子为中心，环绕着它的分子或离子的总数目是一常数，与它结合构成络合物的

‘内界’（在化学式中以 括起），这一常数称为配位数，也称为该中心离子的副价；环绕中心离子的分子或离子称为‘配位体’或

‘络合基’，它们与中心离子结合很牢固，不易离解，因此在一般的情况下，往往体现不出它们的固有性质”。

他把搜集到的一些络合物，根据它们各种性质写成如下的化学式：

- |   |   |
|---|---|
| 1. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_2)_3$            | 1. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$                |
| 2. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2](\text{NO}_2)_2$ | 2. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$ (待合成) |
| 3. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]\text{NO}_2$ | 3. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$     |

在这两类络合物中，Co( )、Pt( )的配位数皆为 6。他指出：还有一系列络合物中心离子的配位数为 2、4 或 8，至于配位数为

奇数 3、5、7 的络合物也曾遇到过，但很少见。

在随后的时间里，维尔纳的理论得化学界的普遍承认，成为发展无机化学的重要理论之一。

却说在 19 世纪中期，化学家们已经把化合价的概念用于化学中，但是化合力的本质——化学键却仍然得不到解释，只有在确定了原子的电子结构以后，才具备了研究化学键理论的前提。

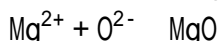
本世纪初，许多科学家（开尔文、拉姆塞等）都曾试图解释化学键的机理，但均不令人令人满意。

1914 年，慕尼黑大学物理学教授柯塞尔，根据各种惰性元素电子结构的特点，提出各元素都有达到最稳定电子结构的倾向，这个倾向就是促使原子化合的动力。

最稳定的电子结构除外层是惰性气体的结构外，最外层 18 个电子也是稳定的。当元素的外层电子远比惰性气体外层的 8 个电子结构少时，就容易失去这个电子而成为带正电的离子；但当元素的最外层电子数接近于 8 而又未满足 8 个电子的结构时，它就容易获取 1 个或 2 个、3 个电子而成为 8 个电子的稳定构型，从而成为带负电的离子。

这两种原子所形成的离子结合成化合物，是靠正、负电荷的库仑引力的作用，形成称为离子键的化学键。

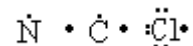
按照柯塞尔的理论，周期表中第 I、II 和 III 族的金属是容易失去电子的元素，而 IV、V、VI 族的非金属则是容易获取电子的元素。失去 1 个电子就呈正 1 价，失去 2 个电子则呈正 2 价，依此类推；获取 1 个电子呈负 1 价，获取 2 个电子呈负 2 价，也依此类推。因分子是电中性的，所以正、负化合价的总和应该相等，如： $\text{Mg}-2\text{e} \quad \text{Mg}^{2+} \quad \text{O}^{2-}$



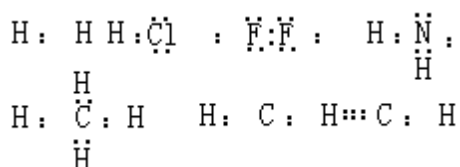
柯塞尔的说法极为简单明了，但仅适用于离子型化物，对非离子型如氢气分子、氯、氧分子等就无法解释了。

到了 1916 年，美国加利福尼亚大学科学家路易斯，根据元素的壳层结构，发现了某些元素的化学性质和化学行为的相似性。

他提出了这样的重要原理：化学键是化合物分子中两个原子结合在一起的电子对。他用小点在元素符号外面表示价电子，例如：



他用这种方法描述了一些简单化合物的结构如下：



根据原子的电子结构理论，他认为化学键的形成不仅是通过电子从一个原子转移到另一个原子的方法，而且也可以通过电子对的方法（在生成的化合物中两个原子共享有电子对）。这样的化学键，被称做共价键。

路易斯还以 1 号元素氢为例，解释 K 层上电子的排列情况。

他指出，K 层上最多有 2 个电子，但 1 号元素氢只有 1 个电子，显然 K 层是未被填满的，而原子的倾向是要填满 K 层，这样可以通过几种方法达到。

一是两个氢原子可以把它们各自的那个电子归公，通过共享这两个电子的方法而共同填满它们的 K 层。这就是氢气分子为什么以两个原子相结合而存在的原因（如图）。

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !07300310\_0152\_1.bmp}

二是由于这两个氢原子都已填满了它们的 K 层，要把它们分开则要耗费很高的能量。他做了这样的实验：把氢气吹到电弧里，将氢分子的原子分开，当氢原子通过电弧而重新结合起来的时候，就会把它们在分离时所吸收的能量释放出来，从而产生 3400 的高温。

柯塞尔和路易斯的理论是那样的美妙，它清楚地解释了各种元素在化学性质上的比较明显的差异，为区别物质的性质提供了理论依据。

却说无机化学理论上的突破，推动了化合物研制方面的迅速发展。这里我们要说说惰性气体化合物的发现。

惰性气体因性质懒惰而得名。的确，自发现它以后的几十年间，未能制得过它们的化合物。它似乎心安理得，不再和其它元素交朋友，在一般化学反应中，都标榜着它那孤芳自赏的性质。

1962 年，英国血统的加拿大化学家巴特利特，在研究一种新的化合物六氟化铂时发现，这种化合物急需得到电子，而且需要的程度和氟不相上下。我们知道，氧的外层已有 6 个电子，它通常是获得电子而不肯轻易将自己的电子转让出去，但六氟化铂却可以从氧获得电子。

这给巴特利特以极大的启发：六氟化铂既然可以从氧获得电子，也许能从氙获得电子。他便着手进行实验，结果得到了惰性气体的第一个化合物——六氟化铂氙。

这一发现，激励了很多科学家。他们立即投入合成惰性气体的战斗，并得到了一系列氙的化合物，其中有氙和氟的化合物二氟化氙（XeF<sub>2</sub>）、四氟化氙（XeF<sub>4</sub>）、六氟化氙（XeF<sub>6</sub>）以及八氟化氙（XeF<sub>8</sub>）；也有氙和氧的化合物三氧化氙（XeO<sub>3</sub>）、三氧化二氙（Xe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）；还有氙和氧、氟的化合物，如四氟氧化氙（XeOF<sub>4</sub>）、氙酸（H<sub>2</sub>XeO<sub>4</sub>）和高氙酸钠（NaXeO<sub>6</sub>）；等等。

最稳定的是二氟化氙；最值得注意的是三氧化二氙——一种容易爆炸十分危险的化合物。

除了氙以外，还制取过一些氪的化合物，如四氟化氪（KrF<sub>4</sub>）、二氟化氪（KrF<sub>2</sub>）以及一些氪的氟化物、氪的氟化物等。目前已合成的惰性气体化合物有 400 多种。

值得注意的是：惰性气体的体积越小，对电子的亲合力就越小，共享电



子的能力也相应小些。这给化学键理论带来了新的麻烦，不过这也正是理论化学家们所极力追求的，不然怎能“吐故纳新”呢？

惰性元素找到了朋友，它能和其它元素生成化合物，这不能不说是化学家们的一大功劳。

化学家们除了合成上面介绍的物质外，还制出了一些以前不知道的，组成奇怪的化合物如  $\text{Al}_2\text{O}$ 、 $\text{AlF}$  以及其他等（这些化合物只能在高温下存在，在低温下就变成了通常的三价铝化合物）。

此外，化学家们还发现了组成为  $\text{NF}_3$  和  $\text{NCl}_3$  的物质，以及二价硅的化合物  $\text{SiO}$ ，卤素化合物  $\text{ICl}$ 、 $\text{ICl}_2$  和氧、氟的化合物  $\text{OF}_2$ 、 $\text{O}_2\text{F}_2$  等等的合成。其中以无机苯的发现，最引人注意（无机苯的结构式见图）。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !07300310\_0154\_1.bmp}

以上所有这些制取和研究新化合物的例子，都说明了 20 世纪无机化学在迅速发展。

接着说有机化学的一些发展情况：

如果说 19 世纪，有机合成成了有机化学发展的主要方向，那么到了 20 世纪，有机化学发展的特点是在理论上有了显著成就。

特别是在确定化学键的本质、分子结构和化学反应机理等方面有了很大突破。这里我们先介绍两位当代的理论化学大师。

本世纪，化学家们通过对各种元素的研究，提出了元素化合价理论（前文有述）。例如，氮（N）、氧（O）、氟（F）、碳（C）的外层电子排布是这样的（见图）：

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !07300310\_0155\_1.bmp}

由此可见，它们未配对电子分别是 3 个、2 个、1 个，也就是说，氮的化合物是 3 价，氧是 2 价，氟是 1 价。

可是，这一理论不适用于碳。若按上述理论，碳原子应当是 2 价，但实际上，在化学家所接触的碳氢化合物里，例如石油气和天然气中的甲烷、乙烷等，碳原子都是 4 价。这下子把化学家们难住了。

这种奇特现象应如何解释？

1928 年，美国化学家鲍林创造性地提出了“杂化轨道”的理论。他认为，当碳原子同其他元素的原子发生化学反应时，碳原子 2S 轨道上的一个电子先激发到空的 2P 轨道上去，形成下列排布；然后，第二层上的 1 个 2S 电子和 3 个 2P 电子，“互通友谊”，彼此“杂化”，形成 4 个相同的新轨道。

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !07300310\_0156\_1.bmp}

在这 4 个新轨道中，每一个都包含有  $\frac{1}{4}$  的 S 轨道和  $\frac{3}{4}$  的 P 轨道。由于这些新轨道由 1 个 S 轨道和 3 个 P 轨道组成的，所以，鲍林给们起了个各字叫“ $\text{SP}^3$  杂化”（或“ $\text{SP}^3$  轨道”）。

当我们用数学方法来进行这样的杂化时，可以建立起这样的一个模型，即 4 个  $\text{SP}^3$  杂化轨道组成的是正四面体，它由 4 个面组成，每一个面为正三角形。碳原子位于正四面体的中心，4 个  $\text{SP}^3$  轨道的轴指向正四面体的 4 个顶角。

这样，就清楚地解释了碳原子是 4 价的问题。后来，科学家们又通过实验手段，测定的结果与鲍林的预测完全一致。

鲍林除了创立杂化轨道理论以外，在蛋白质化学、精神化学等方面均有创造性的贡献。因此，他荣获了 1954 年诺贝尔化学奖。

鲍林 1901 年出生在美国俄勒冈州波特兰市的一个药剂师家庭，1922 年毕业于俄勒冈州立大学，1925 在加州理工学院取得化学博士学位，随后前往欧洲，在著名科学家玻尔的实验室工作，1927 年回到加州理工学院，1931 年升为教授。

鲍林不但是—位杰出的理论化学家，而且还—位坚强的和平战士。1955 年，他与著名科学家爱因斯坦、约里奥·居里等人，共同签署了一个宣言，呼吁科学家共同反对毁灭性化学武器。1957 年，他起草了“科学家反对核试验宣言”，两个星期内，就有 2000 多名美国科学家，世界上 49 个国家 10000 多名科学家签了名。1958 年，他把这个宣言交给联合国，引起极大的轰动。

由于他对世界和平事业的杰出贡献，1962 年，他又荣获了诺贝尔和平奖。这是到目前为止，唯一在科学上和世界和平事业上，同时作出杰出贡献的、获诺贝尔奖的科学家。

除了鲍林外，德国化学家斯陶丁格的链结构理论，在本世纪有机化学的发展中，也占有重要地位。

最初斯陶丁格致力于天然橡胶的研究。他发现天然橡胶具有良好的弹性，且拉长以后—松手又恢复原来的形状。面对天然橡胶如此的特性，他苦思冥想，寻找不出正确的答案。

—天，当他工作心烦意乱时，他干脆撂下手头上的事，到室外散步。走着走着，链条——铁匠打制的链条……闪烁在他的脑际，他像从梦中惊醒—般，很敏捷地想到了橡胶，于是橡胶里面是不是也有链条的问题，在他的脑海里盘旋。他立即赶回实验室，重复地做乙烯聚合的研究。经过—番实验，他认为自己的理论是正确的。

1920 年，他在论文《论聚合》中首次发表自己的观点，认为像橡胶、淀粉、蛋白质等自然物质，是由几千乃至上百万个碳原子，像链条那样联结起来的高分子。这些链条不是像棍棒那样直挺挺的，而是卷曲着或绉褶着。链与链之间互相搭接，组成特定的空间结构。

由于这个学说超越了当时的分子概念，所以受到—些科学家的猛烈抨击。这场争论经历了 10 年之久，斯陶丁格坚持自己的观点，并得到许多人的赞同。

1938 年，奇迹般的事情出现了，美国化学家卡罗塞斯将己内酰胺（小分子），用碱性物质作催化剂，得到强度很高的人造纤维——尼龙。从而有力地证实了斯陶丁格理论的正确性。

几年之后，化学家们发现，天然橡胶是由—个个异戊二烯分子聚合起来的，用异戊二烯通过聚合反应可以得到类似于天然橡胶的合成胶。

化学家们还发现，在天然橡胶中加入硫磺之所以能使它不发粘，是因为硫原子在两条聚异戊二烯的大分子之间，搭起了—条条链桥，增加了天然橡胶稳定性的缘故。

至此，人们在斯陶丁格链结构理论的指导下，分别将乙烯、丙烯、丁二烯……进行聚合，得到了琳琅满目的高分子产品。

斯陶丁格因此被认为是高分子化学的奠基人，他著名的“链”学说，成为他通向 1953 年诺贝尔化学奖的阶梯。

却说鲍林和斯陶丁格两位理论化学大师的杰出贡献，推动了有机化学的

发展。一大批化学家经过大量的实际工作，开始把理论上的东西变成现实。这其中德国的化学家齐格勒和意大利的化学家纳塔，是最杰出的两位。

齐格勒在本世纪 50 年初发现，三烷基铝这种物质，很容易与烯烃起加成反应，生成长碳链的含铝有机化合物。这类化合物在反应过程中其作用与格林亚试剂相类似。用这方法能够制取长链的碳氢化合物（可以制得含有 20 个碳原子的链），因而能够利用便宜的原料（例如天然气）来制取非常贵重的物质。可惜齐格勒的工作没有继续深入下去。

大约在 1954 年，纳塔在齐格勒的研究基础上，又进行了深入的研究。他发现用三氯化钛等过渡金属低价盐与烷基铝作催化剂，能使丙烯聚合得到既可做塑料又可作纤维的聚丙烯。

纳塔和其他一些化学家一起，对这类催化剂的组成、反应机理、结构等进行了全面、系统的研究，进而发现了一系列新的催化体系，因而经济、高效地合成了顺丁橡胶、乙丙橡胶等高分子产品，并使这些产品以年产几十万吨的规模在全世界生产。

由于纳塔和其他一些科学家的工作，使得齐格勒型的金属有机催化剂，成为接近理想的高分子立体定向聚合催化剂体系。现在，像丙烯、丁烯等合成高分子的原料，凡是在理论上能预见到的结构品种，都可以靠变化催化剂的成分和比例，随人意愿地一一合成出来。

齐格勒和纳塔的工作，改变了人类社会的材料结构。科学家们预计，到下个世纪中叶，合成高分子材料的使用将同钢铁平分秋色，由于齐格勒和纳塔的出色研究工作，他俩双双荣获 1963 年的诺贝尔化学奖。

本世纪有机化学领域，还有许许多多的成果，不再一一举例。

纵观本世纪的有机化学，在观念和成果上都经历了巨大的变化。

第一次世界大战以前，有机化学的中心在德国，德国化学家强调实用，重视经验。20 年代以后，才逐渐转移到美国、英国以及瑞士。

本世纪，有机化学除了理论上突破外，仪器的改进已使有机化学面目一新，高真空泵、电磁搅拌、示踪原子的引用、红外光谱、紫外光谱等，大大加快了有机分子结构的研究测定。

从 40 年代起，有机合成的繁荣时期开始了。其特点是：反应的复杂性，有的反应多到 20 到 30 步，狭隘的专业时代已经让位于综合研究时代，重大的研究项目，正由视野广阔、经验丰富的科学专家领导的小组来完成。

且说本世纪无机化学和有机化学发展迅速，同样，物理化学也不甘示弱。

本世纪物理化学的研究包括下列部分：物质聚集状态的学说、化学热力学、溶液学说、电化学、化学动力学、催化作用等。它们互相联系，其共同目的是研究化学过程进行的规律。

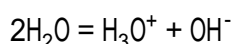
应该承认，理论与实践需要密切联系，是本世纪物理化学发展的一个特点。物理化学的理论成就在生产实际中得到了应用。比如氨的合成，各种各样的聚合反应过程，现代生产中广泛采用的高温、高压以及各种催化剂反应过程，都应该归属于物理化学的成就。

先说一说物理化学的研究之一——酸碱理论。

有关酸碱理论，早在 19 世纪就已形成了概念，那时人们这样认为：氢离子是酸性的体现，酸的强度与氢离子浓度成正比；碱的强度则由氢氧根离子浓度决定。因此酸碱中和作用，就是氢离子和氢氧根离子相互作用，生成水的反应。

与此同时，科学家们发现除去杂质的纯水具有弱导电性。这就表明，水中存在着游离的氢离子和氢氧根离子。

科学家们测定了水中离子的浓度积，其数值为  $10^{-14}$ 。水的离解可以写成下列方程式：



也就是生成了氢氧根离子。

这样，在 25℃ 测定纯水的导电率，计算出  $[\text{H}^+]$  和  $[\text{OH}^-]$  两种离子浓度为  $1 \times 10^{-7}$ 。1909 年，丹麦哥本哈根的化学家索伦森提出了用氢离子浓度的负对数来表示氢离子浓度。

尽管根据电解质离解学说的原理，似乎有关酸和碱的概念都已经明确，但是在本世纪初，由于又发现了一些新的实验事实，关于酸和碱的确切定义又被提出来了。

把酸碱理论发展得最完备的，要数丹麦化学家布朗斯台德，根据他的理论：酸应该是能够给出质子的各种分子或离子（原子给予体），而碱则是能够接受质子的各种分子或离子（原子接受体）。

根据布朗斯台德的这种观点，铵离子  $\text{NH}_4^+$  应该看成是酸，因为它能够给出质子而生成氨  $\text{NH}_3$ 。而氨又是碱，因为它能够接受质子。又如醋酸钠，根据这一观点，酸中的阴离子可以看成是碱，因此酸所生成的盐，应该呈现出碱性反应的性质。

关于酸碱更一般性的理论，是著名化学家路易斯于 1923 年提出的，并在后来由他进一步加以发展。

路易斯把原子价的电子学说作为建立酸碱理论的出发点。他认为，碱是含有孤电子对的任何分子，例如氨就是。而酸则是能够与这种孤电子对相结合的基或分子。

按照路易斯理论： $\text{O}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  等都是酸；而  $\text{OH}^-$ 、 $\text{CN}^-$ 、三苯甲基等都是碱。路易斯的酸碱理论有很重要的用途，用它可以解释在滴定不含氢离子溶液中，指示剂颜色为什么会发生改变等等。

由于化学家的不断努力，酸碱理论暂告一段落，我们再谈一谈溶液理论。

有关溶液间彼此渗透的理论，最初由范特霍夫提出来。他认为，溶液的渗透压与溶质的浓度成正比，但他没有指出这一定律的应用范围。到了本世纪初，科学家们通过对渗透压，特别是对蔗糖、葡萄糖等的水溶液渗透压进行了细致的系统测定工作，发现范特霍夫定律并不十分正确。

于是，化学家们提出了许多有关溶液渗透压的定律。在个别情况下，这些定律与实验数据相符合，但是在大多数情况下，与实验结果不一致。因此，最后为了说明溶液的实际情况，科学家们不得不承认溶液中的分子发生了水合作用。

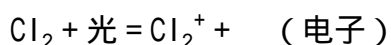
不仅水溶液如此，化学家们也发现了在电解质溶液中，理论与实验数据的不一致现象。尤其是强电解质的离解如  $\text{NaCl}$ 。

只有在原子的电子结构现代学说建立以后，人们才找到强电解质离解的原因。这种原因的解释是：在完全离解的电解质溶液中，带相反和相同的电荷离子之间相互发生作用。结果是电解质溶液中的离子不像气体分子那样杂乱无章，而是按一定次序分布其中。但是，由于离子间存在电的吸引与排斥作用，强电解质在溶液中不会百分之百的电离。

这种说法得到了化学家们普遍的承认。从此，有关溶液的理论日臻完善起来。

有关化学反应的动力问题，19 世纪，著名化学家范特霍夫就有所论述。到了本世纪 20 年代，范特霍夫的若干思想引起了科学家们的注意，他们提出了表达各种特殊情况下化学反应过程的方程式。其中以德国化学家博登斯坦的研究较为出色。

他研究了光照下氢与氯的相互作用，并且提出，在光的作用下，氯变成了离子。反应式如下：



这样，氯分子与氢作用，给出电子，电子又使新的氯分子进入活化状态，如此等等。这种活化分子学说后来成为创立链学说的基础。

在化学动力学的研究方面，值得一提的还有两位著名化学家：前苏联的谢苗诺夫和英国的邢歇伍德。由于他们在化学动力学上的杰出贡献，双双荣获 1956 年诺贝尔化学奖。

自本世纪 40 年代以后，在化学动力学领域中完成了大量的实验和理论工作，积累了大量的数据，即使是那些早已被认为是极简单的化学反应也重新翻了出来加以研究，并且被证明也是很复杂的。这时涌现的很多新的理论和积极的建树帮助了人们更深刻地认识化学动力学。

尤其在第二次世界大战期间，爆炸和火箭发射剂的化学动力学成为这一领域的重点研究课题。几位美国化学家像丹尼尔斯等，成为这一课题的学术领导者。

物理化学还有其他一些研究领域的成果，暂且不提。我们接着说本世纪的分析化学发展概况。

分析化学在本世纪以前已有所发展，但成效甚微，只充当其他化学领域里一个小小的陪衬角色，绝大多数分析化学家所用的分析方法，手续烦琐、耗时冗长，严重妨碍了研究的进展。

自本世纪 30 年代以来，整个分析化学面貌开始改观。工业生产和很多新兴科学技术对分析化学提出了一个新的课题，即对分析的灵敏度要求越来越高。

如今分析化学越来越依赖非化学的计量方法，如用仪器对颜色、光谱、折射率和放射性进行测定等。

分析化学这一动向主要来自物理、数学和电子技术的进展。用以满足军事、工业和科研的需要。现代分析化学某种意义上说，可以称之为“分析物理”。

首先是传统分析方法的改进。尽管仪器分析方法具有明显的优越性，但化学家们对某些组分的测定，仍是沿用经典的化学分析法。

在重量分析法方面，分析化学家们着重于沉淀性质和沉淀条件的研究。他们对沉淀形成的机理、纯度的影响以及杂质混入的原因等等提出了各自的观点。

他们提出了截然对立的两种主张，一种认为从极浓的溶液中进行沉淀；另一种认为从稀溶液中进行沉淀。最终后一种占得了上风，被人们普遍接受。

在利用指示剂方面，由于改善了沉淀分离手段，有些试剂的选择性便大大提高。容量分析中最重大的成就，莫过于氨基络合剂滴定法的发明。

在 30 年代初，科学家们已知 EDTA（乙二胺四乙酸）等氨基多羧酸在碱

性介质中，能与钙、镁离子生成极稳定的络合物，而用于水的软化和皮革的脱钙。

瑞士苏黎世的科学家施瓦岑巴赫对这类化合物的物理化学性质进行了广泛的研究。次年他便提出以 EDTA 滴定水的硬度，以紫尿酸铵为指示剂，获得了很大成功。随后，他又提出以铬黑 T 作为这项滴定的指示剂。这项成果奠定了 EDTA 滴定法的基础。

由于 EDTA 在水溶液中几乎和所有金属阳离子都可以形成络合物，但稳定性差别很大，因此可以借变换溶液的 PH 值，来提高 EDTA 滴定的选择性。现在已知有近 50 种元素能用 EDTA 直接滴定，其他还有近 20 种元素能够间接滴定。

EDTA 能直接滴定金属离子，弥补了过去容量分析的一个很大缺陷，于是利用 EDTA 作指示剂受到了普遍的欢迎。很快在黑色金属、硬质合金、耐火材料、矿石、化工材料等方面得到广泛推广和应用。

且说人们对物质进行比色分析时，最初采用目视比色法，这种分析法容易引起观测上的主观误差，并且会使测试人员眼睛很快疲劳，分辨能力衰退等。

因此科学家经过不断的努力，把光电测量器利用到比色计上。他们制作了具有光电效应的光电池，并设计了利用光电效应的光电比色计。

至本世纪 30 年代，这种仪器才大量投产，进入实验室。这种仪器操作简便，测定准确，极大地推动了光电比色法的普及。到 40 年代，几乎全部金属元素及大部分非金属元素都可以用这种方法测定了。

在本世纪 60 年代，更先进的分析仪器可见紫外分光光度计问世，它取代了光电比色计。这种仪器使一些没有颜色，但在紫外区有吸收峰的物质，可以直接测定。如科学家黑特来在 2570Å 波长上测定乙醇中的硫，而  $S^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $S_2O_3^{2-}$  等离子不会干扰，使测量结果照样准确。

这种仪器推动了物质吸收光谱的研究。尤其对有机化合物的鉴定，新化合结构的确定有重大意义。

除了上面几种分析技术外，红外光谱技术、原子吸收光度法等也相继问世。

红外光谱仪的光源通常是一种惰性固定，用电热使之产生类似于黑体辐射的连续光辐射，常被采用的是能斯特灯和硅碳棒。此外还有单色器和检测器等。在技术上要比紫外分光光度计的难度大得多，因此红外技术进步较晚，实际上往往是这些元件的发展，决定着它的前进步伐。

原子吸收光度法是对吸收光度法的一次重大突破。这种方法的最初形式是将试样溶液雾化，喷入火焰，使雾滴溶剂迅速蒸发，形成固定微粒。

它很快熔化、挥发、并被热解为原子。这时利用一束锐线，辐射穿过一定厚度的待测试样蒸汽，辐射的一部分便被待测元素的基态原子所吸收。

对透过的辐射，经单色器后，测定其减弱的程度，这样利用在一定条件下消光度与火焰中原子浓度成正比的关系，求得待测元素的含量。

原子吸收光度法因为具有灵敏、快速、简便、经济、适用普遍等诸多优点，所以发展极快。只在很短的时间内，就几乎在冶金、化工、农业、生化和药物研究等中得到了普及。

有关电分析化学的兴起和发展。从 19 世纪 60 年代，简易的电解分析法

取得了一些确有实效的成果，可以说电分析化学的发展是从此时此处起步的。

这种分析方法是在电化学研究的基础上发展起来的。在这一领域中，先后主要发展出了电位滴定和电导滴定两种方法。

电位滴定的建立有赖于电极电势的测定。而电极电势是相对的，因此测定时需要有一个性质稳定的电极作参比。先后出现了甘汞电极、氢电极、玻璃电极等。

继电位滴定发明之后，又出现了电导滴定法。由于这种滴定仪结构较复杂、价格昂贵，所以未能得到推广。

却说分析化学中应用较为广泛的一种分析方法色谱法。

色谱法也叫层析法、色层法。起初时它是作为一种分离手段而加以研究的。其原理是：混合物中不同组分在流动相和固定相间具有不同的分配系数，当两相作相对运动时，这些组分在两相间的分配反复进行多次，而产生了很大的分离效果，从而使它们得以充分分离。

这种分析方法到了本世纪 50 年代，才开始构成一种独特的分析方法。然而这种方法发展极快，并成为分析化学中最富有活力的一个领域，也成为生物化学和制备化学中广泛应用的一种手段。特别是在复杂有机复合物的分离和分析中显示了独特的作用。

首先意识到层析现象和分离方法具有重大科学意义的是俄国植物学家茨维特。他在研究植物色素的过程中，做了一个极负有盛名的实验。

在一根玻璃管的狭小一端塞上小团棉花，在管中填充沉淀碳酸钙，然后将吸附柱与吸滤瓶连接，使绿色植物叶子的石油醚抽取液自柱中通过。

结果植物叶的几种色素便在柱中展开，留在最上面的是叶绿色；绿色层下接着是两、三种黄色的叶黄素；随着溶剂跑到吸附柱最下层的是黄色的胡萝卜素。

这样一来，吸附柱便成为一个有规则的而与光谱相似的色层。接着他使用纯溶剂淋洗，使柱中各层进一步展开，就可以达到清晰的分离。然后把该潮湿的吸附柱从玻璃管中推出，依色层的位置用小刀切开，于是各种色素就得以分开，再用醇为溶剂将它们分别溶下，即得到各成分的纯溶液。

此外，他还用这种方法纯化过卵磷脂，他把这种方法命名为色层法。

茨维特的实验虽然意义很大，但并没有受到当时科学界的重视。经过 25 年后，德籍奥地利化学家库恩，进行了更深入细致的研究。

他利用茨维特的实验方法，在纤维状氧化铝和碳酸钙的吸附柱上，将单一的结晶状胡萝卜素分离成为 和 两个同分异构体，并由所取得的纯胡萝卜素确定出了其分子式。

此外，他还用色层法从蛋黄中分离出了叶黄素；还曾把腌鱼腐败细菌中所含的红色类胡萝卜素离析出来并制成了结晶。

由于库恩的辛勤工作，层析法名声大振，迅速为各国科学家们所注目，广泛采用起来，库恩也因此获得了 1938 年诺贝尔化学奖。

自从有了色谱分析法，使许多过去被认为是单一的物质，判明却是多种化合物的混和物，一些化学反应的过程依靠这种方法而得以探讨；这种方法也帮助了科学家们了解了一些长期模糊不清的自然现象。对物质的分离起着重要影响，因而表现出极广阔的发展前景。

除了色层分离外，还有离子交换分离法、分配层析与电泳层析分离法等。

其中以气相色谱分析法最具特色，有必要一叙。

在目前的气相色谱中，流动相是气体，称为载体，一般用氢气或氮气，有时也用氦气；液体或固体分析试样先经气化后，靠载体使其通过层析柱——色谱柱，进行层析，色谱柱装有固定相，根据固定相是液体还是固体，气相色谱便分为气—液分配色谱与气—固分配色谱。

气相色谱的依据与分配层析法基本相同。被分析的混合物由于在一定温度下其中各个组分在固定液和载气间的分配系数不同，因此逐步得以分离，不同组分分别经过不同的时间后随载体流出色谱柱，而进入检测器中。在检测器中，利用待测定物的某种物理或化学性质而把从色谱柱中流来的气流成分变化情况加以检测，并以一个信号传送给记录器。

本世纪 50 年代以后，继气相色谱分析之后，在分配层析分离法的基础上，又出现了高效液相色谱分析。

这种分析方法，更适用于分离和测定高沸点、热稳定性差、分子量比较大和具有生理活性的物质。因而它的应用范围比气相色谱更为广泛。

色谱分析法的崛起，促进了工业的发展，如在石油和环境污染物的检测中，很多时候非光谱法不可。因此，它的发展极为迅速。

最后我们谈一谈本世纪的生物化学。

说起生物化学，我们既感熟悉又感陌生。因为它是一门年轻的学科，它的发展同生理学有着密切联系。远在 19 世纪初，化学家和生物学家就对生物体中所含的各种物质的组成、性质及其代谢机理发生了浓厚的兴趣。如著名化学家李比希和武勒研究了尿素及其反应，舍弗勒尔确定了脂肪的成分并发现了高级脂肪酸等等。

生物化学的重要研究目标是蛋白质。动物机体中的蛋白质含量约为 45 %。植物体中含蛋白质要少些。19 世纪前对蛋白质的研究，只是限于化学—分析时期的水平，研究蛋白质分子结构及蛋白质分子的合成工作，基本上在 20 世纪才得到发展。

除蛋白质外，生物化学还研究动植物机体中的其他各种各样的物质。其中包括核酸、碳水化合物、维生素、激素等。它们对生物器官的各种功能首先是新陈代谢功能产生影响。

且说蛋白质。

自古以来，人们就对蛋白质有所接触，例如鸡蛋和牛奶中含有遇热凝固的物质；豆浆可被石膏、卤水点化成豆腐；牛血可以用来制造一种叫普鲁士蓝的颜料，这些都是蛋白质的体现。

关于蛋白质是什么？直到 19 世纪末期仍然是个疑问，当时只肯定了很少几种蛋白质。在这种情况下，荷兰鹿特丹的一位医学老师穆尔德，经过对蛋白质的研究，提出了一种假说：

他认为蛋白体是由一类基团组成，这类基团由不同数量的氢、硫和磷等构成。英文为 Protein，含有第一类物质的意思。

在此以后，科学家们采用了很多种方法对蛋白质进行研究。结果发现，蛋白质是由氨基酸和各种肽所组成。到目前为止，科学家们已发现蛋白质中已知的氨基酸种类达几十种。

随着关于蛋白质中氨基酸资料积累越来越多，科学家们自然就产生了这样的问题：蛋白质分子中的氨基酸是怎样结合在一起的？俄国化学家达尼列



夫斯基经过长期研究，他发现，蛋白质中的氨基酸是以酸—肽键结合在一起的。他的这一观点，不久为另一位著名化学家 E·费歇尔所证实。

费歇尔从氨基酸接合成了肽类物质，他把所得到的产物叫做多肽，他还合成了最简单的多肽，其中包括由两个甘氨酸构成的双甘氨酸  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ 。费歇尔证明，多肽中氨基酸靠—CO—NH—基的键结合在一起的。这种键被称做肽键。

对氨基酸性质的研究结果还表明，氨基酸是两性化合物，既含有碱性基— $\text{NH}_2$ ，又含有酸性基— $\text{COOH}$ ，许多氨基酸有旋光性。在蛋白质的成分中只含有一氨基酸。

从费歇尔的研究中，也可以看出蛋白质是有机物中的特殊种类。

费歇尔的研究成果，鼓励科学家去探索研究蛋白质结构问题。这类研究工作，不久就达到了很大的规模。胰岛素的研究，就是其中最巨大的研究成果之一。

胰岛素是已知的蛋白质分子中最小的一个，因而被认为是探讨蛋白质奥秘的极好对象。从 1945 年开始，英国剑桥大学教授桑格着手研究胰腺分泌的激素——胰岛素。

人们知道，胰岛素分子是由两个不同长度的多肽键构成的，两键之间用二硫键连接在一起。桑格研究出了测定胰岛素中多肽链的氨基酸排列顺序的巧妙方法：

他用硝基氟苯与蛋白质作用，便生成二硝基苯衍生物，然后用水解蛋白质的方法，终于分离出了 N—末端二硝基苯氨基酸，并且把它鉴定出来。

他用同样的方法依次分离了多肽链上各个氨基酸，从而确定了它们的排列顺序。结果发现，胰岛素分子的 A 链含有 21 个氨基酸，B 链包括 30 个氨基酸（1949 年发现的）。

经过多年的研究，桑格终于在 1954 年，确定了胰岛素的全部结构式。这一重要成果，不仅提供了有机合成胰岛素的可能性，而且也指出了揭示其他蛋白质分子结构的途径，进而合成其他蛋白质分子。

桑格因此获得了 1958 年的诺贝尔化学奖。

我国科学家在牛胰岛素合成方面，也有突出的成绩，暂且不叙，将在第十回介绍。

却说桑格是胰岛素研究领域的开拓者，固然贡献巨大，但其他一些化学家对蛋白质的进一步研究，我们不能不提。

前文提到，现代化学大师鲍林对蛋白质进行了 X 衍射实验，提出了右手螺旋结构，这至少部分地回答了蛋白质的化学键的立体排列问题。然而，由于种种原因，鲍林的研究没有继续进行下去，最终搁浅。

有关蛋白质与核酸的化学结构研究，成绩瞩目的应归于英国化学家沃森和克里克。

这里介绍一下核酸的发现。核酸的发现要比蛋白质晚 30 余年，最初由瑞士巴塞尔大学的年轻生物化学家米歇尔，在用胃蛋白酶水解在外科包扎绷带上取得的化脓细胞时，分离出一种含磷的酸性物质，他称之为“核素”。后来判明，“核素”实际上是核蛋白，即核酸与蛋白质的复合体。自此以后，科学家们在各种动、植物组织中找到了这类化合物，并进一步将其中的蛋白质分离出来，而得到了核酸。

沃森和克里克在研究中发现，核酸为两类：一种叫 DNA（脱氧核糖核酸），另一种叫 RNA（核糖核酸），其中 DNA 携带着遗传信息，决定着生物的性状。

有关 DNA 的结构，他们又发现：DNA 是由三种基组成的，这三种是糖基、磷基和碱基。它们之间的关系可用下式表示：

{ewc MVIMAGE,MVIMAGE, !07300310\_0172\_1.bmp}

实质上，这个式子代表一条由交替出现的糖基和磷酸基所组成的长链。

沃森和克里克经过对 DNA 化学结构的深入研究，终于建立了如今十分闻名的双螺旋模型，在这个双螺旋结构中，两股 DNA 的糖—磷酸骨架彼此呈螺旋状交织在一起，就像一座螺旋直上的楼梯两边的扶手。所有碱基都联向链的内部，而且碱基上的每一个氢都和另一股上的氮形成氢键。所有氢键把这两股 DNA 紧紧地结合在一起。

生殖细胞中的 DNA，在一种酶（蛋白质）的作用下，它的两股链会逐渐分离，并且一面分离，一面自动联合其他生物基因组成失去的那一股 DNA 链。这样，一个 DNA 分子便形成了两个和原来相同的新 DNA 分子。这时，原来那两股 DNA 分子所起的作用，实际上是作为用来合成两新螺旋的模板。基因和遗传特征便以这种方式，一代传到下一代。沃森和克里克，由于在 DNA 化学结构研究方面的出色贡献，而荣获了 1962 年的诺贝尔化学奖。

如今，生物化学正以前所未有的速度发展着。有人预测，未来的化学舞台，将主要是生物化学来充当角色。欲知后事如何，且听下回分解。

## 第八回 发展与生产紧密相连硕果累累 理论和实践相得益彰成绩辉煌

氮可以作肥料，不可思议的是：锰、钼、铜等金属也能作肥料。喹啉可治愈疟疾，它的发现，充满传奇色彩。此外还有塑料、橡胶、洗涤剂，等等。化学的作用真是魅力无比，前景灿烂。

却说在整个化学史中，化学的发展与生产之间存在着密切的联系，它渗透到生活的每一个领域，为农业、纺织、能源、医药等等部门的发展做出了巨大的贡献。

且说在农业方面。我们知道，氮是农作物生长发育不可少的营养物质。

首先，生命是蛋白质存在的形式，而蛋白质就是氮的化合物，没有氮就没有蛋白质，也就没有生命。其次，农作物进行光合作用的叶绿体也是氮的化合物。植物体内许多酶、维生素、生物碱等也都必须同氮结合，才能有效地作用。

空气中氮约占 4/5，由于氮气分子结合得十分牢固，要破坏它需要很大能量。因此必须将空气中的游离氮，制成硝酸盐、尿素等氮肥，才能为大多数农作物吸收。

氮肥的主要成分是氮。它是 1906 年德国化学家哈伯开始研究合成的。

哈伯利用高温高压法合成氨，经过三年的努力，他得到了 100 克产品。后来他的同胞、德国化学家博希和伯杰亚斯共同发展了哈伯的方法，才使它用于工业生产。他们将氮合成了氨，使粮食成倍增产，揭开了农业发展的新序幕。

但是，高温高压法合成氨，需要 300 - 600 的高温、400—1000 大气压以及复杂设备，且氮的转化率通常只有 7—20%，成本既高，效率又低。

而有一种可将空气中的氮固定下来供植物使用的细菌，它又方便，又省力，难道不可以模仿这种细菌固定氮的模式，在常温常压下合成氨么？想法是美妙的，但要成为现实却不那么容易。

到了 1960 年，才有人从固氮菌中提取出元胞物固氮成功。此后对固氮酶的生物化学研究就有了迅速的发展。

在 1975 年，科学家艾伦和塞诺夫利用胍的水合物与三氯化钨反应，首次成功地合成了氮的一个典型络合物。其后，艾伦和另一位科学家史蒂文合成了钨的类似化合物。

至 1969 年，他们又合成了氮的钨络合物，这一合成很有意义，因为已知在固氮菌中发现的固氮酶，就存在钨里。

现在科学家们正在加紧研究细菌固氮作用，试图直接将大气中的氮转化为硝酸盐，用作农作物的肥料。除了大量种植豆科作物以固定空气中的氮外，还侧重于固氮酶的生物模拟研究。

这方面已有不少可喜的实验成果，我们相信，经过科学家的辛勤劳动，不断努力，终有一天我们可以直接从空气中取得氮肥。

却说氮可以作为肥料，某些金属是不是也可以作肥料呢？

很久以前，新西兰的一个牧场上出现了一件怪事：牧民们种下的牧草长得又矮又小，整个牧场就象一片凋黄的沙漠。但在这“沙漠”之中，竟然有一个葱茏青翠的“小岛”，岛上牧草长得格外茂盛。

这使牧场主人十分惊奇。经过仔细观察后，原来那“小岛”旁边，是一

个钼矿厂，许多贪图走近路的人，常常从那“小岛”走过去，工人们的皮靴上沾着许多钼矿粉，便撒落在“小岛”上。

又经过仔细的研究得出结论，钼是植物生长必不可少的微量元素。那牧场是缺钼的，一旦补充了所需要的养分，牧草就长得格外好。这就是那牧场“小岛”的秘密。

原来微量金属是植物生长必不可少的肥料哩！除了钼之外，后来又发现锰、铜、锌、钴等都是，我们称它们为“金属肥料”。

关于钼对植物生长的影响，科学家发现，含钼素最多的是由水成岩分化形成的粘土。粘土中的钼素是不溶解的，植物不能吸收。

在含有机质较多的土壤中，环境使六价钼的化合物还原成低价的钼化合物，再被有机质吸附，使钼素在土壤中积累，但溶解度极小，也不能作钼肥。

在酸性土壤中，钼总是以低价状态存在，这是一种难溶的化合物，所以酸性土壤也极需钼肥。只有在中性或微碱性环境中，六价钼的化合物才能溶解于水，为植物所吸收。

钼对植物中的禾本科植物和豆科植物尤为必要。根据很多数据，施钼肥植物的产量明显高于未施钼肥植物的产量。

除禾本科和豆科植物需要钼肥外，现已发现许多低等植物和高等植物均需不同程度的钼素。例如油菜、马铃薯、小麦、胡萝卜等几十种植物都对钼素有反应。

锰肥对植物的作用，早在本世纪头 10 年就开始研究了。曾经发现，某些植物缺乏锰时，常害“花斑病”，导致植物生长迟缓，以至停止生长甚至死亡。小麦因缺锰而易患“灰斑病”，向日葵缺锰易害“黄斑病”；果树缺锰时，发叶较少，树冠上部叶子很早脱落，枝条死亡，果实色泽较淡，甚至还会出现裂纹等。

对玉米的实验表明，在施锰肥后，可增产 40—78·9%，而且还增加了玉米中的淀粉含量。锰肥对草莓的影响特别大，不但可以增产，而且含糖量也明显增加。

锰肥很容易取得。在制造锰化物的化工厂中，有大量的含锰废物硫酸锰，可浓缩到 37%左右的浓度。此外，氧化锰的粉末不易受潮，便于运输，也是很好的锰肥。

植物也不能缺铜，微量的铜是植物生长必需的。特别是沼泽地的土壤，施用微量铜肥，可显著提高作物产量。

如果用 0.02%的硫酸铜溶液处理播种前的亚麻种子，则亚麻秆增产 25.9%，种子增产 12.1%，纤维也增长了。而且硫酸铜溶液处理过的小麦种子，同样使产量极大增加。

在干旱地区使用铜肥，效果尤好，因铜肥提高了植物的耐旱性。有人曾在干旱的土壤中，施用铜肥于马铃薯，结果使块茎增产 21%。

有趣的时，铜肥还能提高植物的耐寒能力。曾用 0.005%的硫酸铜溶液浸泡棉籽 12 小时，发现在降温条件下，铜素加速了棉籽在土壤中的发芽，出苗更快，产量更高。还有人对玉米种子进行了实验，结果表明，未经硫酸铜处理过的种子，到 6 时大部分被冻坏，产量也明显降低，而处理过的却显著增产。

植物所需的微量肥料，还有钴肥、硼肥、锌肥等等。这些肥料的施用必须是微量的，否则过犹不及，反而成为植物的公害了。

近年来出现了复合元素肥料。这种肥料中含 3—4 种大量元素，6 - 7 种微量元素，如含氮 18%、氧化钾 12%、氧化镁 0.7% 及锰、铜、硼、锌、钼、钴等的复合肥料。

它们能完全溶于水，可制成液体肥料。它们肥效高、成本低、适用于各种作物，对农业的增产有明显的成效。

以上所有这些，不能不说是化学对人类的一大“功劳”。

却说在农业生产中，害虫、病菌和杂草是三大敌害。我们周围的作物和家畜处在一个极复杂的生态环境中，其中有 5 万种真菌，可引起 1500 多种病害，全世界约 3 万种杂草，其中每年有 1800 种以上造成经济上的损失；约 15000 种线虫危害各种农作物，1500 种以上造成农业上的损失。

我们不得不使用化学农药来防治这些病虫害。如果不使用化学农药，全世界粮食总收成的一半就会为害虫所残害，被杂草所吞噬。由于使用了农药，粮食大大地减少了损失。

任何事物都是一分为二的。化学农药能使农业显著增产，但农药大都是些毒性物质，生产和使用都不可避免地造成环境污染，危害生物和人类。

造成环境污染的，主要是一些有机氯农药和铅、汞、砷等重金属的制剂。据一份资料显示，美国人体内 DDT 含量平均达 1299m，日本人体内六六六含量比一般人高 10 倍。这些农药除了使人体神经系统和肝功能遭到损坏外，还可能导致某些癌症。

有机氯农药主要是 DDT、氯丹等，由于它们的结构比较稳定，在空气中经酸、碱、氧和紫外光作用后不易分解，脂溶性强，水溶性小，在生物体内不易被酶所分解，长期使用后造成药物残留而污染环境。

含铅、汞、砷等重金属的制剂，在土壤中残留时间较长，有的半寿命期（物质分解一半的量所需要的时间）竟达 10—30 年。这里有一件事例：

有家人患了奇怪的遗传病。父亲死于肾功能衰竭，四个孩子中有三个出生不久也死了，妻子不久也得了病。后来的研究表明，那是因为有毒的颗粒悬浮于水中，喝了这种水就中砷毒。

却说科学家们在做化学实验时，对合成具有生理作用和医疗作用的物质产生了极大的兴趣。

这类物质中最先获得应用的是水杨酸，水杨酸是一种有效的药物，但在服用后常常有副作用。化学家柯尔贝第一次制得了它的钠盐，其后化学家们又发现，水杨酸钠与乙酰氯作用，能生成乙酰基水杨酸，医学上叫阿斯匹林。

19 世纪末和 20 世纪初，化学家开始寻找新的药物，特别是麻醉药、安眠药等，化学家们对药物的研究工作，越来越重视。

从帕拉塞斯时期以来，砷剂通常用来治疗贫血、皮肤病、寒热病以及其他疾病。科学家们自然会想到生产这类药物。

1902 年，砷酸钠开始被用于治疗一种叫非洲蝇的昆虫所引起的昏睡病，还有疟疾病、梅毒等。然而，人们在使用这类药物时发现，它有副作用，能使患者失明。

在这种情况下，德国的化学联合企业决定开展专门研究，来合成具有高生理效能，但没有副作用的这类药物。

这一任务被交给化学家兼药学家埃里希去完成，并且在法兰克福给他建立了专门的实验室。在多次失败后，终于制得了六 0 六药品，又叫做洒尔佛散。

这种化合物的结构与重氮染料相似。1912年，埃里希又合成了一种更有效的药物新洒尔佛散，两种药品很快由一家工厂获得了专利权，并开始大规模生产。

磺胺药物的发现历史要复杂得多，有机化学一章已有所叙述，这里从略。

19世纪初，化学家对合成喹啉开始产生了浓厚的兴趣。这里讲一则有趣的故事：

早在17—18世纪，英国和欧洲一些国家疟疾流行。当时因为没有找到特效药，致使不少人丧命。那时的疟疾就像现在的癌症一样令人可怕。

可是，生活在另外半个地球上的南美印第安人，却有很灵的办法对付疟疾。他们用一种树皮煮水喝下去，常常是药到病除。

这种树被称为是拯救人们的“生命树”。印第安人订下一条禁规；谁也不准向外人泄露这个秘密，否则就把他当众砍死。

那个时候，美洲大陆已经开发，去美洲创业谋生的人与日俱增。有一位西班牙伯爵带着他的夫人也去了南美洲，不幸夫人染上了可怕的疟疾。

在她生命垂危之际，有位印第安姑娘给她送来了树皮汤。伯爵夫人喝了以后，不久病就痊愈了。从此她们结下了深厚的情谊。伯爵夫人回国前，这个姑娘把这个秘密告诉了她。

后来，这个秘密逐渐传开了，那时凡是去南美洲的人，都把这种树皮当作珍宝带回欧洲去。

渐渐地，这种神奇的树皮引起了科学家们的重视。19世纪初，瑞典化学家纳尤斯最先对这种树皮进行研究，发现这种树的根、茎和皮之所以能治疗疟疾，是因为含有一种叫喹啉的化学物质。

不久，化学家们又发现，这种称为“鸡纳树”的根、枝、干及皮内含有25种以上的碱。化学家们从鸡纳树皮内取得了两种最重要的碱，即辛可宁碱和金鸡纳碱。

且说19世纪的英国，无论在工业生产还是科学技术方面，都处于世界领先地位。鉴于英国没有鸡纳树，而疟疾仍时有发生，因而英国皇家学院希望能够用人工方法制取治疟疾的药物。

但是直到20世纪30年代，喹啉的结构只是部分地被确定。其后化学家们开始寻找喹啉的代替物，1926年，出产了扑虐喹啉，而1930年出产了虐涤平。这些药物，得到了广泛的应用。一直到1944年，美国化学家伍德沃德和德林格才实现了喹啉的全合成。

且说霉是民间医学古老药物之一，特别用于治疗伤口，一些江湖医生常采用它来治疗各种疾病。

早在2500年前，我们的祖先就知道利用豆腐上的霉来治疗疮、痛等病，到13、14世纪时，当对的医生们曾用“丹曲”（主要用大米培养红曲霉制成的）治疗赤白痢和湿热泄痢。明末《天工开物》一书中记载：“凡丹曲一种，其义奥腐神奇，其法气精变化。世间鱼肉最腐配物，而此物薄施涂抹，能固其质于炎暑之中，历经旬日，蛆蝇不敢近，色味不离初，盖奇药也。”

到了19世纪时，正规医学中已不再用霉治疗，但是1871年，英国外科医生李斯特指出霉能使细菌处于受抑制状态，而且他还做了实验，可惜没有将实验进行到获得结果为止。

1928年，在伦敦一家医院工作的微生物学家弗莱明注意到，在琼脂培养基上生长的葡萄球菌菌落产生了溶化现象。

他重复做了多次实验，最后确信，霉含有某种抗菌物质，他称之为青霉素。英文字母为 Penicilin，拉丁文原意为霉菌。

这一发现公布后，连弗莱明所在医院的同事们也对此持怀疑态度。8年以后，牛津大学的两位医生兼生理学家弗洛里和钱恩检验了弗莱明的实验结果，肯定了他的结论是正确的。这一发明被工业生产上采用，在1946年，英国和美国都用这种方法生产青霉素。

从1884年起，古柯碱就被用作局部止痛的麻醉剂。它的化学结构是由科学家威尔施台特确定的。

在1906年，另一位化学家艾因霍恩发现，氨基羧基苯甲酸酯具有与古柯碱类似的作用，这一类型的新化合物叫做奴佛卡因，现仍然被广泛应用。

巴比酸是1864年化学家拜耳发现的，它的衍生物被用作安眠药。费歇尔在1903年，制得的乙基巴比酸现在用于医疗中，叫做维罗那。另外还有鲁米那也作安眠药用。

后来，特别是第二次世界大战后，已经有了数百种具有特效的药物在临床方面使用。

却说20世纪初，生产染料和其他化学品的芳香原料主要从煤焦油中取得。由于这些原料受到限制，各国科学家都在寻找新的原料，以进行化工生产。

从本世纪50年代起，芳香族碳氢化合物的主要来源已是石油了。

早在19世纪70年代，许多化学家就对不同产地的石油进行了研究。1886年，第一辆使用汽油发动机的汽车出现了，交通工具的迅速发展，人们对汽油的需要迅速增加。

由于上述原因，人们对石油、石油的成分和石油加工产生了浓厚的兴趣。

在1875年，一位研究石油的科学家列特尼发现，在300℃的温度下，部分重的石油余渣变成了较轻产物。他还在高温分解石油剩下的煤焦油中，发现了苯、二甲苯、甲苯以及其他烃类。

1903年以后，随着航空事业的诞生和科学技术的日新月异，相继出现了大型客机及喷气式飞机，要消耗大量的汽油，在海上，远洋船舶和海军舰艇也都逐步用石油为燃料，取代了锅炉用煤，因此，不论是陆上、空中或海洋，对提供动力来说，石油都起着越来越大的作用。

在第一次世界大战期间，汽油供应已经十分紧缺了。当时主要靠将石油分馏来得到汽油。其后，人们开始研究石油裂化的方法，就是将石油中重的碳氢化合物裂解为较轻的烃类，这些是汽油的主要成分。

在一定条件下，石油裂化时除了生成汽油外，还生成一些低的气态乙烯、丙烯等。这些碳氢化合物对工业上大规模生产各种有用材料起着重大作用。如用聚合方法能将乙烯变成聚乙烯。乙烯又与苯作用生成乙苯，从乙苯脱去氢得到苯乙烯，把苯乙烯再通过某种反应，最后制成聚苯乙烯，加工成各种化合物。

却说本世纪20年代开始的石油化学合成的研究，取得了巨大的成就。

最早把石油用于照明或作为燃料，现在看来显然是一种极大的浪费，因此必需把石油合理地利用。1919年，美国新泽西州的一家石油公司，采用硫酸水合法，建立了生产异丙醇的工业装置，这可以说是石油化学利用的开端。

在石油化学产品的历史上，乙二醇是继异丙醇之后的第二大工业产品，

美国化学家们采用氯醇法生产乙二醇，生产出的乙二醇当时绝大部分被制成硝化乙二醇，用于生产炸药。之后，他们又以乙烯为原料，进行了合成乙醇的生产。

此外，美国的化学家们经过多年的努力，开始了氯丙烯法合成甘油的研究工作。其主要是从丙烯出发，通过3—氯丙烯和1,2—环氧丙烷而合成。

作为石油化工原料的另一个较早的资源是天然气。早在本世纪初，由天然气制得的碳黑就开始作为轮胎的填充料。以后通过费希尔和陀罗普希法制乙醇和醋酸。

到本世纪60年代，有机化学产品已有80—90%是以石油和天然气为原料生产的，石油化学工业已成为现代化学工业的主要基础。三大合成材料的原料，几乎全部来自石油化工，石油化工和三大合成材料工业已融为一体。

至于石油化工的产品制造方面，目前更加注意对合成法进行简化。例如乙醇和丙醇的合成，以前是用乙烯、丙烯和硫酸等，经过多步反应才制得，现在大都采用乙烯、丙烯在催化剂作用下直接水合得到。

随着石油工业的发展，环境污染造成的公害也是面临的一个严重问题。因此，我们必须开展环境保护的研究。一方面对石油化工中的三废采取治理，另一方面改革工艺流程，使其不产生或少产生污染物。

却说洗涤剂、橡胶以及塑料的合成。

由于纺织工业的需要，人们合成了许多辅助物质，这其中包括一些能去除污垢的物质，他们称之为洗涤剂。

后来，化学家们在以烷烃氧化制造脂肪和醇类中，发现了一种合成洗涤剂的新途径，这类洗涤剂主要成分是烷基磺酰氯。

在20世纪30年代，英国、美国、德国的科学家对这一化合物进行了认真研究，使得它有了实际用途。英国化学家制成了带有长侧链的烷基苯磺酸——16 烷基苯磺酸；美国化学家在他们之后，将烷烃同时进行磺化和氯化，得到了各种磺酸，用碱皂化，生成磺基皂，这是一种效果更好的洗涤剂。

现在合成洗涤剂在洗涤衣物中，已取代了包括肥皂在内的许多其他旧的去污物品。

有关塑料的合成，最初使用的塑料是赛璐珞，它由硝化纤维与樟脑、酒精和植物油等混合加工制成，它的最大缺点是容易着火。

比赛璐珞稍后一些时候，出现了酪素塑料，这是一种颜色显白，用酪蛋白与甲醛作用制成的。

在酪素塑料之后，又曾出现一种叫酚醛的塑料，它是著名化学家拜耳发明的。他将苯甲醛与酚在酒精溶液中混合加热，得到一种像树脂状物质。他又将其他的酚类与醛类相互作用，也制得了类似的产品，于是命名为酚醛。

在本世纪初，比利时的化学家贝克兰将酚醛树脂大批量地生产，晚一些时候，俄国科学家彼得罗夫，用酚类与甲醛在芳香族磺酸存在的条件下起缩合作用，制得了各种塑料。这种塑料被称为卡波立塑料。

从1933年，英国一家公司开始以聚乙烯制造成塑料。由此塑料的制造起了崭新的变化，以惊人的速度向前发展。

塑料现已广泛地应用于日常生活中，深受人们的宠爱。它轻便、防水、耐腐，不能不说这是一绝。

日常生活中，我们除了使用洗涤剂和塑料外，各种人造纤维和合成纤维



也同我们密切相关。

自古以来，制取人造纤维的原料是纤维素。将纤维素（主要用棉花）进行硝化，然后溶于乙醇与乙醚的混合溶剂中，得到一种胶体，最后将溶剂蒸发，即制得了人造纤维。

本世纪内，特别是 40 年代以后，出现了种类繁多的合成纤维。其中以美国杜邦公司的化学家卡罗泽斯发明尼龙最为著名。

卡罗泽斯在化学实验中发现，从大分子量聚酰胺的溶液中，能够得到强度特别高的纤维，这种纤维像蚕丝一样轻柔，且很牢固，断面呈菱形，他取名叫“尼龙”。

第二年，杜邦公司获得了生产超聚酰胺纤维的专利，它是由己二酸与己二胺一起聚合而成的。英国在第二次世界大战后，也开始生产这一类合成纤维，称为英国尼龙。

随着合成纤维技术以及纤维加工技术的迅速发展，各种化纤品也开始层出不穷地出现。现在除了一般的合成纤维外，还有超细纤维、受热猛缩的高收缩纤维，等等。

每当看到人们穿着漂亮的服饰，色彩鲜艳的各种纤维织品，我们总感到一种由衷的敬佩和赞叹。

橡胶是在 15 世纪末，发现美洲以后才为人们所知道。长期以来，由于种种原因，人们错误地认为橡胶没有什么用途。

最先打开天然橡胶用场的，是英国著名化学家、氧的发现者普里斯特利。1770 年，他第一次用橡胶擦去了铅笔字迹，从此，它和铅笔一样被人们普遍采用。

不久，又有人用橡胶做成医用胶管。1823 年，英国一位商人马肯托什把胶汁涂在布上，做成雨衣在市场上出售。1839 年，美国化学家古德依尔解决了橡胶硫化问题，使天然橡胶不再发粘了，从而橡胶制品日益增多。

19 世纪下半期，人们开始研究橡胶的成分。化学家威廉斯将橡胶干馏，得到了异戊间二烯。他发现此种成分在空气中逐渐凝固，变成了白色海绵状物质，燃烧时发出橡胶的糊味。

1845 年，美国著名科学家汤姆生制成了世界上的第一只橡胶轮胎，并将它套在木轮车上，又减震又耐磨，引起了商人们的极大兴趣。

20 世纪以来，人们开始对天然橡胶的结构进行了研究。得出结论是：橡胶是聚异戊二烯。根据这一学说，科学家们开始了工业合成橡胶的工作。

1900 年，德国杰出的化学家霍夫曼和他的同事们于实验室中研究出了热聚反应。第二年他们采用这种方法，成功地合成了叫做甲基橡胶的产品，并少量地生产。

现在的合成橡胶按用途可分为两大类：一类是生产大有用途的“通用橡胶”。在这类橡胶中，目前产量最大的是丁苯橡胶；发展速度最快的是顺丁橡胶；能与天然橡胶相媲美的是异戊橡胶；耐磨、耐油、不燃烧，素有“万能橡胶”之称的是氯丁橡胶。

另一类是“特种橡胶”，它的特点是性能特殊，主要用在飞机、导弹、卫星和潜艇等的特殊场合，如耐油性能特别好的丁腈橡胶；耐强酸和强碱腐蚀的聚异丁烯橡胶；能在—100 —300 的温度下长时期使用的硅橡胶等等。

今天，橡胶已同我们的生活紧密地联系在一起了。如胶鞋、医用手套、

汽车、飞机、自行车的轮胎等，全都是用橡胶制成的。在现代，橡胶是任何国家都必不可缺少的建设物质。

且说化学与能源：

在现代，石油的用途越来越广泛，但是最终石油枯竭，会不会造成能源危机？这一问题引起了瑞典化学家们的注意，他们于本世纪 70 年代，率先开展了水煤浆的研究。

他们研究得比较多的是重新排列煤的化学结构，将煤加热气化制成高热值的煤气，或将煤与水蒸汽及氧反应转化为甲醇燃料或汽油。但由于这些方法技术难度高、投资大，目前还不能大量建厂投产。

他们又将煤经过脱硫、粉碎后，制成直径只有几十微米的微球体，然后加入少量添加剂，最后用水混合成胶状的水煤浆。

这种水煤浆的特点是：第一，运输方便，可以通过管道像石油那样进行远距离输送。第二，经济上合算，水煤浆的热值与优质煤差不多，每克热值约为 5000—6000 卡，虽然只有石油热值的 60% 左右，但 1 吨原煤可以做 1.3 吨水煤浆，故它的价格只有石油的 1/3。第三，水煤浆制造工艺简单，投资少，易推广。

还有，因为水煤浆经过了脱硫净化处理，所以粉尘和二氧化硫的污染问题可大大减少。因此，它既可作工业和铁路机车的锅炉燃料、水泥窑燃料、冶炼钢铁燃料，又可作船舶的柴油发动机燃料和载重汽车燃料等。

正因为这种新型燃料具有上述优点，所以，继瑞典之后，美国、日本、前苏联等国都竞相进行开发。瑞典的卡尔博格公司经过艰苦的努力，于 1981 年建成小型试验装置，煤和水的重量比达到 70：30。

1984 年，瑞典同加拿大签订合同，设计年产量为 250 万吨的水煤浆工厂，瑞典政府打算利用水煤浆代替一部分石油，1989 年后使石油进口量减少 1/3。

那么，怎样才能使水和煤始终保持“浆”的状态而不分层、沉淀呢？这是制造水煤浆的核心技术、各国都是严格保密的。不过，大概说来，这种技术主要有三方面：

首先是煤变成颗粒以后，对形成稳定的胶体状态有利。例如将 1 立方毫米（一粒小米大小）的煤粒碎成只有 1/10 毫米的细煤粉，它的表面积就会增加 1000 倍。若把它们分散在水中，则与水的接触面也就增加 1000 倍。也就是说，颗粒越细，它与介质（如水）所发生的物理的或化学的作用就越大，这样做成的水煤浆当然就更稳定，更不容易沉淀。

其次，水煤浆中煤的颗粒一样大的不好，而是要有两种不同大小的颗粒，大的承受整体负荷，小的分散在大颗粒之间的缝隙中。据报道，只有这样，才能形成比较稳定的体系。至于什么道理，化学家们仍在探索中。

第三，要加入少量的添加剂。如有机液化物等，以增强水对煤粉的湿润性以及水与煤的表面作用力。

现在，制造水煤浆技术水平最高的国家是瑞典和美国。瑞典制造的水煤浆存放一年以后仍不分层，美国的煤同水之比最高，达 75：25。

据科学家们估计，在不久的将来，水煤浆将成为被人类普遍采用的新燃料。

再说 21 世纪的新能源——氢。

氢是所有元素中最轻的，在 0、1 个大气压下，每升氢只有 0.09g 重，仅相当于空气重量的 1/14.5。在地壳中，100 个原子中就有 17 个是氢原子；水是氢的“仓库”——100 份水中含 11 份氢；泥土中也有 1.5% 的氢；空气中的氢约占总体积的千万分之五。氢是地球上相当丰富的一种元素，因此氢就成了人们向往和研究的新能源。

用氢气作为燃料，有很多优点：

一是氢用途广泛，适用性强。它除了用作燃料外，还可转化为其他化工产品和新型燃料，如乙炔、氨、甲烷以及别的碳氢化合物。

二是干净，不会造成环境污染。它与氧气燃料只生成水，不象石油、煤那样生成危害环境的一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫等。氢燃烧时，虽有少量的氧化氮产生，但可以通过低温催化燃烧法加以消除。

三是氢燃料储运方便。它既能以液态状储运于罐中，也能以气体状态用管道输送。如美国宇航局发射的“阿波罗”飞船，使用的就是液态的氢。

由于氢作燃料的优点很多，但约 90% 的氢来自天然气，只有 4% 来自水的电解，因此需要广泛研究提取氢燃料的方法。

原则上，凡是能破坏 H—O—H 键的方法都可用来制取氢。目前研究较多的是电解法、光解法、热化学法、光催化法等。

制取氢最好用分解水的方法取得，因为整个地球上水的储藏量极为丰富。可谓取之不尽、用之不竭的氢的源泉。

电解法是广泛采用的方法。每制取 1 立方米的氢约消耗 0.9 升水，纯度可达 99.99 至 99.999%。缺点是原料要纯水，而海水中含大量的氯离子和钙离子，需要预先将海水纯制。另外，效率低，要消耗大量电力，投资和生产费用高，经济上不合算等。

光催化法是利用太阳能将水分解。太阳能以 2 卡/厘米<sup>2</sup>·秒或 1353 瓦/米<sup>2</sup> 的固定常数射到地球，由于大气层的吸收，实际能量比这要小。但只要设法集中使用，已经足够大了。

事实上，两周内射到地球上的太阳能就相当于全世界现有有机燃料的储量。除约 0.03% 从光合作用转化为化学能外，绝大部分用以加热大陆和海洋的表面。光催化法需要辅以无机材料如 TiO<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> 等。目前正处在研究之中，不久可望被应用。

氢虽然是一种理想的燃料，但实践起来还有不少困难，用它来取代现有燃料还有个过程，因此我们说它是 21 世纪的燃料。

却说在近代，由于人类大量使用石油、煤炭和天然气等矿物燃料，排入大气中的二氧化碳越来越多。

从科学观点来看，这并非令人愉快的消息。因为二氧化碳会反射地面的红外辐射，像一个大玻璃罩一样覆盖在地球上空，使地球表面的温度逐渐升高。科学家们把这种现象称作“温室效应”。

科学家们指出，如果不严格控制二氧化碳的排放量，如大气中的二氧化碳浓度增加 1 倍的话，则地球表面温度将比现在平均升高 3—4 。

现在，世界各国的化学工业，例如合成橡胶、合成塑料、合成纤维、洗涤剂，都是以石油、煤或天然气等这些含碳的物质作原料的。但是，随着这些物质的逐渐减少，化学工业所需要的碳源就会出现危机。为了解决这个问题，化学家们于本世纪 70 年代，开始致力于将二氧化碳转变成化学产品的

开发研究。

从理论上讲，二氧化碳可以转换成几十种有机化合物，如甲烷、甲醇、乙醇、乙二醇、乙烯、丙酮、环氧丙烷等等。而用这些有机物中的任何一种，通过化学方法又可生成许多别的有机化合物。

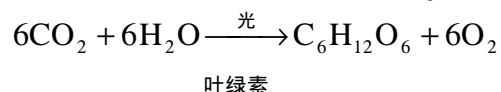
例如乙二醇，目前从乙二醇出发可以开发出电镀光洁剂、维生素 E、吸水性和弹性都极好的新型纤维、耐磨性非常好的飞机轮胎等。因此二氧化碳是未来化学工业的宝库，是许许多多有机化学品的新发源地。

可是，由于二氧化碳是一种相当稳定的分子，碳和氧之间的化学键很难打开。所以，上述各种理论，现在还没有进入实用阶段，让我们翘首以待吧。

再说二氧化碳的另一种功能——光合作用。

郁郁葱葱的大地，绿色植物千姿百态；波光粼粼的水面，各种藻类生长繁衍。这一切都离不开光合作用。

光合作用，一般指在日光照射下，借植物叶绿素的帮助，吸收光能将二氧化碳和水合成碳水化合物的过程。用方程式表示就是：



叶绿素

我们今天所吃的粮食、蔬菜、水果，所用的木材、棉花等，都是光合作用的直接产物；所用的煤、石油等燃料，也是光合作用所留下的遗产。即使鱼虾鳖蟹、飞禽走兽也都直接或间接地依赖光合作用而生存。

光合作用的主要原料是二氧化碳和水，能源就是太阳光。据科学研究表明，太阳能每年射到地面上的约为 3200 夸特（1 夸特等于  $2.52 \times 10^{14}$  千卡），这样多的太阳能，相当于燃烧 11400 亿吨煤所放出的热量，太阳能可以说是用之不尽的。

而二氧化碳在大气中约有 2300 亿吨，有约 60 亿吨供植物进行光合作用，这个原料也是不用发愁的。但是，由于人们对森林大肆砍伐，对草地的无端破坏，使地面上的二氧化碳和光合作用放出的氧气失去平衡，长此下去，光合作用遭到破坏，倒有使人类面临灾难的危险。

近几十年，人们对光合作用的机理已有所了解，已经知道，光能、水、二氧化碳、硝酸盐、硫酸盐在植物叶子的叶绿体内结合，产生有机物质。幼叶的功能主要是合成蛋白质的基本原料——氨基酸；比较成熟的叶子则集中制造植物其他器官营养所需的碳水化合物。而叶绿素及其他色素分子起着吸收光的作用，它们吸收太阳能，并把太阳能传递到产生氧和有机物的植物细胞的反应中心。

人们根据光合作用原理，设计了人工模拟光合作用。如果模拟成功，将对人工合成食物打下基础，而且对研究生命起源和光合作用的真实机理都有重要的意义。

如果在实验室中，能在光合作用下把水中的氢和二氧化碳结合，使之成为碳水化合物，进而转化为糖、淀粉、脂肪等，还可进一步转变成氨基酸、蛋白质。这样，人类所需的食物，就有可能用人工的方法来获得。这是多么美妙的理想啊！

顺便谈一谈二氧化碳的物理性质。由于二氧化碳不能供人类和动物呼吸。在岩洞、地窖里所存的二氧化碳，常不能很好地散发出去，所以通常人进入时，要用火引路，一旦火熄灭了，人就不能上前，否则易窒息而死。

此外，固体的二氧化碳叫干冰，用氢气球将它和碘化银一起带到空中，就可进行人工降雨。

最后说一说化学和医学奇迹。

血液循环对人类来说一直是个谜。直到 17 世纪中期，这个谜才被英国医生哈维经过长期努力揭开。

他证实了人体的血液通过血液循环进行周身循环，它把从肺部摄取的氧气和从小肠的绒毛壁上得到的营养物质源源不断地输送到身体各个组织，同时又把身体各个组织所产生的废物，如二氧化碳、有机酸等通过肺和肾排除体外，使人吐故纳新，充满活力。

如果用现代检测技术观察人体血液循环的话，血管里的血，就像春天的江水一样，汹涌澎湃，源源不断。之所以会这样，一是靠心脏的收缩和舒张，二是靠体内有足够的血液。

一个成年人，体内血液总量约为 5000ml，占体重的 8%。一旦血容量降低到 500ml 以下，血液循环就会中止。如果不立即输血，人很快就会死亡。

1902 年以前，人们还不知道人有血型之分，随便输血，导致了许多人命案。幸亏这年病理学家兰斯坦纳发现了 A、B、AB、O 四种血型。此后，医学上的输血技术便得以安全地推广应用。

然而，世界上所有血库里的血都是从健康人体抽取的，血源量极为有限，远远不能满足需要。于是科学家们便在本世纪 40 年代，开始了人造血的研究。

他们首先对“人血液”的成分和运行机制进行了一番系统地探讨：

血液是由血细胞和血浆组成。血细胞包括红细胞、白细胞、血小板。其中红细胞含有丰富的血红蛋白，主要功能是携带氧气和二氧化碳。血浆主要功能是运送营养物质和维持血容量，使血液循环得以正常进行。

美国化学家们当初曾进行模仿红细胞构造的研究，但由于难度太大，未能成功。50 年代末，医务工作者和化学家合作，用羟乙基淀粉等作为血浆在临床应用。它们能起到维持血压和补充血容量等作用，但是不能运送氧气和携带二氧化碳，所以只适用于失血较少的患者。

1966 年 7 月，奇迹般的事情出现了：美国辛辛那提医院的小儿科教授克拉克在做实验时，不知什么时候一只老鼠掉进一种白色溶液里，他当时并不知道。几个小时之后，他回到实验室时，竟然看到老鼠像鱼一样在液体中欢蹦乱跳地活着。他高兴极了，意识到这种液体很可能成为“人造血”。

其后，日本科学家也得知了这种物质，组织了 150 多名专家进行突击研究。经过不懈的努力，花费 11 年时间，终于在 1979 年 4 月宣布首先研究成功“人造血”。

克拉克教授意识到的那种白色“人造血”是全氟三丙胺等。因为在这引进化合物的分子中只有氟原子和碳原子，故又名“氟碳人造血”。

具体制造过程是：先将全氟三丙胺等经雾化处理，制成直径只有 0.1 微米的微球体。然后加入少量葡萄糖、钾、钠、钙、镁等电解质。于是，就成为白色的人造血了。

“人造血”同人血相比，比重高于人血，但粘滞性基本差不多。它有许多优点：

首先对人体无害。因为“人造血”不需要肝脏化解代谢，也不会产生有

毒的物质损坏肾脏。在病人自身的造血机能开始恢复时，它能自动地通过肺部的呼吸和尿液排出体外。

其次化学稳定性好。“人造血”可存放二至三年时间也不会变性，而血库里的血一般只能放二三个月。

另外“人造血”还有优良的运载氧气和二氧化碳的能力。它输给病人时，由于没有血型之分，所以无论何人何时均可输注，十分安全和方便。

此外“人造血”还有一种奇妙的功能。当人煤气中毒（即一氧化碳）以后，只要注入“人造血”，它便可把血液中的一氧化碳夺过来，让红细胞复活，使中毒者起死回生。

“人造血”正以它的巨大作用，成为“失血者的救星”。科学家们充满信心地预言，不久的将来，血库依靠献血的时代将宣告结束，取而代之的将是“人造血”。

化学对医学的作用还远不止这些，现代研究表明，人的健康与人血液中各种化学元素的含量密切相关。在人体中，不管缺少哪一种元素，人的健康都会受到影响。

本世纪 60 年代，英国科学家汉密尔顿通过测定人体血液中各种化学元素的平均含量，把人体中的各种元素分为两类。他把含量较高的称作“生命结构元素”，含量较低的称作“微量元素”。这两类化学元素在人体中共有 25 种以上。

例如缺碘就会得甲状腺肿，又叫“粗脖子病”，缺锌就会引起贫血、缺钙就会侏儒症，等等。化学元素在人体中的作用，并不是以含量多少来论高低，而是看它在生命过程中是否起决定作用。

如锌，在人体中它属“微量元素”，它与人体中 100 多种酶有关，它能激活生殖细胞，影响人的先天遗传，如缺乏锌，则会导致胎儿畸形，智力低下，精力不足等等症状，因而被人们称为“活力元素”。

又如硒，在人体中的含量也不多，但它的作用却非同小可。现已证明，硒在体内是谷胱甘肽过氧化物酶的辅助因子，因而在抗肿瘤、抗衰老和防治大骨节病的药物中，有时要补硒剂。

在现代，随着科学技术的发展，只要对人体的化学元素进行普查分析，不仅能诊断出许多常见病、多发病和地方病的病因，而且能通过进补化学元素的方法给予有效的治疗。这是化学对人类健康的一大贡献。

外科医生在实行外科手术之后，通常过一段时间还要拆线。这个手术后的拆线过程，能不能省去呢？这就要看化学家的本领了。

医用高分子的研究人员终于找到一种材料，它是以聚乳酸纤维为基本材料，并涂有蔗糖脂肪酸酯的缝合线。

这种缝合线试验效果很好，不仅具有一定强度和伸缩性，易于缝合，而且在体内可维持 3 个月时间不分解。3 个月后，开始分解并逐渐被吸收。

有了它，在实行缝合手术之后，就无需再拆线了。这是化学对医学的又一贡献。

欲知后事如何，且听下回分解。

## 第九回 二十世纪眼花缭乱瞠目结舌 展望未来全面开花缤纷五彩

夜晚五颜六色的灯光，是化学家们玩的“魔木”；恋爱中的人，为什么总爱恋着对方？月球上具备人类生存的化学条件，还有其他等等。化学真是一个“百宝箱”，充满神奇的色彩。

在科学园地里，化学是一位神秘的使者。它一时如迷雾，遮住了美丽的风景；它一时像星星，令我们心驰神往、魂牵梦绕。化学，正以它的神奇、诡秘，正以它在现代生活中发挥的巨大作用，闪烁着科技之光。

先从气体说起。

每当盛大节日，人们总会放出各种气球，它们五颜六色，缤纷绚丽，在空中高高地飘扬，把欢乐和喜悦带给远方的朋友，带给全人类！要使气球飞起来，里面要充满最轻的气体——氢气。

难道不可以制造一种飞艇，里面充满氢气让它具有真正的实际用途吗？1900年，德国工程师齐柏林真的造了一艘这样的飞艇，里面装有九千多立方米氢气。

但1937年，美国的一艘氢气飞艇，在空中突然着火爆炸，乘客遇难，于是氢气飞艇便开始被冷落。这时用氦气制造的氦气飞艇，便受到人们的欢迎。

由于氦气密度比氢气重一倍。它不会着火燃烧，也不与任何东西化合，所以非常地安全。

飞艇运载量大，耗费燃料少，它可以垂直起飞，垂直降落，不像飞机那样需要专门的跑道；它还能在空中停留一段时间。这些给地质勘探、摄影和空中侦察带来很大的方便。

每当夜幕降临的时候，我们能看到五颜六色的各种灯光。这也是化学家们玩的“魔术”。……

将惰性气体充入电灯泡里，灯亮时，惰性气体受到激发，便发射出它们的特征谱线，这就是人们常说的霓虹灯。

第一盏霓虹灯是法国化学家发明的。他们用氖气充填到灯泡里，氖在电场激发下，发射出红光，氖灯的红光穿透力很强，可穿过浓雾，因此，机场、码头以及水陆交通线的灯标就常用氖灯。

氩在电场激发下会发射浅蓝的光，也用来制造霓虹灯。氩制的霓虹灯发射淡红色的光。有的灯泡里可以充进水银蒸气，就成了高压水银灯，它射出的光线是绿紫色的，有的人甚至把氩、氖、氙和水银四种气体，或两种或三种混和气体装进灯泡里，就得到了色彩绚丽的霓虹灯。

氙在电场激发下，可以射出类似太阳光的连续光谱，在灯管里装进氙气（灯管要用石英玻璃制造），就可制成“人造小太阳”。它的功率可达2万瓦，照明1千多个小时。一盏6万瓦氙灯的亮度，相当于900只100支光的灯泡。这种灯泡是本世纪60年代才发展起来的新型光源。

现在人们常常谈到一种新名词“温室效应”。那么什么是“温室效应”？它同气体又有何关系呢？

通常人们把培养秧苗、养花、种菜的玻璃房，叫做温室。当阳光透过玻璃，照射在室内物体时，物体吸收了阳光的能量而变暖。变暖的物体，又会以发出红外线的形式放出能量，由于玻璃对红外线的传播有阻碍作用，室内能量就会增加，导致室内温度升高，这种现象就是温室效应。

大气中的二氧化碳，也有阻碍红外线传播的作用。因此，当大气中二氧化碳含量增多时，地球向外层空间传播的热量就会减少，气温就会升高，这就是现在人们关心的二氧化碳的温室效应。

科学家们探测表明，在金星周围的气体中，二氧化碳是主要成分，那里的气温要比地球高得多。美国公布的一份研究报告指出，100年前全世界每年进入大气的CO<sub>2</sub>仅为9600万吨，而目前已猛增到5.0亿吨，预计21世纪将增加到80亿吨。

地球气温的升高，会引起南北两极冰山和高原冰川的消融，从而导致海洋水量增加，洋面升高。科学家们预测，到2050年，世界洋面将升高40—140厘米，果真如此，一些小的岛国将要淹没海中，对此，人类必须采用有效的对策，以减少二氧化碳的排放量。

二氧化碳是产生温室效应的主要气体，但不是唯一的气体。一位科学家撰文指出：对未来地球温度变化起重要作用的，除二氧化碳外，还有甲烷、一氧化二氮、氟里昂—11、氟里昂—12等30多种气体。这些气体也像二氧化碳那样，能阻止地球向外层空间发出的红外辐射，使地面上温度升高。特别是氟里昂气体，其温室效应不容忽视。

二氧化碳气体与我们的人类密切相关，有多种多样的用途，但二氧化碳能做喷漆，你相信吗？

通常我们用的油漆，都是具有挥发性的有机溶剂。涂上油漆后，溶剂就挥发出来，挥发的时间较长，而且还给环境造成污染。污染物中有许多有毒气体和致癌物。

美国一家公司研制出一种用二氧化碳做溶剂的油漆，克服了常用油漆给人带来的危害。二氧化碳是气体，不能做溶剂。他们采用的办法是：在一定温度下增大压力，使二氧化碳处于气态与液态相互转变的一种状态。这样，就可做溶剂使油漆溶解。所用二氧化碳是合成氨厂、炼油厂的副产品，并不需要制取。

使用二氧化碳喷漆，干得快，光泽好，不会产生有毒污染。

除了上面介绍的一些气体的用途外，近年来，科学家们采用以氢气为基础的氢、氦、氧混合气，供深海潜水员呼吸，并已获得成功。

在用空气呼吸时，空气中的氮吸入人体，若潜水员上浮时，就会由于迅速减压而在体内留下一些气泡，导致减压病。

为改变这种状况，人们曾用氦气代替氮气，以氦—氧混合气供给潜水员呼吸。因为氦在人体里的溶解度，比氮小得多，可降低减压病的发病率。但由于氦的溶解度比氮还快，在使用上受到限制，所以并不理想。

现改用以氦为基础的混合气，试验效果很好。潜水深度比以氮为基础的混合气提高2倍多，氦的价格只有氮的1/20。科学家们曾把6名潜水员送至531米深处工作，每天工作数小时，情况良好。在海洋石油开发的工作中，潜水深度达1000米以上，也可采用以氦为基础的潜水技术。

气体供我们呼吸，给我们带来幸福和欢乐，但有些时候，也给人类带来诸多不利。

据有关资料报道，英国剑桥地区的孪生率，近年来有明显上升的趋势。人类孪生率在通常为3/1000到13/1000之间，而这一区近年来高达16/1000。不仅如此，调查还表明，当地牛的多胎率也不断上升。20年前，多胎率在2/100以下，近年来增到16-20%。



科学家们经过观测，发现该地区孪生率的增加，可能是空气污染加重所致。这里有两个比工厂和两个垃圾焚烧炉，长期排放大量有害的气体。这个地区出生的孪生婴儿的眼疾、支气管炎、白血病的发病率，都有所增加。这都是环境污染引起的。

除此以外，我们还常常提到“酸雨”和“酸露”这个新名词。

“酸雨”就是指PH值小于5.6的雨、雪及其他形式的降水。“酸雨”中含有多种酸物质，但主要是硫酸和硝酸。这两种酸是由于大气的污染物二氧化硫和氮氧化物，经过与水的化学反应生成的。

“酸雨”的危害，主要是造成湖泊江河酸化，可使鱼类死亡，土壤酸化，导致作物和森林的生长能力下降；破坏植物表皮组织，降低叶片的光合作用，对建筑物、金属结构造成腐蚀等。

控制“酸雨”的最根本办法，就是降低二氧化硫气体和氮氧化物的排放量。

所谓“酸露”，是指树木、作物上的露水珠，吸收了二氧化硫气体和氮氧化物后，经氧化形成硫酸和硝酸，使露水珠的酸性增加。

在夜间，由于露水珠的酸性不大，危害较轻。日出以后，由于水分的蒸发，露水珠的酸变浓，酸性增强，树木、作物和花草便遭危害。

科学家们经过实验认为，酸露的危害，虽不像酸雨那样严重，但比原来预想的要严重得多。它已成为危害树木、作物的一个不能忽视的因素。

有关气体的各种性质和用途，前几章回有所介绍，不再多说了。

且说化学的奇妙之处，远不止上面描述的，它与我们每个人、每个家庭，真可谓水乳交融。

每当走在街上，你看到人们穿着漂亮的服饰，总会发出由衷的赞叹。其实，这也是化学的一大功劳。

服饰美，首先要讲究衣料。古代的衣料主要是棉、丝、麻、毛四大类。被人们认为最高级的是蚕丝，因为它结实、均匀，用不着捻纺。

但蚕丝质量虽好，产量却有限。1938年，美国最大的化学工业公司——杜邦公司的化学家经过研究，发明了一种像蚕丝一样轻柔、断面呈菱形的化学纤维——“尼龙”。

从此，用化学方法制成的合成纤维便迅速发展起来。到现在，已经工业化生产的有几十种，它们占人类全部衣着纤维的一半以上。

这样，就使人们的衣着更加丰富多彩起来。

尼龙不仅可做成美观的衣服，而且还可做成袜子、手套、尼龙伞等，久不变形、耐洗耐用。

过去，到了冬天，人们穿的是又笨又重的棉衣。而现在，人们都爱穿又轻又暖的羽绒服。其实羽绒服里面大多不是羽绒，而是形似棉絮的丙纶。丙纶在保暖方面，比任何天然的和人造的纤维都好。所以，在御寒方面最受人们青睐。

人们的衣着美，除了需要好的布质外，还表现在色彩上。以前，总是“老四色”——红、蓝、黑、白。现在合成染料达500多种，各种色布不计其数。例如红色，不仅有淡红、桃红、粉红、橙红、猩红，而且还有深红、紫红……等等。真可谓五彩缤纷，光彩照人。

衣服可以通过化学方法制造，美丽的宝石也同样可通过化学方法合成。

宝石，它质地纯净，亮晶晶、光灿灿，性能优异，价值连城。过去，它

只属富贵人拥有，而今，它越来越多地进入普通人家。在戒指、耳坠、胸花上，都闪着它的光芒。

宝石之所以珍贵，一是因为它奇，具有耐磨性，硬度高，不怕腐蚀等优点；二是因为它稀，天然宝石相当稀少，且分布不均。天然宝石的产量如此少，远远不能满足人们的需要，于是，促使化学家们向人工合成宝石进军。

最初化学家们用氧化铝和氧化铬一起熔化，制得了红宝石；之后，化学家们改进了方法，将纯净的氧化铝用氢氧焰熔化后，加入少量铬酸钾，结果培养了红宝石大晶体。从此，合成宝石便开始进入工业生产。

现在，在所有的合成宝石中，主要有三大类：刚玉系宝石、尖晶石系宝石和金红石系宝石。上面所说的红宝石就是刚玉系宝石中的一种。因为刚玉系宝石主要是由氧化铝制造的，天然的氧化铝在矿物学上叫刚玉，故此得名。

刚玉系宝石的颜色最丰富、最鲜艳，因而也特别受到人们的喜爱。

近些年来，用香金属制做的妆饰品、纪念品日渐增多。这些能带在身上，到处散发香味的香金属制品，又是怎样制造的呢？

简单地说，就是用多孔金属或合金，含浸一定数量的香料而制成的。

多孔的金属或合金，需用粉末冶金方法来制备：

先将不锈钢粉末或金属钛粉末（也可用金、银等贵金属粉），与减磨材料（如硬脂酸锌）混合均匀。再将粉末压制成型并在成型时保留大量的气孔通道。为了能形成更多的孔道，以提高对香料的含浸量，应在加压时，选择适当的压力，也可以在配料里添加一些石蜡，以便在烧结时为气体排出留下孔道。

最后，就是让金属含浸香料。

常温下，自然含浸需要较长的时间，且含浸量也不高。采用真空含浸法效果较好，即先把金属制品放进真空罐中，密封、抽走存在于金属孔道里的空气，再把香料送入真空罐中，这样，香料就会充分地进入金属的孔道中。

香金属除用着装饰品外，还可用于其他方面，如含浸诱鱼上钩的药剂、含浸驱虫、驱鼠的药剂，含浸在人体中需要缓慢释放的药剂等。这些含浸物虽不是香料，也属于香金属的一种应用。

前文中说，衣服是用纤维合成的，尽管它潇洒、漂亮，但却经不住火烧。于是，化学家们经过努力，又发明了一种不怕火烧的衣料，你想知道吗？

这种新研制成功的衣料，具有高强度和高弹性，在高温下不收缩，接触火焰也不出孔。在 1200 高温火焰中放置 40 秒钟，试验结果既无收缩也无孔洞。

这种用做工作服的特殊衣料，是用改进了的间苯类芳香族聚酰胺纤维，又混入了 3—7% 的对苯类芳香族酰胺纤维而制成的。

对苯类芳香族聚酰胺纤维具有高弹性、高强度的优点；而间苯类芳香族聚酰胺纤维，则具有光泽、手感、外观都比较好的优点。两者优点的结合，便合成了这种新型的衣料。

肥皂在我们的生活中，几乎人人都离不开。

肥皂是高级脂肪酸盐，在脂肪酸盐的分子中，一头是以碳为骨架的脂肪链，另一头则是金属钾或金属钠的离子。

脂肪链是亲油的，但不亲水；羧酸钠则相反，亲水而不亲油。因此，这种分子是“两栖型”的，当它们遇上油渍时，羧酸钠一头全趋向水，而脂肪链一头则全趋向油，随着洗手或洗衣服时的搓揉，油垢就会被“两栖分子”

中亲油的那一头所溶解，并被亲水的另一头拉入水中，这样油垢就被洗干净了。

肥皂虽然具有优良的去污作用，但不易在较多钙盐或镁盐的硬水中使用，因肥皂能生成不溶于水的脂肪酸钙盐或镁盐的粘性沉淀，不产生泡沫，浪费了肥皂，而且粘附织物不易洗掉。

如今，化学家们除了制造肥皂、香皂、洗衣粉等固体洗涤剂外，还造出了 200 多种液体洗涤剂。这些为我们的生活提供了极大的方便。

化学除了与我们衣、食有密切关系外，还与爱情、智慧有关呢。

对于恋爱中的青年男女，人们常用“难舍难分”、“如胶似漆”、“一日三秋”等美丽的词语来形容爱情的炽热。为什么会这样呢？

科学家们经过研究发现：恋爱中的男青年，他大脑里的丘脑下部分泌出具有爱恋作用的化学物质。这种物质，会使他的神经突然激发，产生对异性的亲近、追求、甜蜜的神活动；女青年也作出相应的化学变化和神经活动，从而双方都有难舍难分、幸福甜蜜的感觉。

这些化学物质是：肾上腺素、去甲肾上腺素和安眠酮等，有了这些化学物质作用于神经系统，人们就会进入爱情的美妙境地。

同时科学家们也发现，一些早在童年时被切除脑下垂体的病人，到了成年时，他们在体格上同正常人没有多少差别，然而在爱情上却是麻木不仁，完全没有爱情的感受，不会持久地对异性产生爱恋，永远不会堕入情网。

于是，科学家们建议他们上医院去请教医生，医生就会建议他们服用安眠酮等，它们能很好地激起人们的爱情感。

化学与人们的智力也有关系。

从化学角度来看，培养聪明的大脑，需要良好的化学条件。科学研究显示，醉酒后受精、近亲结婚、夫妻双方或一方有智力缺陷等，对胎儿脑发育来说，都是一种恶劣的化学环境。

例如，醉酒后的人，大脑中的部分细胞受酒精的作用处于麻醉状态，这时卵子或精子中某部分基因的化学物质的组成和结构就会有所变化，倘若这个时候受精，就有极大的可能使胎儿大脑细胞的化学物质发生畸形组合，导致胎儿智力低下，甚至痴呆或是无脑儿。

专家们指出：怀孕期间的孕妇，应当摄入足够数量的蛋白质、脂肪、碳水化合物和各种维生素。同时要保持安全愉快的情绪，切忌焦虑、惊吓、生气和悲伤，否则孕妇的肾上腺素会大量增加，从而使血管收缩，导致胎儿大脑供血时急时慢。这样，胎儿的大脑易受到不良影响。

科学家们还指出，蛋白质对婴幼儿脑的发育十分重要。当蛋白质摄入量充足时，脑中的一种叫儿茶酚胺的化学物质便浓度增加，去甲肾上腺素传递活跃。而去甲肾上腺素与大脑的学习、记忆关系十分密切。这种脑物质分泌、传递越活跃，学习和记忆能力就会越强，同时耐久力和集中力也会增加。

却说化学在军事上也有巨大的作用。

化学在军事上广泛地被应用。除了根据化学原理，制造氢弹、原子弹、炸药等杀死力极强的武器外，还有其他许多作用。

首先是生产化学武器。

人类第一次大规模使用化学武器，是在第一次世界大战。当时法西斯德国军队向英法联军施放了 180 吨氯气，造成 5000 人死亡，上万人中毒的悲剧。自此以后，化学武器的研制和使用，不但未被制止，反而在不断发展。当今

世界上，很多国家拥有化学武器。

目前世界上化学武器的研究，主要包括新的渗透性毒剂，超毒性物质及新的二元化学武器三方面。

渗透性毒剂是一种能穿透防毒面具、防毒衣以致渗透进皮肤的毒剂；超毒性毒剂，一般为肽素神经毒剂，这种毒剂其毒性大大超过现用的含磷毒剂，且具有速杀、难防、难治的特点。

二元化学武器，则是将两种或多种能产生毒性的物质，分别装入弹体的不同容器中。在弹体射向目标的过程中，靠弹体的力量使它们混合，反应生成毒剂。这种化学武器平时没有毒性，便于生产、存放和运输。此外，化学武器的发射系统，也向密集型和远程化方向发展。

且说化学武器离不开化学，同样，火箭发射的时候也需要化学来帮忙。

在火箭发射的时候，我们常会看到，尾部会留下一条长长的白雾尾迹。这种白雾尾迹是氯化氢与空气中的水分相遇生成的盐酸雾。这种十分显眼的雾化尾迹，在用于军事时易被敌方发现。

现在科学家们研制出一种替代物，这种固体火箭燃料，采用了硝酸基氧化剂，燃烧后喷出的是氮而不是氯化氢，在空气中不会形成雾化尾迹。实验表明，这种新型火箭的效力，跟常规火箭相同，只有发动机需要加以改进。美国一家喷气推进器公司已经试制了这种新型火箭燃料发动机，并在一家空军基地进行了试验。

我们知道，炮弹是固体的，它发射出去后有很强的杀伤力，但经过化学家们的努力，现已有液体发射药问世了。

为什么要用液体发射药代替传统的固体发射药呢？这是由于液体发射药有许多超越固体发射药的优点。

首先是液体发射药能量高，初速度大。初速度大，就增大了火炮的射程。这些是固体发射药无法做到的。

其次是液体发射药可直接加注到火炮的高压燃烧室里，提高发射速度。这样，可根据需要控制药液的加入量，随时改变火炮射程，扩大火力覆盖面，提高火力的灵活性。

最后是液体发射药安全，不易燃烧，产生烟雾少，不便被敌方发现。除此以外，液体发射药的价格也便宜，还便于储存和运输。

由于液体发射药有这么多的优点，世界上一些军事强国竞相开展这项工作。据一份资料显示，美国在 1997 年将向陆军交付用液体发射药作炮弹的样炮。进入 21 世纪后，液体发射药火炮将同新研制的电热炮、电磁炮一起，投入使用。

化学在军事上还有各种各样的用途……

再说说神奇莫测的水。

水，同我们多么亲密。然而，它的许多现象却又令我们百思不解、神秘莫测：通常的液体物质，随温度的降低，比重逐渐增大。可是水却不是，水的比重最大时的温度不是 0℃，而是 4℃。

一般的气体压缩时会变成液体，水却不然。在 374℃ 以上，压力为 217 个大气压时，气态的水可以压缩成任何密度的气体，而不液化成液态水。而且当气体的水的密度达到  $0.4\text{g}/\text{cm}^3$  时，它竟能直接溶解相当数量的盐。

每当春江解冻的时候，冰都浮在水上面，因为冰的比重比水小。但是，当加压到 2000 个大气压时，冰的比重却比水大得多，像石头一样沉入水底。

人为什么要喝开水呢？据化学家们研究，水烧开以后，水中的气体（如二氧化碳）被驱除干净，成为无气体的“排气水”。这时水分子排列得比较整齐（普通水分子排列混乱）人喝了以后，可使生物化学催化剂——酶增强活性，提高人体抗病能力。

此外，用“排气水”浸泡粮种，可使粮食作物增产。鸡喝了以后，也会增加产蛋量。

本世纪 70 年代，化学家们发现了一种奇怪的水，叫“二聚水”。

所谓“二聚水”是一种特殊结构的水，它是由一个水分子的氢原子和另一个水分子的氧原子，聚合而成的较大的水分子。这种水分子有一种非常奇怪的现象：

它会旋转，并在旋转过程中吸收太阳的红外线，从而使低层的大气得不到应有的红外辐射，而使气温明显下降。上面这种效应，科学家们称之为“二聚水效应”。

近年来，化学家们又有新发现，尤以美籍华裔化学家，1986 年诺贝尔化学奖获得者李元哲教授的研究引人注目：

他用自己发明的能观测到原子、分子运动状态的实验仪器，发现水是以  $\text{HaO}_4^+$  多聚体的方式存在的（见下页图）：

这个发现很好地解释了这样一个事实，液体水比普通液体，

{ewc MVIMAGE, MVIMAGE, !07300310\_0211\_1.bmp}

如硫化氢等，在导电率方面要高 100 万倍。因为它像强导电的电解质，具有极易导电的正离子。

水一般有淡水和咸水两种。淡水主要分布在江、河、湖、泊和地下水中；而咸水主要分布在海洋中。

先谈海水中的化学资源。

在我们生活的地球上，有 7/10 的面积被海水所覆盖着。海水的深度最深达 11 公里以上，平均深度就达 3.8 公里。海水中的含盐量约为 3.5%，这些盐分主要是氯化钠，此外，还有氯化钾、氯化镁、硫酸镁等多种无机盐。有人曾计算过，如果把海洋中的盐覆盖在地球上，盐层可高达 15 米。

现在世界镁产量的大部分，都来自海水。黄金被称做金属中的“贵族”，世界年产量只有 1000 多吨，可海水中竟有 550 万吨之多。海水中的白银比黄金还要多 10 倍。

目前我们所知的各种化学元素，已有 2/3 从海水中找到。像镁、钾、钙、溴等，含量十分可观。某些微量元素，如锂、锌、铝铀等，在海水中的百分含量不高，但海水总量大得惊人，如计算起来的话，比陆地藏量要大得多。试举一例：

前文已述，海水中含有大量的黄金资源，但海底植物海藻有从海水中吸收金元素的功能。海藻称得上是海洋中的“绿色金矿”。

这“绿色金矿”应怎样开采呢？科学家们设想的办法是，先在含金量丰富的海域中，大量种植海藻类植物。待海藻生长达到一定含金量时，即收割运送上岸。再经物理、化学处理，便可提取出黄金和碘等。

地球上有海水的覆盖面积如此地巨大，而淡水却十分地有限。据测算，淡水只占地球水量的 2.7%。在这有限的淡水里，冰帽和冰川占 2.14%，大气中的水蒸气不到 0.01%，地面和地下的全部液态水只占 0.63%。由于分布不均，季节差别、年际差异等，真正能利用的水比这个百分比还要小得多。

另一方面，淡水的消耗也是惊人的。有人统计过，炼 1 吨钢要 200 吨水，生产 1 吨纸要 200 至 500 吨水，发 1000 度电要用 350 吨水。这些淡水，除一部分可以重复使用外，大部分的水则一去不复返。

现在全世界缺水的国家已达 40 多个。由于缺水，有些国家不得不买水，进口水，甚至在有些国家里水比石油还贵。

面对这种情况，近几十年来，科学家们在致力寻找淡化海水和陆地苦咸水，以及净化脏水的新技术。

但到目前为止，还没有找到最理想的方法。就海水淡化问题，经过科学家们的共同努力，已有了十几种方法，如：蒸馏法、冰冻法、电渗析法等。但这些方法一般都不易做到，因为蒸馏法需要消耗大量的热能，目前只有石油资源和太阳能丰富的一些国家采用；电渗析法，要用电，设备复杂，成本高；冰冻法耗电更多。因此，在应用上受到了限制。

不久前，美国科学家提出了这样的设想：制造一种微孔薄膜，这种薄膜用玻璃或者陶瓷，微孔的直径不超过百万分之零点五毫米，只让水分子通过，而海水中的钙离子、硫酸根离子、碳酸根离子以及其他有机分子等都不能通过。不用电，也不要加压，让水自然过滤。

这种方法当然很妙，可是这样的膜又如何制造呢？这样细的孔，一旦堵了以后又怎么办呢？如今科学家们正在苦思冥想，认真研究呢！

纵观水的各种特性，它的奥秘太多了，科学、生命、生产都离不开它。它的各种真面目，什么时候才会被人们彻底认清，我们拭目以待。

却说近些年来，化学家们对宇宙的化学组成、化学作用等产生了浓厚的兴趣。

谁都知道，太空中的环境同地球上是大不一样的。在那里，严寒酷热、微重力、强辐射等，对于我们人类是可怕的，但对科学研究来说，却是难得的好条件。

单从化学而言，我们人类在地球上制造纯净的物质，费了九牛二虎之力，也难以达到标准，而在太空中，则很容易制得。如在地球上冶炼纯净的金属，尽管科学家们在冶炼金属的容器中，采取了许多纯化的技术措施，但容器壁的污染仍是不可避免。在太空中由于没有外来杂质的污染，所以不需要容器，就可冶炼出纯净的金属了。

近年来，在美国“发现号”航天飞机上，发现了一件令化学家们迷惑不解的事情：

用同样的方法，在太空生长出来的碘化铅晶体，跟地面上做出来的有明显的差异。这差异主要表现在，太空中做出来的晶体更纯净，晶体结构的对称性好，形成晶体时很少依靠“模板”的帮助。而在地面上，所用溶液也是碘化钾和乙酸铅，方法、原理与太空相同，所形成的晶体却不像太空上那样完整。

科学家们对此没有给予合理的解释，只是提出地球上碳污染物是太空的 10 倍，这可能是一个影响因素。

1983 年 4 月，美国另一架航天飞机“挑战者”号首航太空时，宇航员利用地球上不具备的失重的条件，制造出一种直径只有 10 微米的塑料微球体，不久前在美国国家标准局出售，主要用来作测量人体微血管直径的标准球料。

这种 3000 万颗肉眼也难以分辨的透明微球，装在贴着“太空制”标签的

小玻璃瓶中，这是世界上第一批太空中制造的商品。制造这种微球粒的原料，是生产市场上普通的透明塑料杯和肥皂盒等日常用具的聚苯乙烯，价格每公斤不到 1 美元。但是，它到了太空中“旅行”一趟被加工成这种微球粒后，便身价百倍了。

由于太空中有这样得天独厚的条件，科学家们便做了许多工作。

1975 年，前苏联的“联盟号”飞船与美国的“阿波罗”飞船对接，进行了诸如金属合成、表面张力等 3 项试验；

1976—1977 年，日本科学家利用火箭飞行过程中 5 至 7 分钟的失重时间，进行了电子材料、药品制造、流体力学等试验。

1981 至 1983 年，前苏联利用空间实验室，美国利用航天飞机，进行了蛋白质纯化、电镀和刻蚀作用、特性均匀的金属玻璃、浸润和渗透现象等研究。

通过一系列的试验、研究，科学家们已经观察到一些特殊的现象。如在太空中，物质之间不会自动对流，液体的形状与容器无关，气泡在液体中会漂浮很长时间，等等。

由于太空如此神秘而富有魅力，科学家们预测，不久的将来，空间化学研究和空间化学工业以及其他科学技术，将逐步建立起从空间大量获取物质和能量，以供地球所用。

且说在太空中，月球与我们人类最有缘，自从 1969 年 7 月 20 日，美国宇航员阿姆斯特朗将他穿着靴子的左脚，在月球上踏下第一个人类脚印后，从此，月球上杳无人烟的漫长岁月便宣告结束了。

从那以后近 30 年的时间里，科学家们对月球进行了深入研究，粗略地了解了一些月球内部的环境。

首先是月球具备人类生存的化学条件。从已知的资料看，月球上的土壤和地球上土壤的化学组成相似。科学家们做了这样的一个实验：将月球上的土壤、砂石制成水泥，并用地球上的水制成口香糖大小的三块混凝土，试验结果非常理想。这就是说月球具备了供人类居住的建筑材料。

同时，科学家们也发现了一些不具备人类生存的化学环境。这就是月球上缺乏人类赖以生存的水和氧气，因为在月球表面没有空气。这是一项科学家们正在研究而且非常重要的课题。

其次是人类要想进入月球，必须进行模拟月球环境的试验。科学家们把地球生存环境称作“生物界 1 号”，月球生存环境则称为“生物界 2 号”。

这个生态体系试验，是被封闭在一个由钢铁和玻璃制成的外壳里，里面有人造海洋、森林、沼泽地和沙漠等。另外这里的每样东西都可循环使用。如人呼出的二氧化碳供植物利用，而植物施放出的氧则促使封闭体系的空气更新以供人呼吸，等等，这项工作目前仍在有条不紊地进行着。

再就是从现在起，人类要在月球上建立“月球太空城”和建立“月球太空基地”。这项工程的绝大部分原料将从月球上取。如利用月球上制造混凝土过程中所产生的氧（月球矿物中有氧化物），同氢化合生成水，以解决月球水源不足的现象。

还有很多方面的研究工作，目前科学家们正加紧进行。我们相信，人类总有一天会移民月球、开发月球，把月球的宝藏运回地球。

最后说说环境与化学。

那千变万化的自然界给人类以巨大的财富并给人们带来幸福和欢乐！但

曾几何时，人类不能不面临着这样的现实——清澈的河流，蓝色的天空，碧绿的庄稼，受到了人为的损害——环境污染，人类不得不为自身的健康和生存同自己造成的灾害战斗了。这就是现阶段人们大声疾呼并引起严重关注的问题——环境问题。

请看几个令人震惊的事件：

1952年12月，发生了世界有名的“伦敦烟雾事件”。起因是这样的：

一天早晨，一股强大的移动性高压，像一块巨大的黑幕，笼罩在南英格兰上空。伦敦附近上空没有气压差。泰晤士河谷及附近低洼地区几乎完全处于无风状态。冷空气沿着伦敦盆地的斜面流入盆底，造成气压下降，而盆地上空却出现暖气层。一场特大的浓雾降临了，且整整持续了四天。

在这样的气候条件下，从伦敦工业区喷吐出来燃煤产生的大量二氧化硫和粉尘，由于浓雾笼罩而扩散不开，于是伦敦上空出现了由浓雾和浓烟形成的一片雾海。

伦敦的许多市民因中毒而感到胸闷、咳嗽、呕吐等症状。伦敦的各家医院一时人满为患，挤满了中毒病者，尽管医院采取了紧急措施，四天内仍有4000余人死亡。后来又发生了几起类似的事件，死亡了許多人。

事例之二，狂猫跳海。

1953年末，日本九州的鹿儿岛水保市发生了一种奇怪的现象：人们发现一群疯猫，惊恐不安，好像为了扑灭身上的烈火而舍身跳入大海。

与此同时，这里的医院也连续不断地收进一些奇怪的患者，这些患者最初症状为上嘴唇及舌头、手脚感觉麻木，然后语言不灵，重者脑部痴呆，神经失常。在这一地区还发现鸟类和鱼类大量死亡。

一时解不开这个谜，人们惊慌失措。

直到1959年，日本科学家经过深入细致的研究，认为上面症状与重金属中毒有关，尤其汞的可能性最大。后经调查，从病死者尸体和鱼体中，在附近工厂排放污水的管道口，都发现了有毒的甲基汞。排水口处污泥含汞量竟达0.2%以上，离排水口越远，汞浓度越低。这才揭开了“狂猫跳海”的秘密。

现在已完全清楚了，奇怪病的患者就是因汞中毒而引起的。

事例之三，“还我河流，还我自然”。

号称美国“百川之父”的密西西比河，河中发现砷、汞、镉、氰酸银、杀虫剂等毒物应有尽有。1965年，加利福尼亚州的某市，有5个人因饮用家庭自来水而丧命，另有18000多人病倒。

美其名曰“母亲”的俄罗斯伏尔加河，几乎接纳俄罗斯一半的工业废水，曾因小孩玩火而引起河面大火。世界上最大的淡水湖，贝加尔湖，过去清澈透明，能见度达4.5米，生长着特有生物700余种，如今由于污染，难以计数的动植物生命也受到威胁。

事例之四，农药——既增加了生产，又带来了危害。

农药给农业带来巨大的实惠，合理、有效地使用农药，会增加粮食的产量，这是人所共知的事实（有关农药的化学作用，第八回有述，从略）。

但是，人类从使用农药中得到了好处，却忽视了它的害处。到今天，人体内已经有不同剂量的有机氯、有机磷农药残留。美国人体内DDT含量平均达12PPm，印度人则高达39.4PPm；日本人体内六六六含量比一般人高10倍达12PPm。



农药除了使人体神经系统和肝功能遭到损坏外，还可能导致癌症。如多氯联苯这种成分，在人体内积累，可导致皮肤变黑和肝脏故障。1968年，日本发生的“米糠油”事件，就是多氯联苯中毒，使10000余人得病，16人死亡。

事例之五，在“吞云吐雾”之后。

人们常说，“饭后一支烟，赛过活神仙。”因此有很多人，陶醉于“吞云吐雾”的悠然自得中。事实上，人们没有想到，自从吸第一口烟开始，人体便为烟中各种有毒物质付出了不少的代价。

科学研究表明，烟中含有1200多种化合物，大多数成分对人体健康有危害，特别是尼古丁。曾有人作过动物试验，给小白鼠的眼睛滴入一滴尼古丁，它就会失去知觉；一滴尼古丁用生理盐水稀释后，注入几条狗的血管内，可使狗死亡。

香烟中的另一种有毒物质是烟油，它对肺部有破坏作用。据外国科学家研究，烟油中含有30多种致癌物质，其中最易引起肺癌和膀胱癌。有人统计过，因肺癌死亡的人数，抽烟者是不抽烟者的20倍多。

烟燃烧后还会放出一氧化碳、二氧化碳、氢氰酸、二氧化氮等气体。像一氧化碳、二氧化氮可引起心脏病和动脉疾病等。

有人做了一个可怕的试验，一支烟中的这些毒素，可以将一只麻雀当场毒死。

以上这些事例，只是化学污染的一部分，它的确给人类的生存带来了威胁。我们不得不投入一场没有飞机和大炮的战争——净化环境的战争了。

环境问题主要指工业三废（废水、废气、废渣）污染对生态系统造成的危害；也指对森林的滥肆砍伐，对鸟类和其他自然界生物的盲目捕杀，从而造成对自然界生态平衡的破坏。

环境污染问题是严重的，但随着科学的进步，也必将对这些问题的解决，提出很多新的方案。目前，较理想且有效的方案是建立绿色植物——森林，请微生物来帮忙，变废为宝三大类。

森林，曾给人类提供了丰富的资源，而如今它又成了自然环境的卫士。森林起着吸收二氧化碳，制造氧气的作用，它有“绿色工厂”之称。

被污染的空气中含有大量的粉尘、油烟、炭粒及铅、汞等金属微粒。除了导致人体吸呼吸道疾病外，还可影响到太阳的照明度，间接危害人体健康。而森林就是一个自动吸尘器，它的叶片，对空气中的微粒、烟尘起拦截、过滤、吸附和滞留作用，从而净化了空气。

森林还具有净化水源、吸收多种有毒物质的作用。如空气中的二氧化硫达0.04%时，可使人中毒死亡，但却易被森林吸收同化，经测定每公斤柳杉叶每天可吸收二氧化硫3克。

森林还具有多种作用，如监测氯气、氯化氢气体、汞污染等，真可谓“不下岗的监测兵”。

消除环境的另一种重要方案是“变废为宝”。

在工厂排出的废水中，含有各种重金属：汞、锌、铅、钼甚至金、银、铀等十分有价值的金属，让它们流入江、河、湖泊，既带来了污染又浪费了钱财。通过采用离子交换法、电渗析法、沉淀凝聚法等回收了这些金属，真可谓两全齐美。

再如在炼铝工业中，产生大量含氟、氯、二氧化硫和一氧化碳的烟气。

我们可以将氟变成冰晶石，用氯来生产盐酸和农药，用二氧化硫来制造硫酸，等等。

总之，变废为宝的例子不胜枚举。

微生物在环境保护方面有重要作用，科学家们称这为“化学工程师”。

因为微生物不像人体，有些人看来很毒的化学物质，有的微生物却偏偏喜爱用它们作食粮，外国科学家已用微生物来治理海洋油垢污染和农药污染等。

此外，微生物在净化废水、净化河流，在石油化学工业中吃去石油中的蜡等方面，均显示了高超的本领。

只要我们人类认真对待环境污染，坏事又可变成好事，天仍旧蔚蓝明朗，水依然清澈透明，空气照样清新舒畅。那种“人类危机”的喧嚣，也将会销声匿迹了。

欲知后事如何，且听下回分解。

## 第十回 华夏化学一波三折发展壮大 神州科技推波助澜前景绚丽

中国是瓷器、造纸、火药的故乡。徐寿系统地介绍西方近代化学知识。侯德榜联合制碱法的成切，引起世界轰初，还有胰岛素的人工合成等。中国化学开始登上世界舞台。

我们的祖国地大物博，人口众多，是一个历史悠久的文明古国；我们的祖先，创造了光辉灿烂的科学文化，留下了许许多多举世无双的艺术瑰宝，对人类有很大的贡献。

化学也不例外，我国古代化学工艺有很高的成就，是瓷器、造纸、火药发明的故乡，我国钢铁生产也曾走到世界前列。这些都可以激发我们的爱国主义热情和民族自豪感。试举两例：

自古以来，谁都知道黄金的珍贵，黄金之难得，是几乎所有金属难以相比的。

早在两三千年前，我们的祖先就创造出提取黄金的方法“汞金法”，即首先把汞金和白银 1 比 3 熔化在一起，然后放入硝酸中处理。硝酸“吃掉”了银变成硝酸银，同时吸附了杂质，剩下的部分再放入硼砂烧成条状，接着用蒸汞器将汞与金完全分离。最后，放入碗大坩埚，在焦炉中熔化，达到 1063 时金熔成液体，像美丽的蛋黄。用钳夹出，倒入冰水，崩成细粒，重新放入硝酸中提纯数次后，制成金条。这种方法现在看来也是十分科学的，几个关键步骤至今仍被沿用。

我国古代劳动人民还创造了简单、准确的黄金纯度分析法。即拿金在试金石上划一道印，然后用标有纯度的金在试金石上也划一道印，比较两道印的颜色和光泽，即可判断金的纯度。

试金石是硅质砾石，大多为南京雨花石制成。古人以“七青、八黄、九紫、十赤”之说鉴别金的真伪和纯度。经现代化学分析对比，这种方法最高可分辨出 99.9% 纯度的黄金。

从我国现出土的文物中，也可窥见一斑。如在河北省满城县出土的汉朝“金缕玉衣”，是墓主中山靖王刘胜的随身葬服，它是用 12 根金丝把一片片玉石缝串起的。据化学分析，金丝纯度达 99.98% 以上，这是稀世之宝。

中国还是世界上最早发现氧气的国家之一。世界上最早发现氧气的是我国唐朝的炼丹家马和。当时唐朝是一个版图辽阔、经济繁荣、文化发达、国力强盛的帝国。东西方学术交流频繁，人民生活安定，这一切给马和提供了优厚的研究条件。

马和认真地观察了各种可燃物，如木炭、硫磺等在空气中燃烧的情况后，提出的结论是：空气成份复杂，主要由阳气（氮气）和阴气（氧气）组成，其中阳气要比阴气多得多。阴气可以跟可燃物化合把它从空气中除去，而阳气仍可安然无恙地留在空气中。

马和还进一步指出：阴气存在于青石（氧化物）、火硝（硝酸盐）等物质中。如用火来加热它们，阴气就会放出来，他认为水中也有大量阴气，不过很难把它取出来。

马和把毕生研究的成果记录在一本名叫《平龙认》的书中。这本书一直流传到清代，由于腐败的清朝政府屈膝媚外，该书竟被德国侵略者乘战乱时抢走。19 世纪初，德国学者就是根据当

时在德国的《平龙认》作出结论：中国唐朝的马和是氧气的最早发现者。这样，把最早发现氧气的时间提早了一千多年。

以上事例，只是我国古代化学发展史中微不足道的几滴水。有关中国古代化学的辉煌成就，前几回已有所述，不再多说。

却说近代欧洲化学始于 1803 年道尔顿的原子学说，明末清初传入中国的西欧的古代化学知识，如强水（强酸）、火药的配方等，华夏早已有之，是故物还家罢了。

欧洲近代化学真正传入中国是在 19 世纪中叶，那时鸦片战争刚刚失败，帝国主义坚船利炮打破了封建帝国闭关锁国的落后状态，促使一些先进的人们开始学习、介绍西方的科学技术。

1855 年，在上海出版了一部英国人合信（Hobson）著的书，名叫《博物新编》，里面介绍了化学这一学科。

《博物新编》共三集，内容庞杂，包括天文、气象、物理、动物等方面的内容。化学知识载于《博物新编》第一集，说“天下之物，元质（即化学元素）五十有六，万物皆由此而生”。这大概反应出了西方 19 世纪初期的化学水平。

书中介绍了氧（当时用“养气”或“生气”）、氢气（“轻气”或“水母气”）、氮（淡气）、一氧化碳（“炭气”）以及盐酸（盐强水）、硝酸（“水硝油”）、硫酸（“磺强水”）等的性质和制造方法。书中没有引入西方的化学符号，内容也比较浅陋，缺乏系统性。

首先对西方化学知识作系统介绍的是我国化学家徐寿（1818—1884）。

徐寿，江苏无锡人，自幼天资聪颖，勤奋好学，他从合信的《博物新编》中学到一些化学知识，并且做了很多化学实验。由于徐寿多才多艺，精通化学，他被吸收到清代大臣曾国藩手下做幕僚。不久，徐寿到上海江南制造局，对“船炮、枪弹多有研究，自制强水、棉花（即硝棉）、药汞（雷汞）、爆药”等等。

徐寿对中国近代化学的真正贡献在于翻译和介绍西方化学知识，他前后花费 17 年的时间，编译的书籍达 13 种。其中《化学鉴原》一书影响较广，对西方近代化学知识在我国的传播起了很大的作用。

《化学鉴原》概述了一些化学基本原理和重要元素的性质。书中所提出的用西方名字第一音节造新字的命名原则，如铀、锰、镍、钴、锌、镁等，被后来的中国化学家接受，并且一直沿用至今。后来，徐寿又翻译了《化学鉴原续编》、《化学鉴原补编》等书，可谓比较全面地介绍了当时西方的化学知识。

译书之外，徐寿还创办了“格致书院”，举办科学讲座，向听讲的人做示范性的化学实验，影响颇大。值得一提的是徐寿的儿子徐建寅也是一位科学家，翻译过很多科学书籍。1901 年在湖北武汉试验无烟火药时，不幸因火药爆炸身亡。徐寿父子都为传播科学知识，特别是化学知识做出了卓越的贡献。

在半封建半殖民地的旧中国，化学科学得不到很好的发展，仅在第一次世界大战期间，帝国主义暂时放松了对我国的控制，那时，我国民族工业兴起，相应地化学才有了缓慢的发展。请看：

1916 年，成立了“中国地质调查研究所”，进行广泛的化学分析工作；1923 年，建立了“黄海化学研究所”偏重化工方面，特别是海盐利用的研究；

1928年，“中央研究院”成立，下设“化学研究所”；1929年，又成立了“北京研究院”，设有“化学研究所”和“药物研究所”。

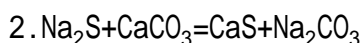
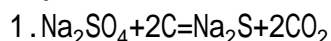
同时在20年代里，不少大学开始设立化学系。一批著名的化学家如曹惠群、侯德榜、曾昭伦等从国外留学归来，为祖国的化学事业做出杰出的贡献。到了30年代，由于化学家们的辛勤劳动，中国化学学科有了一些进展，为以后的化学打下了基础。

“中国化学会”于1932年8月成立于南京，陈裕光当选为中国化学会第一任会长。这个学会在大约20年中，先后发行杂志《中国化学会会志》、《化学》、《化学通讯》和进行其他学术活动，对于中国的发展起了一定的推进作用。

1937年，日本帝国主义向中国发动全面进攻，我国的化学机构大部分受到严重破坏，没有什么大的成就可言。在这个时候，独放异彩的要推侯德榜的联合制碱法成功了。

纯碱，化学名称叫碳酸钠，俗称苏打。它是重要的化工产品，广泛用于制造玻璃、肥皂、纸浆、洗涤剂 and 石油炼制等。纯碱在自然界中也有，但是产地分散，纯度不高，因此远远不能满足社会需要。

18世纪，欧洲的科学家们已经开始了制纯碱的研究，基本上是下列反应所组成。



由于上述反应必须在高温下，且不能连续发生，浪费原料、污染环境等，最终没有成功。

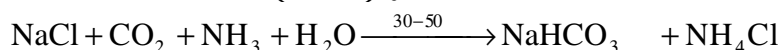
后来，比利时化学家索维尔又发现了新的方法。他用的基本原料是食盐和石灰石，制造过程是这样的：先将浓的食盐溶液通入氨气饱和以后，再通入二氧化碳。二氧化碳是石灰石经过煅烧以后制得的。在溶液中氨、二氧化碳和水相互作用，生成酸式碳酸铵。酸式碳酸铵再与食盐发生反应就得到酸式碳酸钠和副产物氯化铵。

酸式碳酸钠溶解度小，经过过滤分离以后，再经过加热，就得到纯碱，并放出二氧化碳。二氧化碳可重新使用，而副产物氯化铵与石灰加热以后生成氯化钙和氨。

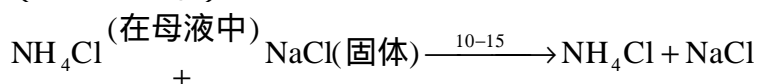
这种方法的优点是：反应中生成的二氧化碳和氨可循环利用，原料易得，工艺简单。但有两大缺点：一是食盐的利用率不高，只有70%左右；二是生成大量无用的氯化钙，即妨碍连续化生产，又增加了纯碱的成本，而且污染江河。

1939年，我国著名化学家侯德榜教授经过多年的潜心研究，提出了世界闻名的“联合制碱法”。这个方法即保留了索维尔方法的全部优点，同时又克服了它的全部缺点，使制碱法达到臻善臻美的地步。

侯氏制碱法的原理是：低温下在氨饱和了的饱和食盐水中通入 $\text{CO}_2$ 可析出 $\text{NaHCO}_3$ ，此时母液中的 $\text{Na}^+$ 减少而 $\text{Cl}^-$ 相当多。再加细盐末，因同离子效应，在低温下 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 的溶解度小而 $\text{NaCl}$ 的溶解度随温度的变化不大，因而 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 析出，食盐不析出。如此往复，这样原料可充分利用，最后得到两种重要化工产品：纯碱和氯化铵（肥料）。侯氏制碱法主要化学反应如下：



(在碱母液中)



(在铵母液中)

由于侯德榜教授在制造纯碱方面的突出贡献，他所发明的这种方法，1941年被世界化学工业协会正式命名为“侯氏制碱法”。他本人被英国皇家学会、美国化工学会和美国机械学会授予荣誉会员称号。

“侯氏制碱法”，在世界化学发明的宝库中，一个以中国人的姓名命名的发明，这是多么值得我们自豪啊！尤其是我们的祖国深受列强欺侮蹂躏，被别人称为“东亚病夫”的时候，一个中国人的名字闪烁在世界化学舞台上，就更加显示出中华民族的智慧光芒。

侯德榜教授是福建省闽侯县人，1890年8月9日生，1976年8月26日逝世。青年时期求学于福建省英华书院，后考入清华大学，1913年赴美国留学，先是在麻省理工学院学习化工，其后，在哥伦比亚大学学习，并获得博士学位。解放前夕，侯先生满怀为发展祖国化学事业的雄心壮志，辞别美国人的优厚聘留，毅然回到祖国的怀抱。

不久，他担任了永利化学公司总经理，中华人民共和国中央财经委员会委员等职，并领导和设计了天津塘沽碱厂、南京硫酸厂等一系列重大化工基地的建立。1959年后任化工部副部长、全国科协副主席、中国化工协会理事长，主要论著有：《制碱》。该书将索维尔法全部秘密首次完整地公诸于世，视为制碱首创。此书一出风行世界各地，为中国学术界争了光。

侯德榜教授除了发明了“侯氏制碱法”外，还与谢为杰、陈东等科学家合作发明了“碳化法合成氨流程制碳酸氢铵”。现在全国有一千多家中小型化肥厂采用这种方法合成碳酸氢铵，为我国小氮肥“遍地开花”做出了贡献。

侯先生常以“勤能补拙”鼓励青年。他认为外国人能做到的中国人也能做到，他以自己的模范行为为我们做出了表率，我们要向侯先生学习，勇攀科学高峰。

且说新中国成立后的中国化学。

1949年中华人民共和国成立，科学家们明确提出了“理论联系实际”的科学方针。同年，“中国科学院”宣告成立。在化学部门中，有北京化学研究所、长春应用化学研究所、上海有机化学研究所、大连石油研究所，以后又成立了环境保护研究院等。此外，在产业部门，有关化学的研究也更加广泛和深入，整个化学的发展呈现强劲的势头。

中国化学家有自己的组织——中国化学学会和中国化工学会。出版的刊物相当多，其中发行最广影响最大的有《化学通报》、《化学学报》、《化学译报》、《化学世界》等。

新中国自成立以来，化学的发展是迅速的，在无机合成、络合物化学、胶体化学、物质结构、高分子化学、化学分析、仪器分析等各方面都取得飞快发展，有的是从无到有；有的是从小到大。所有这些辉煌成就都同化学家们热爱祖国，把毕生精力奉献给科学事业分不开的。

新中国化学的发展，可从化学试剂的生产和用量中看出。

建国以前，我国没有化学试剂生产，各行各业使用的化学试剂全部依靠进口。建国初期，北京大学高崇熙教授率先在北京化学试剂研究所开展一系列化学试剂的生产，开始填补了空白。随后上海、天津也出现了一些小化学

试剂生产厂家，生产一些规模不很高的通用试剂。到 1959 年，全国已有 21 个试剂厂，品种达 600 多种。

为了适应科研、教学和工业生产对化学试剂的数量和纯度不断增长的需求，我国于 60 年代初在北京、上海、天津、西安、广州、成都、沈阳建立了七个试剂生产基地，还建立了具有一定规模的化学试剂研究所，例如北京、上海、天津化学试剂研究所，现在累计生产化学试剂品种约 7000 种。

60 年代初，由于半导体材料工业发展的需要，我国开始生产高纯试剂，研制了高纯锗、硅、砷、磷、硼、镓等及其化合物。随着电子工业的发展，在 60 年代末和 70 年代初，我国试剂又开始了电子纯试剂和材料的研制和生产。近年来，为配合大规模集成电路的需要，又发展了 MOS 试剂，现已能生产高纯分析试剂，电子工业高纯试剂和材料以及光电材料约 150 余种，这些材料和试剂纯度有的可达七个“9”，例如高纯  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  等，我国生产的超高纯  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HNO}_3$  和  $\text{NH}_4\text{OH}$  等在质量上均已达到了世界先进水平。

除了化学试剂生产外，晶体的合成和生长也逐渐发展起来。

晶体的合成和生长，在旧中国是空白领域，建国初期，我国晶体生长研究工作者较重视应用，以后，为了适应晶体质量要求的提高，逐步开展了晶体生长过程的理论研究。例如，联系晶体的外部和内部缺陷，对温场、液流和固界面结构等进行热力学和动力学分析；使用光学、电子显微镜和 X 光等手段进行品质的鉴定和观察。

这些研究使我国晶体生长水平提高了一大步，从而制得了高质量、高水平的晶体。比较有名的是中国科学院福建物质结构研究所研制成功的非线性光学晶体——偏硼酸钡（简称 BBO）。

因为它是我们中国人研究出来的，是当今世界上最优异的紫外激光晶体，故外国科学家称它是“中国牌”激光材料，也有人称它是“中国之星”。

主持这项研究工作的是著名化学家卢嘉锡的得意门生陈创天教授。他和他的同事们，从 1975 年开始进行这项研究工作。他们依靠坚实的基础理论知识，从分析各种化合物的基团特性入手，对近千种化合物的组成、结构、晶体形成条件等反复进行研究，经过 8 年的艰苦努力，终于在 1983 年 9 月广州的国际激光工作会议上正式宣布：“中国牌”偏硼酸钡优质非线性光学晶体研究成功。

这件事轰动了国际学术界。1986 年 6 月，美国旧金山召开的一个国际会议上，很多科学家为陈创天教授举行庆祝会。他们专门做了一个特大的蛋糕，上面用奶油画了一幅中国地图，标出了福建省、福州市和福建物质结构研究所的位置，右下还画了一个 BBO 的图样。

这项研究成果问世后，日本、美国和欧洲等国家的晶体材料和激光技术公司闻讯，竞相到中国订货，一时供不应求。美国、日本的一些风险家一再表示愿出巨资在中国建厂大批生产。

在中国，类似这样的“中国星”还有。例如上海硅酸盐研究所研制的锆酸铋晶体（BGO），用于高能粒子探测，水平居国际领先地位。还有南开大学的抗光折变性能特别好的铌酸锂晶体（LN），在 1984 年的光波导光电子材料国际会议上被公认为“世界一流水平”。

上面这些晶体物质，除了晶莹剔透、折光四射外，还具有更广泛的作用，是国防、测量医学上不可缺少的材料。就医学上来讲，通过非线性光学晶体获得的紫激光束，是用于治疗心血管病，切除脑肿瘤的理想“光具”、“光

刀”。用不同波长的激光束来确定早期癌灶部位，将成为医治癌症的特效手段。

却说自新中国成立以后，随着国民经济和科学技术的发展，各种重要稳定同位素的生产提上了日程，亟待解决。最重要的三种同位素—— $^2\text{H}$ 、 $^6\text{Li}$ 和 $^{235}\text{U}$ ，在60年代前期已试制投产。

1966年5月，我国成功地进行了一次含有热核材料的核爆炸，表明有关的各种同位素的生产都已达到纯度指标。几十年来，中国科学家们利用重水反应堆中的中子，生产放射性同位素，品种较多，有直接生产的同位素、化学加工的同位素、裂变同位素、医用同位素、 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$ 标记化合物等等。

不言而喻，在各种同位素投产之前，都必须掌握分析方法。我国在50年代发展的重水和重氧水分析的方法，处于世界领先地位。它鼓舞了科学家们勇攀更高的高峰。

同位素广泛应用于医学、农业、科学技术以及阐明化学反应机理等方面。60年代中期，我国科学家用重水注入人体静脉后，逐日抽血检测，证明水分子在人体中的停留时间约为1个月。稳定性同位素和放射性同位素普遍应用于生理研究、药理研究和临床诊断，如 $^{198}\text{Au}$ 在临床医学上用于肝扫描，可判断肝脏是否有病变和肝脏肿瘤定位； $^{60}\text{Co}$ 的射线用来杀死癌细胞。

此外， $^{87}\text{Rb}$ 可用于标准计时， $^{241}\text{Am}$ 可用于火灾报警器接头， $^{14}\text{C}$ 可用于考古学年代的判定，等等。

1982年2月，全国同位素会议召开，会上提出了10篇综述报告，50余篇同位素及射线应用成果，其中突出的有应用 $^{60}\text{Co}$ 源的辐射培育成功的鲁棉一号、铁丰18号大豆、原丰旱水稻等优良品种，为国家增加了几十亿元的财富。

如今，我国国民经济、国防建设和科学技术的不断发展，推动了同位素化学的不断前进。社会主义现代化的前提是发展科学技术，而同位素和计算机、遥感、激光并列为四种新技术，正为同位素化学的进一步发展开辟了宽广绚丽的前景。

却说新中国成立后的有机化学。

新中国成立以前，政局动荡，经济频于崩溃，科学极度落后，有机化学也不例外。那时，这门学科尚处于萌芽阶段，仅有少数化学家从事此项研究。庄长恭、赵承嘏、黄鸣龙、纪育沣、曾昭抡、高崇熙、周发岐、杨石先等就是我国第一代有机化学家，是“有机花园”的第一代园丁。

解放后，有机化学得到蓬勃发展，尤其胰岛素、核糖核酸等的合成成功，标志着我国化学家完全有能力攀登科学高峰。

早在100多年前，科学家们就指出：“生命是蛋白质体的存在方式。”现代科学也证明，我们整个身体的结构物——肌肉、皮肤、毛发、指甲等都是蛋白质，确实可以说，没有蛋白质就不会有生命。现在，科学家们已经搞清楚的蛋白质分子，是由20到22个不同的氨基酸单体组成的。这些氨基酸单体会按不同的比率和不同的排列方式，组成数目几乎是无限的蛋白质结构，正因为这个原因，所以地球上的生命是千差万别的，即便是同胞兄弟，其体态也不会完全相同。

我国化学家于1965年9月合成的蛋白质，是由51个氨基酸组成的存在于牛的胰脏中的胰岛素。它是第一个与天然性能完全一样的全合成的蛋白质，它由中国科学院上海生物化学研究所、上海有机化学研究所和北京大学



化学系三个单位共同协作，历经 6 年半时间完成的。

像修筑万里长城一样，人工合成胰岛素的工作也是十分艰巨的，这是因为：

第一、胰岛素的 51 个氨基酸并不是直线式联接，而是由两条链——A 链和 B 链，像麻花那样扭在一起的。两条链的氨基酸余留的基团的位置，都有严格的次序。因此，要合成这种胰岛素，首先就要通过水解方式等，小心翼翼地把它两条链“解开”，并且准确地搞清每条链上的氨基酸的联接次序。

第二、因为每个氨基酸都有碱性和酸性基团，当把它们按指定的次序进行缩合反应时，对不希望参加反应的基团则需要“封闭”，特别是随着氨基酸聚合的增加，需要“封闭”的官能团便越来越多，这样，难度是相当大的。世界上有不少化学家曾经做过合成蛋白质的尝试，但因这两个主要问题没有解决，最后不得不以失败而告终。

我国的科学家们经过认真、细致的分析研究，制定出科学的技术步骤，具体如下：

第一步拆开天然胰岛素的 A 链和 B 链；第二步将天然的 A 链和 B 链重新组合，测试生物活性，验证第一步方法是否正确；第三步用人工合成的 A 链和天然的 B 链组合，观测是否具有生物活性，最后用人工合成的 A 链和人工合成的 B 链组合。结果表明，人工合成的这种胰岛素同天然的一样，都具有同等的生物活性，都可促进牛体内糖类的新陈代谢。

1965 年 9 月 17 日，我国科学家正式宣布在世界上首先合成了牛胰岛素，受到世界各国科学家的普遍赞扬。

除了蛋白质合成方面有重大突破外，有机合成化学也取得了可喜的成绩。

解放前，我国老一辈化学家在艰苦条件下，在氨基酸、醇、脂肪酸、酸等合成方面，曾作过研究，为我国有机合成化学的发展起了先驱作用。解放后，有机合成获得了较快的发展，现在，我国在主要的有机合成材料、原料等方面，已经基本自给。

近年来，我国中草药研究迅速发展，不仅分离出许多有效成分，鉴定了它们的结构，还进行了合成，有的进行了结构改造。在某些领域内，达到和接近国际先进水平。在维生素、磺胺类药物特别是对血吸虫病和抗结核杆菌的药物研究方面，改变了一切西药依赖进口的局面。现在我国已基本能生产各种药物。

在重有机合成方面，我国的重有机合成基本上是解放后才开始的，并逐渐建立了重有机合成工业系统。原料来源主要有两个方面：一是乙醇，二是煤焦油。

从乙醇出发，我国科学家合成了不少化工原料，有的化学家以乙醇为原料，脱水合成了乙烯；有的化学家由乙醇制备了环氧乙烷等等。这些物质都是重要的化工原料。

自 50 年代，我国化学家从煤焦油中分离出苯、甲苯、苯酚等，并在一些科研单位的协作下，再由这些原料合成急需的染料和药物，建立了我国合成药物和染料化学工业。有的化学家自苯制取苯乙烯，进而合成了橡胶；有的化学家自苯酚，经催化氢化、气相脱氢及异构化等反应制备了己内酰胺，进而聚合成尼龙，等等。所有这些，构成了我国初具规模的化学工业。

到了 80 年代初，我国在天然产物有机化学方面又作出了一大贡献，即酵

母丙氨酸转移核糖核酸的合成成功。

我国化学家采用有机合成的方法，合成了二核苷酸到八核苷酸（核糖核酸的组成部分）的片段。这是第一个与天然转移核糖核酸的化学结构相同，而具有专一生物活力的核糖核酸，这项研究成果，为人工合成生命物质迈开了新的一步。

70年代，国际上对固氮酶（一种催化酶，对实现氮的固定起很重要的作用）的研究趋于高潮。对于固氮酶活性中心的模型，我国化学家卢嘉锡和蔡启瑞分别从结构化学和原子簇化学等方面进行了研究，同时较早地提出了原子簇结构模型，即网兜状原子簇结构模型。

如今，我国化学家们已按照模型物的指引，初步合成了具有类似“固氮酶”性质的模拟体。这为把空气中的氮变为造福人类的物质，开拓了一条新途径。

近年来，我国化学家还开展了天花粉蛋白晶体结构的研究。天花粉是我国的一种宝贵的医药财富，经临床表明，它对中期妊娠引产与抗癌均有良好的疗效。显然，研究它的结构与功能关系，对于阐明作用机理，进而对它进行改造和模拟合成具有重大的理论意义和实际意义。

1973年，中国科学院上海有机化学研究所开始从事天花粉蛋白的提纯，以后又进行了结构的研究；1974年，中国科学院福建物质结构研究所和上海有机化学研究所合作，于1976年完成了天花粉晶体培养及其他一些方面的测定。这项研究公布后，受到国际科学界的重视。最近，此项研究已获得阶段性成果，并且继续向新研究方向突破。

且说我国的高分子科学和放射化学。

高分子科学是一门新兴的，发展比较迅速的学科。自古以来，人类就已利用天然高分子化合物，但长期以来，没有发现高分子化合物合成的技术，更没有形成工业生产规模。自本世纪20年代后，高分子化合物的合成发展之迅速是罕见的。如今，从工业生产到国防尖端技术，高分子材料已在广泛应用。

解放前，我国高分子材料方面，只有几家加工厂生产电器零件和从天然橡胶中制取学生用的橡皮制品。合成工业完全空白，新中国成立以后，由于建设事业的需要，才逐渐开始高分子材料的研究工作。

之后，中国科学院上海有机化学研究所研制出了锦纶；中国科学院长春应用化学研究所研制出了丁苯橡胶；化工部北京化工研究所研制出了聚氯乙烯。当时几乎全部科研人员都没有高分子方面的知识，他们边学边干，迅速地完成了任务，积累了高分子资料，培养了科研人员。我国的高分子生产和研究，就这样开始起来。

1954年，中国科学院成立了全国性的高分子化合物委员会。国家对高分子的科研工作，非常重视，在第一、二、三个五年计划期间，均列为国家重点课题。

我国高分子的研究工作发展可分为三个阶段：

第一个阶段为建立时期。这一时期主要是仿照国外的方法——多数是专利文献所载——结合我国的资源实际，进行合成、试制研究。这段时期，为引进技术和深入科学研究奠定了良好的基础，意义是非常重大的。

第二个阶段为发展时期，由于新兴工业（如电子工业）和尖端技术的需要，一些“工程塑料”耐热高分子材料等的研究任务，被提到高分子科学工

作者面前。这一时期，像铸型尼龙、碳纤维增强塑料等等的研制，吸引了大量高分子科研力量。他们不但合成了国外已有的品种，也合成了一些全新的品种。

第三个阶段为深入阶段。在理论上研究高分子合成的反应机理，研究出具有中国特色的品种，如农用聚丙烯纤维。使高分子材料的加工成型和应用更趋合理。试讲一则故事：

顺丁橡胶是用丁二烯通过聚合方法制得的，而丁二烯由石油气中的丁烯经过催化脱氢后才能制成，因此，丁烯脱氢便成了合成顺丁橡胶的关键技术，这一技术不过关，合成顺丁橡胶就成了无米之炊。国外大都采用 500 法制取丁二烯，我们国家要在工业生产上采用这种技术，不论是在技术、设备和投资上都相当困难。

怎么办？是让别人卡住我们的脖子，还是自己创新路？当时，中国科学院兰州化学物理研究所的周望岳等同志，大胆地提出了丁烯氧化脱氢制取丁二烯的新设想。

坚定的信心，刻苦的钻研精神，他们日日夜夜地向着成功的门槛迈步。一次失败了，两次失败了，三次失败了……可贵的是，他们没有气馁，没有动摇，不断总结经验教训，不断改进自己的实验方法，经过整整 20 年的努力，经过 197 次失败，最后到 198 次试验时，终于获得了成功。

这种高分子化合物材料，已达到和超过世界上原居领先地位的美国一家公司同类产品的性能。这是高分子合成的典型事例，也是化学界的骄傲。

有关放射化学，1934 年，著名科学家居里夫人的第一位中国学生郑大章在法国学习 15 年之后，回到了祖国，他从巴黎大学镭学研究所的居里实验室里带来了放射化学。

当时，国立北平研究院物理研究所所长严济慈聘请郑大章参加筹建该院镭学研究所，开展放射化学研究工作。郑大章研究的放射性物质有镭—226、镭—228 以及来自刚果的沥青铀矿石。

为了在国内寻找铀矿石，郑大章等以捷克的育新斯泰铀矿附近温泉水中含有异常高的氡为借鉴，在我国各地广集著名温泉水，并测定其中氡的浓度，取得实际效果。

中国最早研究核化学的是卢嘉锡，1937——1939 年间，他在英国与别人合作，首先在热原子化学体系中使用了添加剂，发现了添加剂的清除效应，从而提出了一种著名的浓集卤素放射性核素的方法。为定量地研究同位素交换动力学创造了条件。

1950 年，中国科学院成立物理研究所，化学家杨承宗在物理研究所内开展放射化学的研究工作。科学家们在 1952 年制订出计划，准备在 8 年之内建造一座核反应堆，要求放射化学家承担研究制备高纯铀、石墨和重水的任务。

随着第一次国际和平利用原子能会议在日内瓦的召开和国内核科学技术的发展，核技术的应用在我国工农业生产、医疗卫生、科学研究等方面普遍受到重视。

1964 年 10 月 14 日，我国首次核爆炸试验成功，震动全世界。经过仅 2 年零 8 个月时间，1967 年 6 月 17 日又试爆成功一枚氢弹，这两次震惊世界的成就，与我国的核化学以及放射化学家的艰苦努力是分不开的。

在第一个核爆炸装置试验成功及相继进行的氢弹爆炸后，放射化学家们又发挥了巨大的作用。他们不但圆满地解决了原料供应、分离、纯化等问题，

而且还在诊断核武器性能方面做了大量的先进的研究工作，并逐步建立了一套较为完整的放射化学诊断方法，为我国核武器的发展做出了重要的贡献。

中国的化学的发展，除了上面介绍的一些外，其他方面均有一定的成就，零零散散，不再多叙。

纵观新中国的化学，可谓日新月异。朝气蓬勃，充满生机。在赶超国外的化学技术方面，我们自信：“难道黄头发绿眼睛的人能搞出来的，我们黑头发黑眼睛的人就办不到吗？”

这是中国化学家们的心声。

最后介绍几位中国的化学家。

庄长恭教授（1894—1962），为我国有机化学的先驱。生于福建省泉州市，1921年毕业于美国芝加哥大学，1924年获得博士学位，回国后任前东北大学教授、化学系主任。1931年“九一八”东北沦陷，他不屈辱于敌寇，再度出国去德国格廷根大学及慕尼黑大学，研究有机化学。归国后任前中央大学理学院院长、前中央研究院化学研究所所长。抗战初期留上海药物研究所研究，珍珠港事变后去云南昆明，抗战结束后赴美考察。1948年任台湾大学校长，解放前夕回祖国大陆，全国解放后任中国科学院有机化学研究所所长，1955年被选为中国科学院学部委员，并被任命为中国科学院数理化部副主任。1962年逝世于上海。

庄长恭教授40多年来一直从事科学研究和高等教育工作。他对有机合成，特别是有关甾体化合物的合成，以及天然产物结构的研究，如麦角甾醇结构的研究，有力地推动了多环化合物化学的发展。除此之外，他还致力于生物碱结构的研究，从中药中分离出两种生物碱并测定其结构。在国际有机化学界享有盛誉。

庄长恭教授治学严谨、观察敏锐。他从麦角甾烷的氧化物中，发现有极微量的难溶钠盐悬浮于乙醚和水层之间，得到推断麦角醇结构的关键物质——去甲异胆酸。这项成果发表后，同实验室的人说他运气好。庄长恭说：“科学研究不是靠运气，不仅要有严谨的态度和敏锐的观察力，而且要有坚强的毅力。”

庄长恭很重视基础课学习，他常鼓励学生把最基本的大学课本弄清楚，再去研究更专门的著作。根深才能叶茂，好高骛远不行。他告诉学生：“不要只满足于琴声出自何处，还得思考琴弦何以能发出声音来。”

美国一家大药厂以年薪数万美金重聘他去工作，他不去。德国拜耳药厂买他的专利；他说：“成果不是属于私人的”。解放前夕，他不当台湾大学校长，毅然离开台湾，回到祖国大陆。当时的中国科学院院长郭沫若称他为中国化学家的一面旗帜。

曾昭抡（1899—1967），湖南省湘乡人。历任中国化学会会长，理事长和中国化学会会志总编辑。曾任北京大学化学系主任、教务长。新中国成立后曾任中国科学院化学研究所所长。为我国化学科学和教育的发展做出了重大的贡献。

曾昭抡16岁考入清华留美预备学校。这是用“庚子赔款”建立起的8年制学校，曾昭抡由一年级跳到四年级用5年时间读完了8年的课程。21岁留学美国麻省理工学院攻读化工，成绩优异，在三年内读完四年课程。后转读化学，1926年获博士学位。不久回国任南京中央大学教授、化工系主任。

曾昭抡是我国化学界最早提倡大学应搞科研的人。他曾做了大量的科学

研究，特别是他和另一位化学家胡美合成的对一亚硝基酚已载入有机化学词典。曾昭抡还做了一些具有很大影响的研究，他和他的学生们的研究成果，代表了中国 20 至 30 年代化学水平，从而为世界化学界重视。

曾昭抡还是中国化学会的发起人之一，历任会长、理事长，任《中国化学会会志》总编辑达 20 年之久。工作之余，他参加审订的化学名词有 15000 多个。他又能上能下，能官能民，既善于努力做好行政领导工作，又能专心做好业务工作的优秀科学家。他为发展我国元素有机化学做出了杰出的贡献。

曾昭抡注意培养人才，有以下特点：“抓基础，抓外语；进行科研和教学实践；著书立说；发现人才，重点培养”。

曾昭抡一学习和工作起来，便达到了忘我的境界。“安”、“钻”、“迷”，是他从事科学研究的诀窍。有一次天空阴云密布，他带着伞外出，后来果然下雨了，而且雨下得越来越大。他的衣服淋湿了，路上的人很奇怪，问他为什么不打开伞呢？原来他思考问题入了迷，竟忘记了打伞了。还有一次在家吃晚饭，他正集中精力考虑一个问题，竟错拿煤铲往锅里盛饭，直到他爱人发现他碗里有煤炭，才恍然大悟。

曾昭抡没有子女，但却乐于帮助别人，对别人慷慨解囊，而自己却衣着简朴，一生把全部精力都用在工作和治学上。他的爱科学、献身科学、忘我工作的精神，是值得我们永远学习的。

赵承嘏（1881—1966）江苏江阴人，清末秀才。1910 年去英国曼彻斯特大学学习，是著名染料合成大师珀金的学生。

他是我国应用科学方法进行中草药研究的创始人之一。他对植物化学特别是生物碱的分离结晶有独到的专长。曾系统研究了麻黄、贝母等 30 种中草药的化学成分，发现许多新的生物碱。例如从麻黄素中，除已知的麻黄素和假性麻黄素外，经他再研究，又分离出麻黄副素这种新的成分。

赵承嘏一生勤恳，80 高龄时，仍每天坚持工作 5 至 6 个小时，并且亲自动手做实验。他常说：“我没有什么爱好，总觉得一不到实验室就好像少了什么似的……”临终那天早上仍去实验室工作了一个小时，因实在坚持不住了，才回家休息，于当天下午逝世。

黄子卿（1900—1982），我国化学界的开山元老之一。早在 30 年代便致力于热力学研究，对水的三相点的测点做出当时最精确的测定，即 0.00981，为热力学研究提供了主要标准数据，其后美国国家标准局组织人力重新验证黄子卿数据，完全一致。黄子卿从此被选入美国的世界名人录。

黄子卿是一位爱国科学家，1949 年北京解放，有人劝他不要从美国回来，他说：“我是中国人，我要为中国的科学事业努力。”

傅鹰（1902—1979），著名的胶体化学家；张锦，傅鹰的妻子，著名有机分析化学家。人称他们夫妇有两颗爱国的心。

他们夫妇都在美国获得了博士学位，渊博的知识，丰厚的生活条件，按理他们在美国定居应绝对没有问题。

1949 年 4 月，当他们从美国报刊上看到来自中国的惊人消息：4 月 20 到 21 号，中国人民解放军在渡江的时候，英国军舰“紫石英号”竟向中国人民解放军开炮，中国人民解放军奋起还击，击伤了“紫石英号”，并发表了措辞严厉的抗议。

傅鹰夫妇深为这条消息所振奋，仿佛看到了祖国出现的新政权，是一个

为中国人争气的政权，是一个自强不息的政权。傅鹰不仅想起了这样一件事：他刚到美国求学，去领化学试剂时，一位美国的管理员无礼地问他：“你们中国人来学科学干什么？如今，可以回答他了：“使伟大祖国——中国强大起来！”

傅鹰夫妇意识到，中国人民已经站起来了。他们决定回国，1950年8月下旬的一天，在美国旧金山码头阳光明媚，微风徐徐，傅鹰教授和他的夫人张锦教授，登上“威尔逊号”客轮，毅然地回到了祖国的怀抱。

当有人问他们，为什么甘愿离开美国如此优良的科研环境时，傅鹰答道：“中国的科研条件，确实不如美国，我回国后，主要从事教学，我要用我所学到的东西，培养更多的新人，让他们为祖国的科学事业做出比我更大的贡献！我相信，在将来，一定会出现中国的爱因斯坦！”

傅鹰夫妇勤勤恳恳地工作，为祖国培养了大批科学人才。常常傅鹰只带点面包和咖啡，钻进实验室里，一进去就两三天不出来，整天整夜地做实验，倦了就在椅子上躺一会儿。一直到实验做完，这才从实验室里出来，然后又一头钻进图书馆里。

傅鹰的夫人张锦也是一个读书迷，她从不知疲倦，好多年来从没请过病假。1964年，有一天，忽然她感觉全身没劲，直到这时，她才到医院检查，查出得了胃癌且到了晚期。张锦整天忙于教学和科研，竟然一点也没觉察癌症向她袭来。第二年春天，张锦就病逝了。傅鹰仍坚持科研和教学。

傅鹰讲课幽默风趣，别具一格，富有启发性。傅鹰的名言“化学给人以知识，化学史则给人以智慧”令所有从事化学事业的研究者受益非浅。

另一位值得一提的化学家是杨石先。

杨石先（1896—1985），浙江杭州人。1918年毕业于清华学校（清华大学）高等科，1913年获得美国耶鲁大学博士学位，回国后在南开大学任理学院院长等职。

他为我国科学规划与农业规划的制定及化学科学的发展做了大量的工作。杨石先根据所观察到的化学结构和生理活性之间的联系，与科研人员一道筛选出适合我国生产工艺的，含氯丙烯季胺盐类新植物激素“矮健素”，它能使小麦、棉花增产10—20%，并可增强抗旱抗碱能力。

他对有机磷化合物的化学结构与生理性能之间的关系，进行了研究，并获得了一些规律性的认识。在农药方面先后制成了杀虫剂、久效磷、螟蛉畏、除草剂、燕麦敌、杀菌剂等药物。

杨石先注重实验，注重培养理论同实际相结合的学风，关心青少年的成长。干到老，学到老，他喜爱花草和松柏，他自己也像松柏一样永远长青。

王应睐（1907—），著名生物化学家，福建金门人。早年毕业于金陵大学，后留学于英国剑桥大学，获得博士学位。

王应睐的研究领域涉及到营养、血红蛋白酶学以及蛋白质与氨基酸的代谢方面。在维生素的研究中对维生素B族和C做出多种测定方法的设计与改进，较有独创性。

在血红蛋白的研究方面，他与英国的化学家一起，在世界上第一个发现豆科植物根瘤中存在有血红蛋白。1949年以后，他对琥珀脱氢酶的分离纯化、辅基的鉴定以及辅基与酶原连接方式，进行了系统研究并且取得了重要成果。王应睐教授在人工合成牛胰岛素的研制中，任协作组组长，发挥了重要的作用。

卢嘉锡，我国现今化学界的杰出代表，原籍台湾省台南市，1915年生于厦门，1937年厦门大学化学系毕业。1939年获英国伦敦大学博士学位。专长结构化学，近年来提出网兜状原子簇结构的固氮酶活性中心模型，得到化学家普遍承认。现为中国科学院院士、中国科学院福建物质结构所研究员、所长。中国化学会理事长。

李元哲（1936—）美籍华裔化学家，台湾新竹人。1958年毕业于台湾大学化学系，此后获台湾清华大学硕士学位，美国柏克莱大学化学博士学位。1986年，与美国和加拿大化学家一起共获诺贝尔化学奖，也是获得诺贝尔奖的第四位华裔科学家。

李元哲是化学园地里一头埋头苦干的“牛”，是一位“工作狂”，他的实验室里四面无窗。他曾说过：“做一个科学家，生活态度要非常认真，看到一个事实，要打破砂锅问到底。如果对一般社会生活马马虎虎，他绝对不会成为一个优秀的科学家。”

李元哲荣获诺贝尔化学奖，是因为他研究的交叉分子束法，对于了解化学物质相互反应的基本原理有着重大的意义。他现在是台湾研究院的院士，也是大陆中国科学院化学研究所名誉教授。

在美国，他是柏克莱加州大学教授、罗伦斯实验室研究员。美国化学界流行着一句话：“遇到化学的疑难问题，就找李元哲。”

除了上面介绍的化学家外，我国还有一批老中青著名化学家，他们为祖国的化学事业发出自己的光和热，简单介绍如下：

王璉（1888—1966）分析化学和中国化学史研究的先驱者之一。张子高（1866—1976）化学家、教育学家。

黄鸣龙（1898—1979）有机化学家（甾族化学研究）。丁诸贤（1885—1978）化学史家。

朱子清（1900—）植物碱化学家。

袁翰青（1905—）有机化学和化学史。

戴安邦（1901—）化学家、教育学家。

高济宇（1902—）化学教育学家。

孙承谔（1911—）物理化学家。

蒋鸣谦（1901—）物理化学家。

张青莲（1908—）专长无机化学、同位素化学及重水研究。

汪犹（1910—）专长有机化学和生物化学。

邢其毅（1911—）专长有机化学。

吴征鎰（1913—）专长物理化学。

梁树权（1912—）分析化学家。

王葆仁（1906—）高分子合成方面专家。

王序（1912—1984）有机化学与药物化学家。

陈光旭（1905—）有机合成专家。

唐敖庆（1915—）物理化学特别是量子学方面的专家。

严东生（1918—）无机高温材料与复合材料专家。

……

## 附录一 世界大化学家一览表

波义耳 (英国人 1627—1691)  
施塔尔 (德国人 1660—1731)  
布拉克 (英国人 1728—1779)  
卡文迪什 (英国人 1731—1810)  
普里斯特里 (英国人 1733—1804)  
舍勒 (瑞典人 1742—1786)  
拉瓦锡 (法国人 1743—1794)  
贝托雷 (法国人 1748—1822)  
道尔顿 (英国人 1766—1844)  
阿佛加德罗 (意大利人 1776—1856)  
泰纳 (法国人 1777—1857)  
盖·吕萨克 (法国人 1778—1850)  
戴维 (英国人 1778—1829)  
贝采里乌斯 (瑞典人 1779—1848)  
舍弗列尔 (法国人 1786—1887)  
法拉第 (英国人 1791—1867)  
杜马 (法国人 1800—1884)  
武勒 (德国人 1800—1882)  
李比希 (德国人 1803—1873)  
格雷厄姆 (英国人 1805—1869)  
罗朗 (法国人 1807—1853)  
本生 (德国人 1811—1899)  
斯达 (比利时人 1813—1891)  
日拉尔 (法国人 1816—1856)  
柯普 (德国人 1817—1892)  
武尔兹 (法国人 1817—1884)  
霍夫曼 (德国人 1818—1892)  
柯尔贝 (德国人 1818—1884)  
巴斯德 (法国人 1822—1895)  
威廉逊 (英国人 1824—1904)  
富弗兰克兰 (英国人 1825 - 1899)  
康尼查罗 (意大利人 1826—1910)  
贝泰罗 (法国人 1827—1907)  
凯库勒 (德国人 1829—1896)  
L·迈尔 (德国人 1830—1895)  
诺贝尔 (瑞典人 1833—1896)  
门捷列夫 (俄罗斯 1834—1907)  
拜尔 (德国人 1835—1917)  
V·迈尔 (德国人 1848—1897)  
范特霍夫 (荷兰人 1852—1911)  
莫瓦桑 (法国人 1852—1907)  
拉姆塞 (英国人 1852—1916)



E·费歇尔(德国人 1852—1917)  
奥斯特瓦尔德(德国人 1853—1932)  
阿累尼乌斯(瑞典人 1859—1927)  
能斯特(德国人 1864—1941)  
居里(法国人 1867—1934)  
哈伯(德国人 1868—1934)  
卡罗泽斯(美国人 1896—1937)

## 附录二 诺贝尔奖——化学家设的大奖

现在，世界性的各种科学奖励共有 2000 多种，然而，最富有影响的要算是诺贝尔奖了。

诺贝尔奖是按瑞典化学家诺贝尔生前立下的遗嘱，将他的财产存入银行，每年提取其中的利息，分别奖给那些在物理学、化学、医学与生物学、文学及和平事业方面，对人类有最大贡献的人。

这项奖在诺贝尔逝世 5 周年，即 1901 年 12 月 10 日开始颁奖，以后每年都在这个日子向获奖者授奖，不论其国籍、性别如何。

诺贝尔奖资金丰厚（每年约 20 万美元）；颁奖场面壮观，每年都有国王莅临授奖；评奖工作绝对保密，具有神秘气氛，常给人一个意外的惊喜。

诺贝尔奖，不仅是世界上的特殊荣誉，而且也是化学界至高无上的光荣。在化学界也有许多出类拔萃的人物，获得过这笔崇高的资金。

居里夫人、爱因斯坦等伟大的科学家都曾获得过诺贝尔奖。

### 附录三 部分诺贝尔化学奖获得者情况

1901年，荷兰人范霍夫。获奖成就：关于反应速度、化学平衡和溶液渗透压方面的研究。

1902年，德国人费歇尔。获奖成就：关于糖及嘌呤类物质的研究。

1903年，瑞典人阿累尼乌斯。获奖成就：关于电解质的电离学说。

1905年，德国人拜耶尔。获奖成就：合成了靛蓝，确定了它的结构式。

1908年，英国人卢瑟福。获奖成就：证实了放射性元素的衰变和原子的核式结构。

1909年，德国人奥斯特瓦尔德。获奖成就：为把物理化学建成为化学的一个独立分支而做出了最卓越的贡献。

1911年，法籍波兰人居里夫人。获奖成就：发现了元素钋和镭。

1913年，瑞士人维尔纳。获奖成就：提出了络合物的配位学说。

1918年，德国人哈伯。获奖成就：发明了人工从空气和水合成氨，对工业化生产氨及解决世界范围内急待解决的氮肥问题作出了贡献。

1920年，德国人能斯特。获奖成就：提出了热力学第三定律。

1925年，德国人席格蒙迪。获奖成就：对胶体的研究成绩卓著。

1930年，德国人费歇尔。获奖成就：接近完成叶绿素的人工合成。

1934年，美国人尤里。获奖成就：把液氢缓慢蒸馏、浓缩而发现了氢的稳定同位素氘。

1935年，法国人约里奥·居里夫妇。获奖成就：对中子的发现作出了重要贡献。

1937年，英国人霍沃斯和瑞士人卡勒。获奖成就：在维生素研究方面成绩卓著。

1938年，德国人库恩。获奖成就：发现并提纯多种胡萝卜素，测定了它们的结构。

1943年，德国人赫维西。获奖成就：发展同位素示踪技术以研究各种生理过程，揭示身体成分的动态，极大地推动了生命过程化学本质的思想。

1944年，德国人哈恩。获奖成就：发现了核裂变反应。

1947年，英国人罗宾森。获奖成就：研究了多种生物碱的分子结构和合成，导致了一些抗疟药物的人工合成。

1948年，瑞典人蒂塞利乌斯。获奖成就：发明了电泳分离法，成功地分离了血清中化学构造相似的蛋白质成分。

1952年，英国人马丁和辛格。获奖成就：两人合作发明了快速而经济的分配层析色谱分析技术，使化学、医学和生物学得到了广泛的进展。

1954年，美国人鲍森。获奖成就：对于分子结构的研究，特别是在化学键的类型方面，做出了卓越的贡献。

1958年，英国人桑格。1955年确定了牛胰岛素的分子结构，从而为胰岛素的实验室合成奠定了基础，并促进了蛋白质结构的研究。

1960年，美国人利比。获奖成就：发明了放射性 $^{14}\text{C}$ 测年技术，为考古学家、人类学家和地球科学家提供了极有价值的手段。

1961年，美国人卡尔文。获奖成就：发现光合作用的化学步骤。

1964年，英国人霍奇金。获奖成就：1948年摄得维生素B<sub>12</sub>的第一张X射线衍射照片。她最后完全判明了维生素B<sub>12</sub>的原子排列。

1965年，美国人伍德沃德。获奖成就：合成了奎宁、胆固醇等20余种复杂有机化合物，从而被尊为现代有机合成之父。

1971年，加拿大人赫茨伯格。获奖成就：他的光谱学研究对物理化学和量子力学提供了极重要的实验结果，也复兴了气体化学反应的研究。

1974年，美国人富罗利。获奖成就：他对高聚物的形成过程以及其同溶液作用的研究，导致了诸如尼龙、合成橡胶等工业化生产的成功。

1978年，英国人米切尔。获奖成就：列出了解释活细胞线粒体产生能量的机理的化学渗透理论公式。

1980年，英国人桑格。美国人柏格和吉尔伯特。获奖成就：在蛋白质结构的研究，分离基因方面贡献卓著。

1984年，美国人梅里菲尔德。获奖成就：研究成功了在固体中间体上进行多肽和蛋白质的简单而巧妙的化学合成方法，推进了生物化学、分子生物学和医学的发展。

1986年，美国人李元哲、赫希巴哈。加拿大人波拉尼。获奖成就：利用交叉分子束研究分子反应动力学。

1988年，德国人载森霍弗、胡贝尔、米歇尔。获奖成就：三人合作，不仅解释了细菌光合作用的进行机制，而且可能扩展到植物光合作用，使光合作用的研究呈现出光明的前景。

（注：由于篇幅有限，省去了一些获奖者及其成就。特此说明）

## 附录四 化学史大记事

约 50 万年前

“北京人”已知用火。

公元前 8000 至前 6000 年

在新石器时代早期，中国人已开始制作陶器。公元前 2000 多年在我国齐家文化遗址中发掘出的红铜器表明，当时已会铸铜。

公元前 17 世纪前后

中国人已开始冶铸青铜。

公元前 1400 年左右

小亚细亚的赫梯人已掌握冶铁技术。

公元前 16 至 11 世纪

中国的黄金加工技术已有一定水平。

中国人发明了石灰釉，出现釉陶，随后又有了原始青瓷。公元前 10 世纪埃及人已会制作玻璃器具。

公元前 7 至 6 世纪

古希腊的泰勒斯提出：万物之源是水。

公元前 6 世纪前后

中国人发明了生铁冶炼技术。

公元前 6 至 5 世纪

古希腊的赫拉克利特提出“万物之源是火”的主张。公元前 5 世纪春秋末年的《墨子》中提出物质最小单位是“端”的观点。

公元前 4 世纪

古希腊德谟克利特提出朴素的原子论。

古希腊亚里士多德提出水、火、土、气的四元素说，并认为万物主要有干、冷、湿、热四性，元素是四性结合之表现。

公元前 140—87 年

西汉劳动人民发明了造纸术。

公元 1 世纪初

罗马人普里尼提出了分离金银的“烤钵法”。

105 年

东汉蔡伦监造出良纸，经推广于各地通行造纸，这时还发明用树皮纤维造纸。

533—544 年

贾思勰《齐民要术》问世，书中有许多关于染色、酿酒、造纸、制作漆器等技术知识。

659 年

世界上第一部政府颁行的药典《唐本草》问世，并颁行于全国。

8 世纪

阿拉伯炼金家贾伯提出金属可相互转变的见解及四元素相克的理论。

751 年

中国造纸术传入阿拉伯，这是造纸术西传的开始。

10 世纪

阿拉伯医生阿维森纳编著了《医典》。1092 年

北宋科学家沈括的《梦溪笔谈》成书，这是中国科技史上的一部重要著作，书中有不少化学史料。

13 世纪

英国炼金家罗哲·培根著《炼金术原理》一书。

16 世纪初

瑞典医生帕拉塞斯提出万物是由“盐、硫、汞”三元素以不同比例构成的“三元素说”。

1556 年

阿格里柯拉的《论金属出版》，这是 16 世纪欧洲有关采矿、冶金的重要著作。

1596 年

明代李时珍著成《本草纲目》，载药 1892 种，是一部药理学巨著。

16 至 17 世纪

比利时医生海尔蒙特作了“柳树试验”，提出水是万物的最基本元素。

1661 年

波义耳的名著《怀疑派化学家》一书出版，在此书中，他为化学元素作了科学定义，并提出了他对燃烧现象的见解。

1669 年

贝歇尔在其著作《土质物理中》，提出物质成分的三“土质”说，可以说是燃素之说的开始。

波兰特从尿中首次提取出了白磷。

17 世纪

药剂师勒梅里发明了“钟罩法”制硫酸。1703 年

施塔尔系统地阐述了燃素说。

1755 年

布拉克指出了“固定空气”（碳酸气）的存在，研究了它的性质，并揭示了碱的苛性本质。

1760 年

布拉克测定了冰的熔化热和水的汽化热，随后提出了“热质说”。

1766 年

卡文迪什发表了题为《人造空气的实验》报告，报告了他对氢气性质的较系统的研究成果。

1769 年

自这一年至 1785 年，席勒离析了酒石酸、柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸、草酸等多种有机酸。

1772 年

卢塞福发现了氮气，并试验了它的性质，但他不承认它是空气的一种成分，而认为是“被燃素饱和了的空气”，他称之为“浊气”。

舍勒制得了氮气，并确认它是空气的一种成分。

1773 年

舍勒分解硝酸盐、氧化物、碳酸盐制得了氧气。

1774 年

普里斯特里借电火花分解了氨，指出了氨的组成，他还加热氧化汞制得了氧。

拉瓦锡提出燃烧作用的氧学说，并通过实验证明了化学反应中的质量不灭定律。这年他还通过木炭的燃烧试验，确定“固定空气”是碳的氧化物，而且证明了钻石是碳的同素异形体。1777年

拉瓦锡发表了题为《燃烧概要》的报告，全面阐述了他的燃烧理论。燃素说至此完全破产。

1779年

普里斯特里借电火花取得了硝酸气，从而判明了硝酸气的组成。

1780年

贝格曼发表了分析化学史上的重要著作《矿物的湿法分析》，提供了早期矿石重量分析法的丰富历史资料。

1781年

拉瓦锡初步建立了有机化合物中碳氢元素的定量分析法。

普里斯特里、卡文迪什和拉瓦锡都用合成法证实了水是氢和氧的化合物，推翻了水是元素的传统说法。

1789年

拉瓦锡在其著作《化学概要》中提出了第一个化学元素分类表。

1799年

普罗斯明确地阐述了定比定律。

贝托雷指出化学反应可达成平衡，反应发生的方向与反应物的量有关。

伏特制成伏特电堆，并于次年写信给当时英国皇家学会会长，宣布其发明。

1800年

英国天文学家赫林尔测量了太阳光谱中不同部位的温度，发现了红外辐射。

尼柯尔森和卡里斯尔电解水，得到氢和氧。

1802年

法国人费歇尔列出第一个酸碱当量表。

1803年

英国化学家道尔顿于这年10月18日在曼彻斯特的《文哲学会》上首次发表其原子学说。

1804年

道尔顿根据其原子学说以及同戴维的实验结果提出了倍比定律。

1807年

戴维首次用电解熔盐的方法取得了金属钾和钠。

1808年

戴维利用汞阴极电解法成功地取得了金属钙、镁、锶、钡。

盖吕萨克提出了气体反应体积定律。

1809年

盖吕萨克用氢与氯直接合成了盐酸气。

1811年

意大利物理学家阿佛加德提出分子假说。

1814年

瑞典化学家贝采里乌斯发表了第一个原子量表，以 $O = 100$ 。表中列出了41种元素的原子量。

法国人安培亦提出分子假说。

1819 年

法国人杜隆和培蒂对贝采里乌斯所确定的原子量进行修订。

1825 年

法拉第发现了苯。

英国人塔尔波制造了火焰光谱仪，提出了根据特征颜色的谱线进行定性分析的设想。

1827 年

法国人杜马根据蒸气密度测定原子量。

布朗发现“布朗运动”。

1828 年

武勒首先从无机物（氨水与氰酸银），人工合成了有机物—尿素。

1830 年

李比希把碳氢分析发展成为精确的定量分析法。

1832 年

武勒和李比希发表了《关于安息香酸基的研究》一文，对基因论做了重要发展。

1834 年

法拉第提出其电解定律。

杜马系统地研究了卤代反应，提出了取代学说。

1842—1843 年

朗朗和日拉尔合作，初步分辨了原子量、当量和分子量，初步建立了有机化合物的正确分子概念，写出了比较正确的分子式。

1852 年

英国人弗兰克兰初步提出原子价的概念。

1854 年

美国人阿尔特确定了一系列金属元素在可见光谱区的特征光谱线，提出光谱分析的建议。

1856 年

帕金以工业苯胺为原料合成了苯胺紫，这是第一个人工合成的染料。

1857 年

凯库勒提出了“原子数”的概念，指出碳是四价。

凯库勒和库帕提出了原子价的理论。

1858 年

凯库勒和库帕进一步提出了碳原子间可以相连成链状的学说。

1860 年

这年 9 月，在德国的卡尔斯鲁厄召开了重要的国际化学学术讨论会，会后意大利化学家康尼查罗散发了他的关于论证分子学说的小册子。分子学说从此得到化学界的公认。

1862 年

格雷阿姆提出了“胶体”概念。

尚古多初步发现化学元素的性质有周期重复出现的规律。

1865 年



凯库勒提出苯的环状结构学说。

1867 年

诺贝尔发现硅藻土可吸收硝化甘油一成为实用的猛烈炸药。

1869 年

俄国化学家门捷列夫提出了他的第一个化学元素周期表，论述了元素周期律。

1871 年

门捷列夫发表了他第二个元素周期表，更详细地论述了元素周期律，特别是他预言了“类铝”、“类硼”、“类硅”的性质。

1879 年

汤姆生提出阴极射线是带阴电的微粒子，并在 1897 年用电场和磁场的联合作用测定了它的电荷和质量，并命名为电子。

1884 年

费歇尔用苯肼和糖类反应，得到脎。这是鉴定糖类的重要方法。

1887 年

阿累尼乌斯提出电离理论。

奥斯特瓦尔德与范霍夫合办的《物理化学杂志》创刊。

1889 年

能斯特提出电极电势与溶液浓度的关系式。

1893 年

维尔纳提出“配位理论”。

1894 年

奥斯特瓦尔德第一次对酸碱指示剂的变色机理进行了解释。

1895 年

伦琴发现 X 射线。

奥斯特瓦尔德提出催化剂概念。

1896 年

贝克勒发现铀的放射性。

1898 年

居里夫人发现钋的放射性。这一年她和居里还发现了元素钋和镭。

1899 年

卢瑟福用强磁场把镭的射线分成三部分，并分别命名为  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  射线。

1903 年

西格托夫和齐格蒙发明超显微镜。

1905 年

哈伯等人研究成功把空气中的氮固定成氨的实验方法。

1906 年

茨维特发明色层分析法。

费歇尔提出蛋白质多肽结构。

1911 年

卢瑟福根据  $\alpha$  粒子穿透金箔的散射实验提出原子的核模型。

1912 年

哈伯的合成氨法实现了工业化。

劳厄发现晶体对 X—射线的衍射，证明了 X 射线是电磁波。

1913 年  
玻尔提出原子结构模型。

1916 年  
柯塞尔和路易斯提出原子价的电子理论。

1918 年  
路易斯明确提出化学反应的双分子碰撞理论。

1919 年  
阿斯顿第一次利用质谱仪研究同位素。

1925 年  
泰勒提出催化的活性中心理论。  
鲁宾逊提出吗啡的分子结构式。

1927 年  
库恩和克拉尔对类胡萝卜素结构的研究取得了突破。  
伦敦和海特利首先用量子力学处理氢分子结构。

1929 年  
弗莱明发现青霉素。

1931 年  
尤里发现重氢和重水。  
鲍林和斯莱特提出杂化轨道理论。

1932 年  
查德威克发现中子。  
中国化学学会在南京成立。

1934 年  
约里奥·居里夫妇进行人造放射性元素的研究。

1937 年  
库恩合成维生素 A 获得了成功。

1938 年  
卡罗泽斯合成尼龙纤维获得了成功。

1941 年  
海德和罗翹合成有机硅聚合物。

1942 年  
侯德榜的侯氏制碱法研究成功，对氨碱法做了重大改革。

1944 年  
西博格人工合成了超铀元素。

1950 年  
鲍林提出蛋白质的  $\alpha$ -螺旋体结构。1953 年  
齐格勒实现了乙烯的常压聚合。

1955 年  
桑格测定了胰岛素的一级结构。

1959 年  
马托赫建议采用  $C^{12} = 12$  作为原子量基准，于 1961 年在国际化学会上正式通过。

1960 年

伍德沃德合成了叶绿素。

1962 年巴特莱特合成氙的氟化物。

1965 年

邢其毅等人工合成牛胰岛素。

1972 年

伍德沃德等合成维生素 B<sub>12</sub>。

1976 年

李普斯科姆进行硼烷结构的研究。

1981 年

建立和发展关于化学反应性能的前线轨道理论和分子轨道对称守恒原理。

