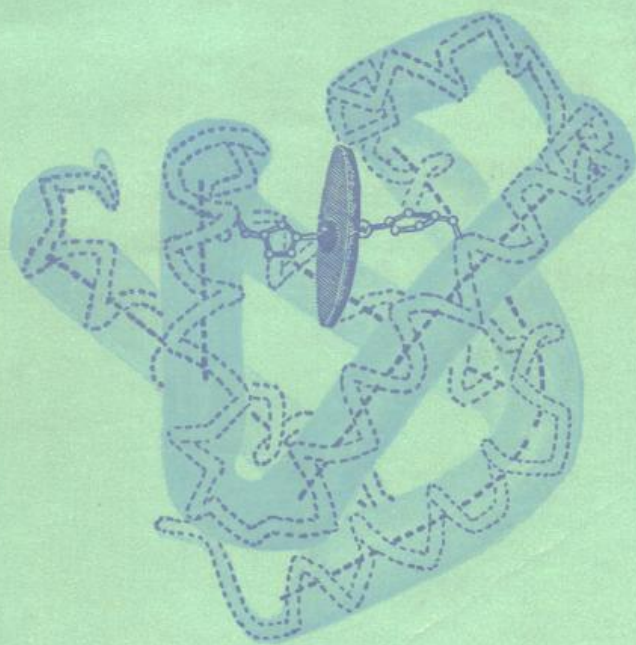


〔美〕I. 阿西摩夫 著



生命的起源

自然科学基础知识 第三分册



科学出版社

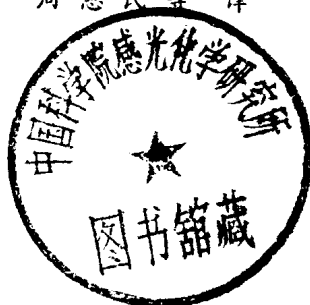
77-22-2-02

生命的起源

自然科学基础知识 第三分册

〔美〕I. 阿西摩夫 著

周惠民 等 译



科学出版社

1979

内 容 简 介

本书是《自然科学基础知识》第三分册，主要讨论与生命有关的问题。书中从小到大地介绍了各种有机分子的性质和合成，描述了从分子的化学演化到形成生命这个从量变到质变的过程，讨论了细胞的构造及其中某些重要物质（基因、染色体等）对于生命的重要意义。此外，书中还讲述了一百多年来人类与细菌、病毒等有害微生物所进行的斗争。

本书可供具有中等文化水平的读者阅读。

I. Asimov

ASIMOV'S GUIDE TO SCIENCE

Basic books, Inc., New York, 1972

生 命 的 起 源

自然科学基础知识 第三分册

〔美〕I. 阿西摩夫 著

周惠民等译

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

湖南省新华印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1977年12月第 一 版

开本：787×1092 1/32

1979年12月第二次印刷

印张：8 1/2

印数：42,551—365,070

字数：194,000

统一书号：13031·653

本社书号：950·13—13

定 价：0.63 元

目 录

第九章 分子	1
有机物	1
结构的细节	8
有机合成	19
聚合物与塑料	37
纤维	60
橡胶	65
第十章 蛋白质	69
对生命有重要意义的分子	69
链里的氨基酸	81
酶	90
新陈代谢	103
示踪物质	111
光合作用	118
第十一章 细胞	127
染色体	127
基因	141
核酸	164
生命的起源	183
其他星球上的生命	195
第十二章 微生物	204
细菌	204
病毒	225
免疫	242
癌症	257

1103758

第九章 分子

有 机 物

“分子”一词早先是指物质的最终的、不可分割的单位，并且从某种意义上说，它也确实是最小的微粒，因为它不能再分割而不丧失其同一性。不错，糖或水的分子可以分成单个的原子或原子团，但它们在分解后就不再是糖或水了。即使一个氢分子在分解为两个氢原子以后，也要失去它特有的化学性质。

正如原子曾为二十世纪的物理学提供了许多令人振奋的发现一样，分子也曾为化学提供了许多同样激动人心的发现。现在，化学家们已经能够详细地描绘出极其复杂的分子的结构，阐明特定分子在活的机体中的作用，创造出精致的新分子，并且以令人惊异的精确度预言具有已知结构的分子的性状。

到了二十世纪中期，人们利用现代化学和物理学所能提供的各种技术，对构成活组织关键成分的复杂分子——蛋白质与核酸——进行了研究。“生物化学”（研究在活组织中进行的化学反应的学科）和“生物物理学”（研究生命过程所牵涉到的物理力与物理现象的学科）这两门学科彼此融合，形成了一门崭新的学科——“分子生物学”。由于分子生物学的种种发现，仅仅经过一代人的努力，现代科学便扫除了生命与非生命之间的界限。

但是，还不到一个半世纪以前，人们却连最简单的分子

的结构都搞不清楚。十九世纪早期的化学家们所能做到的，差不多只是把所有的物质划分成两大类。他们早已知道（甚至早在炼金术时代），物质按照受热时的表现，分成有显著差异的两类。其中有一类（如盐、铅、水）在受热之后基本上保持原样。盐会被烧红，铅会熔化，水会蒸发；但是，在重新冷却到先前的温度时，它们又恢复原来的样子，并不因为有了这番经历而产生丝毫变化。可是，另一类物质（如糖、橄榄油）在受热之后则会发生根本性的改变。在加热时，糖会烧焦变黑，冷却后依然保持黑色，而橄榄油则变为气体，遇冷也不凝结。后来，化学家们终于认识到，“抗热”物质一般来自空气、海洋和土壤所组成的无生物界，而可燃物质通常来自生物界，或直接来自活物，或来自生物的遗体。1807年，瑞典化学家白则里把可燃的物质称为“有机物”（因为它们直接或间接地出自活的机体），而把所有其他物质都称为“无机物”。

早期的化学主要是研究无机物。正是对无机气体的行为的研究，导致了原子论的发展。原子论建立之后，就迅速地阐明了无机分子的本性。分析表明，无机分子一般是由为数不多的不同原子按一定的比例组成的。例如，水分子含有两个氢原子和一个氧原子，盐分子含有一个钠原子和一个氯原子，硫酸含有两个氢原子、一个硫原子和四个氧原子，等等。

当化学家们开始分析有机物时，情况似乎完全不同了。这时，两种物质可以具有完全相同的组成，但却显示出迥然不同的性质。（譬如，乙醇和二甲醚都是由两个碳原子、一个氧原子和六个氢原子所组成，但前者在室温下是液体，后者却是气体。）同简单的无机分子相比，有机分子含有更多的原子，而且这些原子的结合方式似乎也没有一定的规律。在说

明有机化合物时，不能轻易地套用简单的化学定律，尽管这些定律应用在无机物上是如此成功。

因此，白则里断言，生命的化学完全是另一门学问，它遵循它自己的一套神秘莫测的规律。他说，只有活组织才具有制造有机化合物的能力。他的这个观点就是所谓“活力论”。

后来，在 1828 年，白则里的学生、德国化学家武勒 (Friedrich Wöhler) 竟然在实验室中制成了一种有机物质！他加热一种叫做氰酸铵的化合物，当时普遍认为它是无机物。武勒大为震惊地发现，这种物质受热之后，变成了一种在性质上与“尿素”（尿的成分之一）完全相同的白色物质。按照白则里的观点，只有活的肾脏才能产生尿素，但武勒却从无机物制得了它，况且仅仅是加了一下热。

武勒一次又一次地重复这个实验，最后才敢公布他的发现。白则里和其他人起初根本不相信这是事实。然而，另一些化学家却证实了这个结果。不仅如此，他们还由无机原料成功地合成了许多种别的有机化合物。第一个由元素制成有机化合物的是德国化学家科尔贝 (Adolph Wilhelm Hermann Kolbe)，他在 1845 年按这样的途径制成了醋酸。正是这项成就彻底地粉碎了白则里的活力论。事情变得越来越清楚，适用于无机分子的化学定律，对于有机分子是同样适用的。于是，人们对有机物和无机物的区分作了简单的规定：凡是含有碳的物质（除了少数几种简单的化合物，如二氧化碳）都称为有机物；其余的物质则是无机物。

为了研究这门复杂的新化学，化学家们需要有一套表示化合物的简洁记法。幸而，白则里早已提出了一个简便而合理的符号系统。各种元素都用它的拉丁文名称的缩写来表

示，一般是用第一个字母的大写，例如，C 代表碳，O 代表氧，H 代表氢，S 代表硫，P 代表磷，等等；如果两种（或两种以上）元素的第一个字母相同，则在第一个字母后加上其名称中的另一个字母（小写），以资区别，例如，Ca 代表钙，Cl 代表氯，Cd 代表镉，Co 代表钴，Cr 代表铬，等等。

利用这个符号系统，很容易表示出分子的组成。例如，可以把水、盐和硫酸的分子分别记作 H_2O （这表示水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的）、 NaCl 和 H_2SO_4 。这种式子叫做化合物的“实验式”。它能告诉我们化合物是由什么组成的，但没有说出化合物的结构，即没有指明分子中的各个原子是以何种方式相互联结的。

武勒的一位合作者利比希 (Baron Justus von Liebig) 进一步研究出许多种有机物质的组成，从而把“化学分析”推广到有机化学的领域。他细心地燃烧少量的有机物，并用适当的化学药品来吸收燃烧时生成的气体（主要是 CO_2 和水蒸汽 H_2O ）。同时，他测定出用来吸收燃烧产物的化学药品先后的重量，看看它在吸收燃烧产物后增加了多少。根据药品的重量变化，就能确定有机物试样中所含的碳、氢和氧的重量。这样，根据各元素的原子量，就很容易算出原有机物分子中所含各种元素的原子数了。例如，利比希曾用上述方法确定了乙醇的实验式为 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 。

利比希的方法无法测出有机化合物中氮的含量。法国化学家杜马 (Jean Baptiste André Dumas) 发明的一种燃烧法，则能把物质所释放的氮气收集起来。1841 年，他用这种方法以空前的精确度对大气的成分进行了分析。

“有机分析法”变得日益精密，后来，奥地利化学家普莱格尔 (Fritz Pregl) 的“微量分析法”更达到了真正的精度奇迹。普莱格尔在二十世纪初发明了一项能够精确地分析微

量的、即刚能为肉眼所见的有机化合物的技术，他因此获得了 1923 年的诺贝尔化学奖。

遗憾的是，仅仅确定有机化合物的实验式对于阐明它们的化学性质来说并不是很有用的。同一般只由两三个、至多也不过由十几个原子构成的无机化合物相反，有机分子往往是巨大的。利比希发现，吗啡的实验式是 $C_{17}H_{19}O_3N$ ，番木鳖碱的是 $C_{21}H_{22}O_2N_2$ 。

同如此巨大的分子打交道，化学家们感到相当棘手，换句话说，要摸清它们的实验式很不容易。武勒和利比希试图把原子归并成较小的集合（称为“基团”或简称“基”），并建立一种理论，以说明不同的化合物是由不同数目的特定基团以不同组合方式构成的。他们有些方案是极为巧妙的，但没有一种方案能真正说明问题。尤其难于理解的是，为什么实验式相同的两种化合物，例如乙醇和二甲醚，竟会表现出不同的性质。

利比希和武勒在十九世纪二十年代最早发现了这个现象。当时，利比希正在研究一组叫做“雷酸盐”的化合物，武勒正在研究一组叫做“异氰酸盐”的化合物。他们发现，这两组化合物具有完全相同的实验式，也就是说，其中各种元素的数量是相同的。当时化学界的权威白则里得知这个消息之后，迟迟不肯相信，直到 1830 年，他本人也发现了一些这样的事例，才不再怀疑。白则里把这些元素组成相同但性质各异的化合物命名为“同分异构体”。在那些年月，有机分子的结构着实令人困惑不解。

十九世纪五十年代，迷失在有机化学密林里的化学家们开始看到了一线光明，他们注意到，每种原子都只能同一定数目的其他原子相结合。例如，氢原子显然只能与一个原子相连接：它可以形成氯化氢 HCl ，但从未见有过 HCl_2 。同

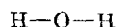
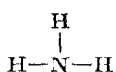
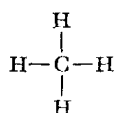
样，氯和钠各自都只能有一个伙伴，因而它们形成的是 NaCl 。可是，氧原子能够同两个原子作伴，如 H_2O 。氮能够同三个原子结合在一起，如 NH_3 （氨）。碳能够同多至四个原子相结合，如 CCl_4 （四氯化碳）。

简单地说，每种原子好象都有一定数目可以钩住其他原子的钩子。英国化学家弗兰克兰德（Edward Frankland）把这种钩子称为“价”键，用以表示各种元素的结合能力。

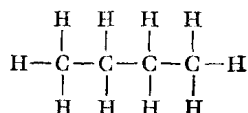
德国化学家凯库勒（Friedrich August Kekulé von Stradonitz）发现，如果假定碳的价数为4，并假定碳原子能利用这些价键（至少是部分价键）彼此相连成链，那么，就可以描绘出一幅整个“有机丛林”的地图。苏格兰化学家库柏（Archibald Scott Couper）提议把原子间的这些结合力（通常称之为“键”）画成短线的形状，这就使凯库勒的描述方法变得更加直观。原子按这种方式构成有机分子，犹如许多块“基砖”构成房屋那样。

1861年，凯库勒编著的一本教科书问世，书中就有许多这样的图例，它们使人们感到很方便有用。从此，“结构式”就变成了有机化学家的印记。

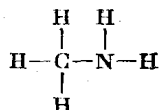
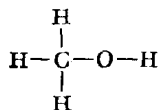
以甲烷(CH_4)、氨(NH_3)和水(H_2O)的分子为例，它们可分别画成：



有机分子可以表示为两边各连接若干氢原子的碳链。例如，丁烷(C_4H_{10})具有如下结构：

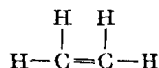


氧和氮可以用如下方式进入链中：

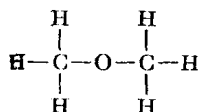
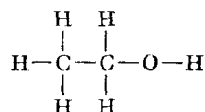


上面的两种化合物分别是甲醇(CH_4O)和甲胺(CH_5N)。

有些原子不止拥有一个钩子，如碳原子有四个钩子，每一个钩子不一定都要与一个不同的原子相连，它还可以同相邻的原子形成双键或叁键，例如，在乙烯(C_2H_4)和乙炔(C_2H_2)中：



现在就很容易明白，为什么两种分子所含的各种元素的原子数目可以完全一样，但二者的性质却不相同。这样的两种分子必定具有不同的原子排列方式。例如，乙醇和二甲醚的结构式可分别写作：



分子中的原子越多，可能的排列方式就越多，同分异构体也就越多。例如，庚烷分子是由七个碳原子和十六个氢原子组成的，它可以有九种不同的排列方式，换句话说，可能有九种不同的、各具特性的庚烷。这九种同分异构体彼此十分相象，但仅仅是种族上的相象而已。化学家们已制出这九种物质，但从未发现有第十种。这是有利于凯库勒系统的一个很好的证据。

一个含有四十个碳原子和八十二个氢原子的化合物约有 62.5×10^{12} 种可能的排列方式或同样数目的同分异构体。而这样大的有机分子并不是罕见的。

只有碳原子能互相连接形成很长的链条。其他原子若能形成包含五、六个原子的长链就算不错了。因此，无机分子通常都很简单，也很少有同分异构体。有机分子的高度复杂性提供了繁多的同分异构方式，目前已知的有机化合物已近二百万种，而且每天都有新的化合物被合成，还有不计其数的化合物等待人们去发现。

现在，结构式作为探索有机分子本性所必不可少的向导，已获得了广泛的应用。为了简略起见，化学家们常常借助于构成分子的原子团（“基”），如甲基（ CH_3 ）和亚甲基（ CH_2 ），来书写分子的结构式。于是，丁烷的结构式可简写作 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。

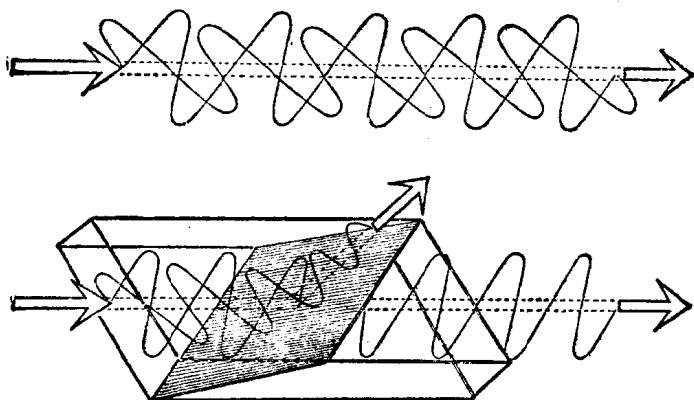
结构的细节

十九世纪后半期，化学家们发现某些有机化合物对通过其中的光束表现出一种特异的不对称效应，从而揭示了一种奇妙的同分异构方式。后来证明，这种方式在生命的化学中是非常重要的。

从普通光束的一个截面可以看出，光束是由沿各个方向（铅直的、水平的及倾斜的）振动的波构成的。这样的光称为“非偏振光”。但是，当光束通过一块透明的晶体（如冰洲石）时，由于特殊的折射方式，出射光会变成“偏振光”。晶体中的原子点阵似乎只允许沿一定方向振动的波通过（这很象是栅栏只允许行人侧身挤过，但不能大摇大摆地正面穿过）。有些装置，如苏格兰物理学家尼科耳（William Nicol）在 1829 年发明的“尼科耳棱镜”，只允许沿单一平面振动的波通过。目前，这种棱镜在多数场合已为其他材料，如偏振片（这是一组镶嵌在硝酸纤维素中、且晶轴彼此平行排列的硫酸奎宁与碘的复合物晶体）所代替。第一个偏振片是兰德在

二十世纪三十年代制成的。

法国物理学家马吕斯 (Étienne Louis Malus) 在 1808 年发现, 反射光往往是部分平面偏振光。配戴偏振片太阳镜, 可以使从建筑物和汽车窗玻璃, 乃至从石砌路面上向眼睛反射的耀眼阳光减弱到柔和的程度。



光的偏振。光波通常沿各个方向振动(上图)。尼科耳棱镜(下图)只允许在一个平面内振动的光通过, 其余的光都被反射掉。因此, 透射光是平面偏振光

十九世纪初期, 法国物理学家比奥(Jean Baptiste Biot)发现, 当平面偏振光通过石英晶体时, 偏振面会发生扭转。也就是说, 光入射时是在一个平面内振动, 而出射时则在另一个平面内振动。具有这种作用的物质叫做“旋光性”物质。某些石英晶体使振动平面按顺时针方向扭转(右旋), 另一些石英晶体则使它按逆时针方向扭转(左旋)。比奥还发现, 某些有机化合物, 例如樟脑和酒石酸, 对光束具有与石英相同的作用。他认为, 光束扭转的原因, 很可能是分子中原子排列的某种不对称性造成的。但是, 在以后的几十年间, 这个见解始终是一种纯理性的推测。

1844年，巴斯德（Louis Pasteur，当时他只有二十二岁）被这个有趣的问题迷住了。他研究了两种物质：酒石酸和外消旋酒石酸。这二者虽然具有相同的化学组成，但酒石酸能使偏振光的振动平面扭转，外消旋酸则不能。巴斯德猜想，或许能够证明，酒石酸盐的晶体是不对称的，而外消旋酸盐的晶体是对称的。出乎他的意料，在显微镜下面观察了这两组盐的晶体之后，他发现二者都是不对称的。不过，外消旋酸盐有两类数目各半的不对称晶体。一类在外形上与酒石酸盐完全相同，另一类则是前一类的镜象。也就是说，外消旋酸盐的晶体，有一半是左旋的，一半是右旋的。

巴斯德细心地把左旋的和右旋的外消旋酸盐晶体分开，分别制成溶液，然后使光束通过每一种溶液。果然，与酒石酸盐晶体有着同样不对称性的晶体，其溶液象酒石酸那样使偏振光的振动面发生了扭转，而且扭转的角度也相同。其实，这些晶体就是酒石酸盐。另一类晶体的溶液则使偏振光的振动面以相同的角度向反方向扭转。可见，原来的外消旋酸盐没有显示出旋光性，只是因为这两种对立的倾向彼此抵消了。

接着，巴斯德在这两种溶液中加入氢离子，使这两类外消旋酸盐还原为外消旋酸。（顺便说一句，盐是酸分子中一个或数个氢离子被钾或钠这类带正电的离子取代后生成的化合物。）他发现，这两类外消旋酸都具有旋光性，其中一类使偏振光沿与酒石酸相同的方向旋转（因为它就是酒石酸），而另一类则使偏振光沿相反方向扭转。

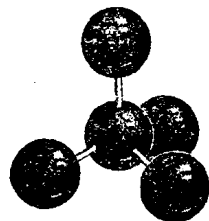
后来发现了许多对这样的“镜象化合物”（或称为“对映体”）。1863年，德国化学家韦思利采努斯（Johannes Wislicenus）发现，乳酸（酸牛奶中的酸）形成一对这样的化合物。他进一步证明，除了对偏振光的作用不同以外，这两

种形态的乳酸在其他性质上完全一样。后来证实，这一点对于各种镜象化合物是普遍成立的。

到这时为止，事情都还算顺利。但是，不对称性究竟来自何处呢？彼此互为镜象的两种分子到底有什么不同？巴斯德未能回答这些问题。猜出存在分子不对称性的比奥，尽管活到八十八岁的高龄，在生前也未能看到他的直觉被证明是正确的。

直到 1874 年，即比奥死后的第十二个年头，才最后找到答案。两位年轻的化学家——一位是名叫范托夫 (Jacobus Hendricus Van 't Hoff) 的二十二岁的荷兰人，另一位是名叫勒贝尔 (Joseph Achille Le Bel) 的二十七岁的法国人——分别提出了关于碳的价键的新理论，从而解答了镜象分子的构成问题。(自此以后，范托夫毕生研究溶液中物质的行为，并证明了，支配液体行为的定律类似于支配气体行为的定律。由于这项成就，他在 1901 年成为第一个获得诺贝尔化学奖的人。)

凯库勒把碳原子的四个价键统统画在同一平面内，并不是因为碳键实际上确是这样排列，而只是因为这样容易把它们画在一张平坦的纸上。范托夫和勒贝尔则提出了一个三维模型，把四个价键分配在两个相互垂直的平面内，每个平面各有两个价键。为了清晰地描绘这种情况，可以设想碳原子是以它的三个价键为腿站立着，剩下的一个价键则指向上方（见右图）。如果假定碳原子位于正四面体（四个面都是正三角形的几何图形）的中心，那么，这四个价键就指向正四面体的四个顶点。因此，这个模型被称为“碳原子的正四面体模型”。



碳原子的正四面体模型

现在让我们把两个氢原子、一个氯原子和一个溴原子连接在这四个价键上。不论我们把哪个原子和哪个价键连接，总是得到同样的排列。读者不妨亲自动手试试看。首先，用一个白泥丸代表碳原子，并把四根火柴以适当角度插在泥丸上，用它们代表碳原子的四个价键。然后，把代表氢原子的两个黑泥丸、代表氯原子的一个绿泥丸和代表溴原子的一个红泥丸任意地分别插在四根火柴的另一端。现在将这个结构三条腿地立在桌面上。假定在指向上方的火柴上插的是黑泥丸，并且按顺时针方向清点时，插在作腿的三根火柴上的泥丸依次是黑、绿、红。如果把绿泥丸和红泥丸的位置调换一下，顺序就变为黑、红、绿了。为了恢复原来的顺序，可以把这个结构旋转一下，使原先作腿的黑泥丸悬在空中，使原先悬在空中的黑泥丸立于桌面。现在，三条腿的顺序又是黑、绿、红了。

换句话说，如果同碳原子的四个价键相连的四个原子（或原子团）之中有两个是完全相同的，那么，就只能有一种排列方式。（不言而喻，对于所连接的原子或原子团中有三个或所有四个是相同的情形，这个结论当然也成立。）

然而，当连接在碳键上的四个原子（或原子团）都不相同时，情况就发生了变化。这时，可以有两种不同的排列方式，它们互为镜象。例如，假定把红泥丸插在朝上的火柴上，而把黑泥丸、绿泥丸和黄泥丸顺序插在作腿的火柴上。如果现在把黑泥丸和绿泥丸调换一下位置，按顺时针方向的顺序就变为绿、黑、黄。在这种情形下，无论怎样旋转这个结构，都不能使顺序恢复到调换前的顺序，即：黑、绿、黄。可见，当碳键所连接的四个原子（或原子团）都不相同时，总是可以得到两种不同的、互为镜象的结构。读者不妨自己动手试试看。

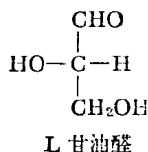
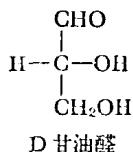
范托夫和勒贝尔就这样解开了旋光性物质的不对称性之

谜。分别使光束左旋和右旋的两种镜象物质所含的碳原子，它们的价键连接着四个不同的原子或原子团。这四个原子或原子团有两种可能的排列方式，一种使偏振光左旋，另一种使偏振光右旋。

越来越多的证据有力地支持了范托夫和勒贝尔的碳原子正四面体模型，到 1885 年，他们的理论已获得普遍承认(这有一部分要归功于韦思利采努斯的热情支持)。

三维结构的概念还被推广到碳原子以外的其他原子上。德国化学家迈耶 (Victor Meyer) 成功地把这一概念推广到氮原子上，英国化学家波普 (William Jackson Pope) 则把它推广到硫、硒和锑上。德国血统的瑞士化学家魏尔纳 (Alfred Werner) 把它推广到更多的元素上去。他还在十九世纪九十年代开始拟订出一种“坐标理论”，通过对某个中心原子周围的原子和原子团的分布所作的精心考虑，来解释复杂的无机物的结构。由于这项工作，魏尔纳获得了 1913 年的诺贝尔化学奖。

德国化学家埃米尔·费歇尔 (Emil Fischer) 选择食糖的亲属，即名叫“甘油醛”的简单化合物，作为区别右旋物质和左旋物质的参考物质或比较标准。这是在当时研究得最为透彻的旋光性化合物之一。费歇尔任意地把它的一种形态规定为左旋的，称之为 L 甘油醛，而把它的镜象化合物规定为右旋的，称之为 D 甘油醛。他把这两种甘油醛的结构式分别写作：



任何一种化合物，只要能用适当的化学方法（这是相当细致的工作），证明它具有与 L 甘油醛类似的结构，那么，不