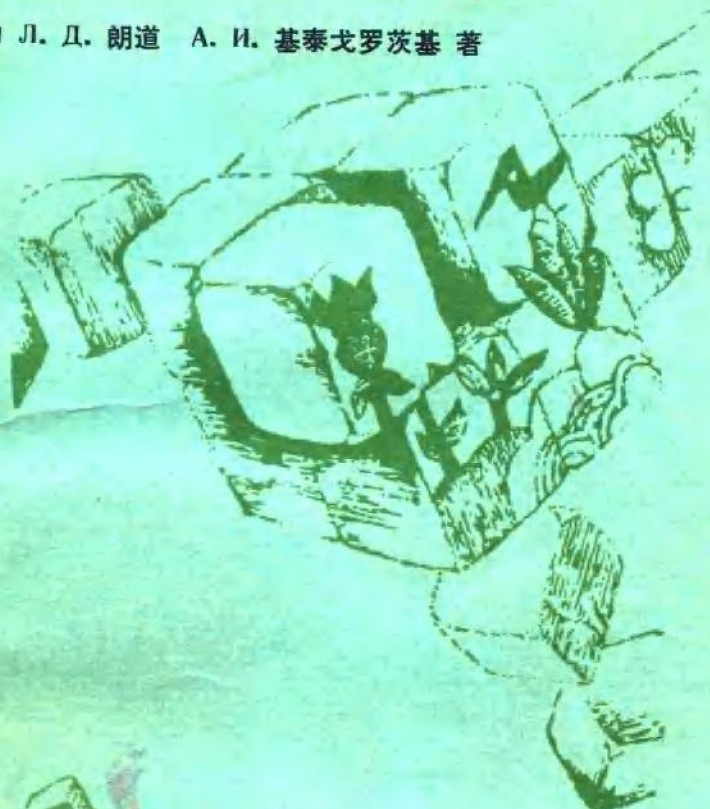


(苏) Л. Д. 朗道 А. И. 基泰戈罗茨基 著



大众物理学 2

分子

科学出版社

大 众 物 理 学 2

分 子

〔苏〕Л. Д. 朗道 А. И. 基泰戈罗茨基 著

闵金铎 黄高年 译

科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

本书为大众物理学第二分册，主要阐述物质结构学说和与分子运动论有关的问题，以及热力学定律。书中也涉及到相变和大分子的知识。

该书叙述通俗活泼，插图生动，可供具有中等文化程度的学生、干部、科技人员、中学教师阅读。

Л. Д. Ландау А. И. Китайгородский

Физика для Всех 2

МОЛИКУЛЫ

«Наука», Москва 1978

大 众 物 理 学 2

分 子

〔苏〕Л. Д. 朗道 А. И. 基泰戈罗茨基 著

阎金铎 黄高年 译

责任编辑 姜淑华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983 年 9 月 第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983 年 9 月 第一次印刷 印张：7 3/8

印数：0001—10,600 字数：140,000

统一书号：13031·2358

本社书号：3230·15—3

定 价：0.95 元

第四版序

这本书名叫做“分子”。Л. Л. 朗道和 А. И. 基泰戈罗茨基所著的《大众物理学》第三版后半内容中的很多章,都没有改变地列入本书中。

本书主要阐述物质结构学说的各个不同方面。在这里暂时仍把原子看成是德谟克利特所描绘的那样——不可再分割的粒子。书中也谈到了与分子运动有关的问题,它们是近代关于热现象理论的基础。当然,其中也涉及到相变的问题。

自第三版《大众物理学》出版以来的这些年,我们关于分子结构、分子间相互作用的知识显著地增多了。由于在物质分子结构的问题和物质性质的问题之间的许多联系被发现,从而促使我在书中增加了很多篇幅的新材料。

我本来以为在标准教科书里早就应该写进比氧、氮和二氧化碳等分子更复杂的一般性知识,可是直到现在,在大多数物理课本中,作者们仍不认为引入比较复杂的复合原子是必要的。然而要知道,高分子已经以各种各样合成材料的形式经常出现在我们的日常生活中了。另外,出现了一门新的学科——分子生物学,它使用蛋白质分子和核酸分子来解释生命现象。

同样,像通常那样,不讲有关化学反应的问题也是不应当

的。因为我们需要描述关于分子碰撞的物理过程，这些过程往往会引起分子的改组。如果学生或读者懂得了分子的这些行为，则给他们解释核反应的本质就要容易得多。

在修改本书的过程中感到，将前一版《大众物理学》的一些内容移到下一册中去更为合适。例如，在分子力学一章中，关于声学我认为只说几句话就够了。

同样，关于波运动的特性，可适当移到讨论电磁现象之前。

新版《大众物理学》一套共四册（《宏观物体》、《分子》、《电子》、《光子和原子核》），它包括物理学的全部基础知识。

A. И. 基泰戈罗茨基

1978年4月

目 录

第四版 序.....	v
第一章 宇宙的砖.....	1
元素.....	1
原子和分子.....	4
热是什么?	9
能量永远守恒.....	12
卡路里.....	14
讲一点历史.....	15
第二章 物质的结构.....	19
分子内部的化学键.....	19
物理分子和化学分子.....	25
分子间的相互作用.....	26
热运动是什么样的?	27
物体的压缩性.....	30
表面力.....	32
晶体及其形状.....	37
晶体的结构.....	43
多晶体物质.....	57
第三章 温度.....	60
温度计.....	60

理想气体的理论.....	66
阿佛伽德罗定律.....	69
分子的速度.....	71
热膨胀.....	74
热容.....	76
热传导.....	78
对流.....	81
第四章 物质的状态.....	84
铁的蒸汽和固态的空气.....	84
沸腾.....	85
沸点与压强的关系.....	86
蒸发.....	90
临界温度.....	93
低温的获得.....	97
过冷蒸汽和过热液体.....	99
熔解.....	101
晶体是怎样生长的?	104
压强对熔点的影响.....	112
固体的蒸发.....	113
三相点.....	115
同样的原子,但,.....不同的晶体.....	118
奇怪的液体.....	123
第五章 溶液.....	127
溶液是什么.....	127
液体的溶液和气体的溶液.....	128
固溶体.....	130

溶液怎样凝固?	132
溶液的沸腾.....	134
怎样清除液体中的杂质.....	135
固体的净化.....	138
吸附.....	140
渗透.....	142
第六章 分子力学	145
摩擦力.....	145
液体和气体中的粘滞摩擦.....	149
高速时的阻力.....	151
流线型.....	154
粘滞性的消失.....	156
可塑性.....	161
位错.....	164
硬度.....	168
声振动和声波.....	170
听得见和听不见的声音.....	179
第七章 分子的转化	181
化学反应.....	181
燃烧和爆炸.....	184
依靠分子转化而工作的发动机.....	190
第八章 热力学定律	198
能量守恒.....	198
怎样使热做功?	200
熵.....	203
起伏.....	207

热力学定律是谁发现的?	209
第九章 大分子.....	213
原子的链.....	213
分子的柔性.....	216
球状晶体.....	218
分子束.....	219
肌肉的收缩.....	223

第一章 宇宙的砖

元 素

我们周围的世界是由什么构成的？这个问题的最初回答，是古希腊人在 25 个世纪之前提供的。

乍一看，回答好像是十分古怪的。我们应当多用些篇幅，给读者说明古代哲学家们的逻辑——泰勒斯主张一切物体都是由水组成的，阿纳克西缅说世界是由空气组成的，而赫拉克利特则认为一切都是由火组成的。

这种解释难以理解，它使得后来的希腊“喜欢哲理的人”（哲学家）增多了基原（在古代把它们叫做元素）的数目。埃姆佩多克勒主张元素有四种：土、水、空气和火。亚里士多德对这个学说作了最后的修正（它流行了很长时间）。

按照亚里士多德的意见，所有物体都是由同一物质组成的，但是，这种物质可以具有不同的性质。这些非物质的性质元素共有四种：冷、热、湿和干。当每两种结合在一起并形成物质时，亚里士多德的性质元素就构成了埃姆佩多克勒的元素。例如，干和冷产生土；干和热产生火；湿和冷产生水；最后，湿和热产生空气。

不过，由于一系列问题难以解答，古代哲学家们也把“宗

教的教义”补充到四种性质元素之中。上帝就像一个厨师，他把各种性质元素烩煮在一起。当然，借助于上帝就不难解释任何疑惑。

不过，在很长时期内——几乎延续到十八世纪，很少有人敢于怀疑和提出问题。亚里士多德的学说得到了教会的承认。怀疑它就是发表邪说。

毕竟，怀疑还是发生了。诞生了炼金术。

在远古时代人们就已知道(阅读古人的札记，可以探知当时人们的想法)，我们周围的一切物体都可以转变为另外的物体。燃烧树木、焙烧矿石、熔化金属——所有这些现象当时都已经为人们所知道。

这似乎与亚里士多德的学说没有矛盾。可以这样说，在任何转变中，元素的“配方比例”都发生了变化。如果整个世界是由四种元素组成的，那么，物体转变的可能性应当是很多的。需要寻找的是如何使一个物体变成另一个物体的秘诀。

当时，最吸引人心的是黄金，或是寻找特别罕见的、能够给拥有者带来财富、权力、永久青春的“点金石”。古老的阿拉伯人把制造黄金、“点金石”的科学，以及使任一个物体变成另一个物体的科学，叫做炼金术。

献身于炼金术的人们进行了几百年试验，他们没有制出黄金，没有找到点金石。然而，他们积累了关于物质转变的许多有价值的事实，这些事实最后给炼金术判处了死刑。到了十七世纪，许多人都已清楚地知道，基本物质——元素的数目远远多于四种。水银、铅、硫、金、锑是不能再分解的物质，不

能再说这些物质是由元素组成的。相反，不得不把它们列为元素。

在 1668 年，英国出版了罗伯特·波义耳的一本书《多疑的 chemist，或对炼金术元素的怀疑和奇论》。在这本书里，我们找到了关于元素的全新定义。这已不是捉摸不着的、神秘抽象的炼金术元素了。现在，元素是物质，是物体的组成部分。这种说法与元素概念的现代定义不矛盾。

波义耳的元素表是不大的。火也包括在波义耳的正规元素表中。并且在这以后，性质元素的观念仍然存在。甚至在法国著名化学家（人们常把他看作是化学的奠基人）拉瓦锡（1743—1794）的元素表中，除了实际元素之外，也还列入了无重量的元素：热素和光物质。

十八世纪上半叶，已知的元素有 15 个。到十八世纪末，已知元素的数目增加到 35 个。诚然，其中只有 23 个是实际的元素，其他的或是不存在的元素，或是化合物（例如氢氧化钠和氢氧化钾）。

到十九世纪中叶，化学手册里已列入 50 种以上不能再分解的物质。

伟大的俄国化学家门捷列夫发现的周期律，是人类主动寻找尚未发现的元素的指针。现在谈论这个定律还太早，只是提一下：门捷列夫周期表告诉我们，应当怎样去寻找尚未发现的元素。

到二十世纪初，已经发现了自然界中存在的几乎所有的元素。

原子和分子

大约二千年前，在古罗马出现了一篇独特的长诗，作者是罗马诗人卢克莱修。卢克莱修的长诗题目是《论物质的本性》。

卢克莱修在自己的诗作中用响亮的诗句，阐述了古希腊哲学家德谟克利特对世界的看法。

这个看法是什么呢？就是关于组成我们世界一切物体最小的、看不见的微粒的学说。德谟克利特在观察了各种不同现象以后，力图对它们作出解释。

例如，给水加热时，水转变为看不见的蒸汽，并被蒸发掉。怎样解释这个现象呢？显然，水的这种性质是跟它的内部结构有关的。

又如，为什么我们可以嗅到附近花的香味？

思考类似这些问题的时候，德谟克利特确信，物体看上去好像是整个的，而实际上，它们都是由最小的微粒组成的。对于不同的物体来说，这些微粒的形状不同，但它们都非常小，看到它们是不可能的。因此，任何物体看上去都是整个的。

德谟克利特把组成水和所有其他物体的这些最小的、不可再分割的微粒叫做“原子”，它在希腊文中的意思是“不可再分割的”。

24 个世纪以前诞生的、古希腊思想家的这种卓越设想，后来长时期地被忘却了。亚里士多德的错误学说在科学界统

治了一千多年。亚里士多德在承认所有物质都可以相互转化的同时，坚决反对原子的存在。亚里士多德曾说，可以把任何物体无限地分割。

法国人加森季于 1647 年写了一本书，书中勇敢地否定了亚里士多德的学说。他认为世界上所有物质都是由不可再分割的微粒——原子所组成的。各种物质的原子在形状、大小和质量上，彼此各不相同。

加森季在赞同古代原子学说的同时，又进一步发展了这个学说。他阐述了自然界的千百万种物体是怎样形成的。为此，他认为原子的种类不必很多。原子相当于造房屋的建筑材料。用三种不同形式的建筑材料——砖、木板和圆木，可以建成大量不同式样的房屋。同样，由自然界中几十种不同的原子可以构成千万种各式各样的物体。在各个物体中，各种原子结合成许多小组。加森季把这些小组叫做“分子”。“分子”这个词在拉丁文中的意思是“群”。

各种物体的分子是由不同数量和不同种类的原子组成的。不难想象，由几十种不同的原子，可以构造无数种分子。所以，我们周围的物体是各式各样的，丰富多彩的。

然而，加森季的观点也有许多是错误的。例如，他认为热、冷、尝到的滋味、闻到的香味，都是特殊的原子。正如当时其他许多学者一样，他也不可能完全摆脱亚里士多德的影响，他也承认有亚里士多德的非物质元素。

在罗蒙诺索夫——俄国伟大的教育家和科学奠基者——的著作中，阐述了下列一些见解，这些见解都被以后的实验所

证实。

罗蒙诺索夫写道，分子可以是同种的和异种的。在第一种情况下，分子是由同种原子组成的；在第二种情况下，分子是由不同种原子组成的。如果某一个物体是由同种分子组成的，则应当把它看作是简单的；相反，如果物体是由不同种的原子构成的分子所组成的，就把它叫做混合的。

现在我们已经熟知，自然界的各种物体正是具有这样的结构。例如氧气，在每个氧分子里都包含着两个相同的氧原子，这是简单物质的分子。如果组成分子的原子是不同的，则就是“混合的”、复杂的化合物；它的分子是由作为化合物成员的化学元素的原子所组成的。

可以换一种说法：简单物质是由同一种化学元素的原子构成的；复杂物质包含有两种或更多种元素的原子。

许多思想家都引用有利于原子存在的逻辑论据来谈论原子。英国学者道尔顿认真地把原子作为科学研究的对象。他证明：有一些化学规律，只有利用原子的概念才能解释。

道尔顿以后，原子牢固地成了科学研究的对象。然而，在很长时间内仍然有一些科学家不相信有原子存在。有一位科学家在十九世纪末曾写道：“几十年以后，可以在图书馆的灰尘里找到原子”。

现在若有人发表这样的见解可能会令人发笑。我们现在已知道很多关于原子“生活”的详细情况，今天若再怀疑原子的存在就好象怀疑太平洋是否存在一样无知。

化学家测定了原子的相对质量。最初是取氢原子的质量

作为原子质量的单位。氮的相对原子量等于 14，氧——约等于 16，氯约等于 35.5。后来又另选定了原子量的相对单位，使天然氧的原子量等于 16.0000。这样，氢的原子量就等于 1.008。

不言而喻，人们不仅要知道原子的相对质量，而且还要知道它们的绝对值。为此，只要测出任一种原子的绝对质量就够了。目前，被选作基准的不是氧，也不是氢，而是碳。现在科学家们不能完全信任原子绝对质量的测定，而按如下方法处理：假设碳的同位素 ^{12}C 的质量精确地等于 12 个原子量单位 m_A 。然后，他们并不特别注意原子绝对质量的测量精度，而是令：

$$m_A = 1.662 \times 10^{-24} \text{ 克。}$$

无论如何说，这个数值跟真实值都没有多大差别。看来，这是多余的小心，因为今天达到的精确度大约等于百万分之一。一个世纪以来科学有了很大进步，在 1875 年我们说到 m_A 的数值时，误差可能有 30%。

究竟怎样测量原子的质量？不言而喻，物理学家不会去制作一边放一个原子，另一边用砝码平衡它的天平。从一百年前到现在，物理学家都是利用间接的实验来完成这个任务的。用间接实验得出的结果一点也不比用直接称量的方法所获得的结果差。但是，不进行称量是过不了这一关的！只不过在天平上不是放一个原子，而是放一个由碳 ^{12}C 制成的固体球（实际上的做法略有不同，但重要的是说明测量方法的思想，因此，希望学识渊博的读者能原谅我们采取的这种简化）。

知道球的质量和它的尺寸，就可以确定它的密度。所用物质应当是理想的晶体。达到这个要求是不容易的，但在某种程度上是可能的。如果这样，则可以认为用实验求得的密度 ρ 可用下式表示：

$$\rho = \frac{Z m_A}{V}。$$

式中 V ——晶体基元的体积，而 Z ——基元中的原子数。这两个量值都要利用在本书第四册中将要介绍的伦琴射线的方法来测定。

用这种方法可以很精确地测定原子的质量单位。目前最可信的数值是：

$$m_A = (1.66043 \pm 0.00031) \times 10^{-24} \text{ 克}。$$

现在请读者想象、并体会一下这个数字是多么小。设想：若向地球上的每个人都索取十亿个分子，集中起来是多少物质呢？——总共只有十亿分之几克。

还可以作这样的比较：地球比苹果重多少倍，苹果就比氢原子重多少倍。

原子量单位的倒数，叫做阿佛伽德罗常数：

$$N_A = \frac{1}{m_A} = 6.0220943 \times 10^{23}。$$

这个巨大的数字具有下列意义。我们取一种物质，它的重量克数等于原子或分子的相对质量 M ，例如，取 12 克的碳同位素 ^{12}C 。也可以简短地说，我们取 1 摩尔物质（见本书第一册第一章第三节，当我们讲国际单位制 SI 时，给出了摩尔的定义）。1 摩尔物质的质量等于 $M m_A$ 。因此，12 克碳所含有的