

A Very Short Introduction

牛津通识读本

分子 Molecules

[英国] 菲利普·鲍尔 / 著
刘熙 / 译

[英国] 菲利普·鲍尔 著 刘熙 译

分子

牛津通识读本 ·

Molecules

A Very Short Introduction

图书在版编目(CIP)数据

分子 / (英) 菲利普·鲍尔 (Philip Ball) 著, 刘熙译. —南京:
译林出版社, 2017.2

(牛津通识读本)

书名原文: *Molecules: A Very Short Introduction*

ISBN 978-7-5447-6547-3

I. ①分… II. ①菲… ②刘… III. ①分子生物学—研究
IV. ①Q7

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第181035号

Copyright © Philip Ball, 2001

Molecules was originally published in English in 2001.

This Bilingual Edition is published by arrangement with Oxford University Press and is for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan, and may not be bought for export therefrom.

Chinese and English edition copyright © 2017 by Yilin Press, Ltd.

著作权合同登记号 图字: 10-2014-197号

书 名 分子

作 者 [英国] 菲利普·鲍尔

译 者 刘 熙

责任编辑 何本国

原文出版 Oxford University Press, 2001

出版发行 凤凰出版传媒股份有限公司

译林出版社

出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009

电子邮箱 yilin@yilin.com

出版社网址 <http://www.yilin.com>

经 销 凤凰出版传媒股份有限公司

排 版 南京展望文化发展有限公司

印 刷 江苏凤凰通达印刷有限公司

开 本 635毫米×889毫米 1/16

印 张 21.5

插 页 4

版 次 2017年2月第1版 2017年2月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5447-6547-3

定 价 32.00元

译林版图书若有印装错误可向出版社调换

(电话: 025-83658316)

序言

万立骏

写好一部科普科幻作品绝非易事，写好一本科学通识读本也见功力！因而，我们有对《十万个为什么》的怀念和感恩，有对“雨果奖”和“安万特奖”的崇拜，呼唤和期待更多的好作品问世！

今天呈现在诸君面前的《分子》由英国著名科学作家菲利普·鲍尔原著，为“牛津通识读本”系列之一，也是科普作品中的上品。作者菲利普·鲍尔是科普作品大家，多年担任著名学术杂志*Nature*（《自然》）编辑，兼任*Chemistry World*（《化学世界》）、*Nature Materials*（《自然材料》）、*BBC Future*（英国广播公司《未来》节目）等专栏作家。2005年他所著*Critical Mass: How One Thing Leads to Another*（中译本为《预知社会：群体行为的内在法则》）一书获“安万特奖”。

众所周知，分子是保持物质化学性质的最小微粒，由原子、分子构成的物质世界多姿多彩，活力无限！“分子”不仅是“化学”的代名词，也是材料、生命等诸多研究领域的研究对象和诸

多功能的执行单元。不同学科领域的科学家对分子的理解、认识和研究角度或许不同，正是这种多层次和多角度的理解使得人们对自然界和对生命体的认识不断加深、不断发现、不断创造。本书的特点，也是精妙之处，是从不同视角介绍了化学、生命、材料等领域的分子研究特点、研究热点和研究成果，又将分子反应、分子材料和分子体系的功能与生命现象、分子机器、分子内/间的信息传递和存储、分子计算技术融会贯通，呈现给读者一个魅力无穷、前景无限的分子世界。作者以通俗的语言、形象的比喻、生动的实例告诉读者什么是分子，分子有什么用途、能做什么，分子科学向什么方向发展等等，写出了一本难得的科学通识作品。

当今时代，新的分析技术不断涌现，“看到”分子已不再是难事；各路科学家攻坚克难，分子层次的科学研究成果精彩纷呈。本书图文并茂、内容丰富、语言优美易懂，英文版自出版以来，深受广大读者的欢迎和好评。此书现在中国出版恰逢其时，一定会吸引更多的青少年朋友对分子科学产生兴趣，激发众多青年才俊的科学创新创造能力，推动分子科学研究的更大发展！我愿意将此书推荐给各位：开卷必有益，或许会获益终身！

前 言

亚历山大·芬德莱在1916年写下《化学为人服务》这部作品，那时的化学界正迫切需要向全世界宣传化学带来的恩惠。90多年后的今天，我们再写化学，似乎不该再负有那样的重担了。但事实不然。虽然化学的技艺为社会做出了革命性的贡献——单是医学中的化学疗法延长了人类寿命这一点就是明证，可芬德莱那时说的话至今言犹在耳：

有的人仅凭一己之力扩大了产业范围，提高了大众的劳动效率，而对科学蒙昧无知的社会大众却疑虑重重，横眉冷对。

这样严峻的声音我们今天依然能够听到，就在化工界及支持者在面对公众的非难和指责而辩解时。其中一个问题是，化学之善，一旦进入市场就被人们看作天经地义，而化学之恶，却会长久地印在人们的脑海中。同时不可否认的是，化工企业

及政府面对沙利度胺^①和博帕尔^②等悲剧事件时，以及面对灾难性的臭氧空洞问题时推脱责任，极大地损害了他们为自己辩护的可信度。

于是在进入21世纪时，社会上流行着这样一种想法：“化学i的”或者“合成的”是糟的，而“天然的”则是好的。

对于这种想法，传统的纠正方式是罗列化学给我们带来的种种好东西。这样罗列出的清单的确很长，即便那些将化工妖魔化的人想必也在享用不少化工产品。可是我相信，我们所需要的已经不再是“化学为人服务”了。一方面来讲，这会更让公众感觉铁板一块的科学与技术共同体抱成一团促进自己的事业。而在外人看来，任何文化圈子都像是铁板一块，因而也都有潜在的威胁。事实上，化学家之间也会就该不该禁止或限制某种产品而爆发激烈的争吵，在有的化学家为军事机构工作时的化学家则在门外抗议他们——倘若有一天，公众能够更多地了解到这些，那该多好。或许那时我们才能平和地将科学看作正常的人类活动。

然而，从另一方面来讲，其实化学也并不单纯是被人类驯服、召唤来服务的奴仆。化学**造就**我们人类，化学创造了自然界的一切。“化学”和“合成”给人们的负面印象一时还很难消除，但“分子”暂时还没有沾染到这样的色彩。通过理解我们自身在分子层面的本质，也许我们才能开始欣赏化学所提供的一切，并且去领悟为何有些物质（既包括天然的也包括人工的）毒害

① 1950年代问世的药物，又名反应停，可用于治疗妊娠反应。但数年后人们才发现，药效成分的对映异构体具有致畸作用，造成了上万名胎儿的先天畸形。——译注

② 1984年12月3日凌晨，印度博帕尔市，美国联合碳化公司的农药厂发生异氰酸酯泄漏，一个月内逾两万人中毒死亡，几十万人受伤、致残或受到后续影响。——译注

我们而有些物质治愈我们。

正因为如此，我要冒着被一些化学家反对之虞撰写这样一本书，名义上是关于分子的简介，却很大程度上只着重于生命的分子，即生物化学。我努力想说明，那些控制着我们人体的分子层面的过程，其实与化学家——我更愿意称为“分子科学家”——想要创造的区别不大。实际上两者的界限正变得越来越模糊：我们已经在技术领域使用天然的分子，同时又在用合成的分子来保存那些我们看作“天然”的东西。

在讲述这些分子故事的时候，很多专家的建议让我受益良多，这其中包括克格格·比森、保罗·卡尔弗特、乔·霍华德、埃里克·库尔、汤姆·摩尔和乔纳森·斯科里。我在此向他们表示诚挚的感谢。

ii

本书自始至终都是牛津大学出版社通识读本系列的一员。我非常感谢谢利·考克斯对它充满信心，给它一个机会开启自己的生命之旅。

菲利普·鲍尔

2001年1月于伦敦

iii

致 谢

作者和出版社向各方授权使用下列版权保护材料表示由衷的感谢：

弗兰·奥布莱恩《达尔基档案》节选（Copyright © The Estate of the Late Brian O’Nolan），由A.M. 希斯有限公司代理授权。

普里莫·莱维《元素周期表》节选，雷蒙德·罗森塔尔译成英文（Copyright © Schocken Books 1984），由兰登书屋旗下肖肯出版社授权使用。

托马斯·品钦《万有引力之虹》节选（Copyright © Thomas iv Pynchon 1973），由梅兰妮·杰克逊有限责任公司授权翻印。

目 录

前言	1
致谢	4
第一章 无形世界的工程师：制造分子	1
第二章 生命的征象：生物分子	34
第三章 承载压力：由分子而来的材料	51
第四章 燃烧：分子与能量	71
第五章 运动的精灵：分子马达	95
第六章 传递信息：分子通信	114
第七章 化学计算机：分子信息	132
索引	151
英文原文	161

无形世界的工程师：制造分子

警官叫来服务员，给自己点了大麦啤酒，又给他的朋友点了一小瓶“那玩意”。然后诡秘地把身子靠了过来。

“你可曾发现过，或者听说过分子吗？”他问道。

“当然了。”

“那你要是知道分子理论正在达尔基区横行，会不会感到很惊讶？”

“嗯……大概吧。”

“它正在肆虐，”他接着说道，“有一半的人都受到了侵袭，简直比天花还糟。”

“难道不能让医生或者教师来解决吗？还是你觉得这应该是各家当家人的责任？”

“这从头到尾，完完全全，都是郡议会的事！”他言语颇为激烈。

“看来真是个麻烦。”

关于分子短而又短的简介其实早就有人写过了，而且写得比我远为巧妙。弗兰·奥布赖恩^①总喜欢伴着一杯浓烈的健力士啤酒^②来给我们端出他的博学，仿佛是在谈论土豆田或是都柏林市郊糟糕的路况。在都柏林主干道上的大都会酒店，福特雷警官正在和米克分享他的智慧，而我们也能从中收获些东西：

“你年轻的时候研究过分子理论吗？”他问道。米克说没有，没怎么研究过。

“这玩意可真是肆无忌惮、变本加厉，”他严肃地讲，“不过还是让我来告诉你它有多严重。一切事物都是由事物自身的那种小小的分子所组成的，这些分子飞来飞去，有转圆圈的，有绕弧线的，有直着飞的，轨迹各种各样，无穷无尽。它们从来都不会停着不动，而总是不断地转来转去，到处乱闯，一刻都没停过。你明白了吗？这样的分子？”

“我觉得算明白了。”

“这就像是20只活蹦乱跳的小妖精在平整的墓石上上蹿下跳。用羊来打个比方。究竟羊是什么东西呢？其实，所谓羊，只不过是数以百万计的微小的羊分子在身体里转来转去、上下翻飞而已。”

究竟羊是什么东西呢？这个貌似简单（在一层层的伪装之

① 弗兰·奥布赖恩（1911—1966），爱尔兰作家。——译注

② 健力士（Guinness），味道较浓烈的黑啤酒，又译作吉尼斯，即吉尼斯世界纪录的创办者。——译注

下)的问题却足以让科学家困惑数百年之久,而且还会在未来的很长时间里继续让他们困惑下去。分子科学给出了一种分层次的答案:这种科学所考虑的就是那“组成羊的数以百万计的某种微小的羊质”,亦即分子。一只羊是很多种分子组成的混合物,实际上包含着数万种不同的分子。其中的很多种分子不仅包含在羊里面,在人身体里、在青草中,甚至在天空和大海中都能找到。

但科学不能仅停留于此,而要寻求更深层的理解。羊的分子不又是由原子组成的吗?原子不又是由电子、质子等亚原子粒子组成的吗?而这些亚原子粒子不又是由夸克、胶子这些亚亚原子粒子所组成的吗?到底该说包含谁才算到了尽头呢?

“分子理论是一种可以通过代数计算出来的、非常纷繁复杂的理论,不过也许你喜欢用角度、直尺、余弦等一些熟悉的工具来求解,解了半天你自己都不相信自己到底证明了什么东西。这个时候你就得回过头再不断地检查错误、重新求解,直到相信你发现的事实与霍尔和奈特《大代数》的内容一样清楚明白,这时候再继续向前,直到你确切地全盘相信了整个事实,里面没有一丁点儿是半信半疑、像床上掉了衬衫领扣那样让你头疼的。”

“非常正确。”米克决定这么回答。

实际上,求解出分子是什么,是一项十分繁复的工作,这需要你从科学阶梯上较低(也许该说较深)的几层出发,一级一

级向上攀爬。要想完完全全理解分子的行为特点，以及怎样通过分子来诠释物质——羊、石头、一扇窗子玻璃，解释它们为何呈现出各个方面的性质和特征，就必须懂得求解分子。不过对于很多跟分子打交道的科学家来说，大可不必跟代数扯上关系，因为这些代数大体能归结为几条分子间如何相互作用的经验法则。早在化学的数学基础完善之前，化工就已经是一个欣欣向荣的产业了。这也说明其实分子并不一定会让你头疼。

超越周期表

后来弗兰·奥布赖恩修改《达尔基档案》中福特雷警官与米克的对话，并写入著名小说《第三个警察》，这本书在他逝世后的1966年才出版。奇怪的是，他把原来的“分子理论”全部替换成了“原子理论”。这就涉及事物究竟由何组成这个颇为模棱两可的问题。到底是原子还是分子呢？化学家给出的是复合的回答，说两者皆可。他们使用的标志性暗号是元素周期表。这是个由92种天然元素（补充上一些不稳定的人造元素）通过某种化学家易于理解的模式排成的列表。“关于”化学的最著名的一本书可能是意大利化学家兼作家普里莫·莱维所写的，那本书就以这个物质基础材料的列表“周期表”而命名；它强化了人们的印象，觉得化学就该是从这个由各种符号组成的不规则表格出发。在我上中学的时候，老师就教过一种诀窍来巧记最重要的前两行元素。化学专业的本科生则要求背诵整个元素周期表，要知道铍在锂的下面，铈在钐和钆的中间。不过我很怀疑我到底有没有机会在钐身上多停留一眼（不过铈倒是会在电视机屏幕的红光中朝我们闪烁）。

元素：普里莫·莱维的《元素周期表》^①

在我们呼吸的空气里有所谓惰性气体。它们有奇怪的希腊名字，博学的字源，意指“新”“隐”“怠惰”“奇异”。它们真的是很迟钝，对现状极为满意。它们不参加任何化学反应，不与任何元素结合，因此几世纪都没被发现。直到1962年，一个努力的化学家，绞尽脑汁，成功地迫使“奇异”（氙气）和最强悍的氟结合。由于这功夫非常了不起，他因而得了诺贝尔奖……

钠是一种退化的金属。它的金属意义是化学方面的，不是一般语言指的金属。它既不硬也不韧；它软得像蜡，它不光不亮。除非你拼了命照顾它，不然它立刻和空气作用，使表面盖上一层丑陋的外壳；它和水反应更快，它浮在（一种会浮的金属！）水面跳舞，放出氢气……

我称了一克的糖放到白金坩埚（大宝贝）里，在火上加热。先是一阵来自焦糖的家庭气味和孩子气味，但接着火焰变成蓝灰色，气味也不一样，是金属的、无机的（事实上，是反有机的）气味——一个化学家没有嗅觉就麻烦了。至此，不太可能弄错了：过滤它，酸化它，用启普发生器产生硫化氢通过溶液。我们得到黄色的硫化砷沉淀。一句话，这里面有很毒的砷，故事中米特拉达梯^②和包法利夫人服食的那个砷。

普里莫·莱维，《元素周期表》（1975）

^① 以下框内译文引自牟中原译，《周期表》，山东文艺出版社2014年6月版。略有改动。——译注

^② 古罗马时代小亚细亚地区的一个国王。传说他为了增强对毒药的抵抗力，每天都服食一定量的毒药。——译注

但其实化学只是偶尔才关注元素的性质，分子科学即便做不到无视大多数元素，也可以忽略其中的许多。只有在化学中极其靠近物理学的那一部分领域中，元素周期表的作用才真正显现出来，这时我们就必须拿出代数和余弦来解释为何各种元素的原子能够组成称作分子的特定结合体。周期表是19世纪一项美妙而深刻的发现，但在物理学家于20世纪创造量子力学之前，周期表也只能被当成一种神奇的密码，一种写着经验法则的小抄，提醒人们元素是分成一族一族的，同族元素有着相似的癖性。

我大概太过迅速地省略掉了元素周期表。我至少还应该再交代一下历史才对。

传统的化学史会讲，化学就是人们为理解物质进行的探索，去追问事物到底由何构成。这就将化学与古希腊哲学联系在一起，其中就包括公元前5和前4世纪之间，留基伯和他的学生德谟克利特提出的原子构成物质的理论。化学史的这种讲述从恩培多克勒四元素说（土、气、火、水）开始，讲到柏拉图将元素理论与原子论相结合（如图1），小心翼翼地绕过中世纪炼金术士炼化物质的迷梦，谨小慎微地落到18世纪的燃素说上。然后，我们会看到1661年罗伯特·玻意耳重新定义了元素的概念（其实也未必能全然算作“重新定义”），看到老古董的四元素说在新发现的“不可分物质”前轰然崩塌；看到安托万·拉瓦锡摧毁了燃素说并用氧气取而代之，之后又于1794年在断头台上掉了脑袋。约翰·道耳顿在1800年提出了现代的原子理论，在这个世纪中元素的列表急剧扩张，接下来就由德米特里·门捷列夫将它们组织成双子座大厦形的元素周期表。铀之前空缺的部分

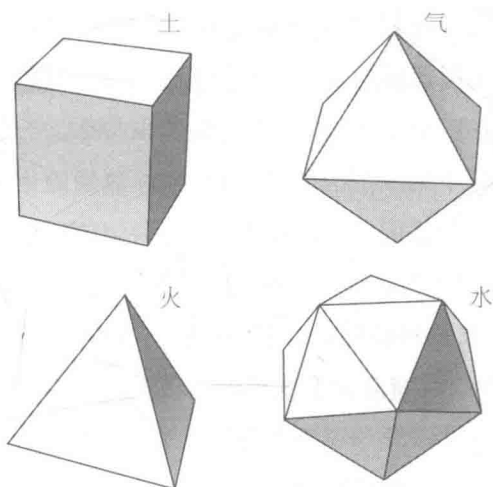


图1 柏拉图的原子。这位古希腊哲学家认为万物都是由四种元素的极小微粒构成的,这些微粒都具有正规的几何形状

又被逐步填满(铀元素本身在1789年就已经被发现了),随后沃尔夫冈·泡利及其他量子物理学家在1920年代解释了为何周期表呈现这种形状。

那么这项任务也就到此为止了。按照科学作家约翰·霍根在《科学的终结》中所写的,一旦盖上了量子力学的认证戳,就意味着化学也走到了尽头。最近又有几本关于未来科学的书暗示,化学这门学科正在从两端被侵蚀,它自己却很醒目地在学科变化中缺席了。从最基础的一侧看,化学正在朝物理学演变(包括庞大却一直被忽视的凝聚态物理这个分支,它研究的正是有形物质的行为)。从较复杂的一侧看,它又变成了生物学,生物学家正在扩大自己的地盘,研究细胞的分子机理。

但是,这些学术领域争夺地盘的战争,其背后的事实要有趣得多。有个奇怪的现象值得注意:很多科学史都是由物理学