

从一到无穷大

科学中的
事实与猜想

George Gamow

[美] 乔治·伽莫夫——著

高辉——译

ONE
TWO

THREE

...

INFINITY



从一到无穷大

科学中的
事实与猜想

George Gamow

[美] 乔治·伽莫夫——著

译码——译

ONE

TWO

THREE

...

江苏凤凰科学技术出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

INFINITY

图书在版编目(CIP)数据

从一到无穷大 / (美) 乔治·伽莫夫著; 高辉译
-- 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2019.10
ISBN 978-7-5713-0557-4

I. ①从… II. ①乔… ②高… III. ①数学—普及读物 IV. ①O1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 178791 号

从一到无穷大

著 者 (美) 乔治·伽莫夫
译 者 高 辉
责任编辑 沙玲玲
助理编辑 张 程
责任校对 郝慧华
责任监制 刘文洋

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
印 刷 南京互腾纸制品有限公司

开 本 880mm × 1 230mm 1/32
印 张 10.75
版 次 2019年10月第1版
印 次 2019年10月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5713-0557-4
定 价 49.80 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

推荐序

人类有没有可能是被设计出来的？问出口的时候，你心里已经有了例子和答案，甚至觉得有些好笑，但要是多想一会儿，可能又会冒冷汗。这个在知乎上被浏览了近两千万次的问题，如果穿越回 20 世纪 30 年代发问，也许会得到很不一样的回答。

1944 年，奥斯瓦尔德·埃弗里证明基因由 DNA 所组成。1953 年，詹姆斯·沃森与弗朗西斯·克里克发现了 DNA 双螺旋结构。2000 年完成基因图谱绘制，直到 59 年后的 2012 年，科学家才第一次用电子显微镜拍到了双螺旋的样子。

对我们来说，DNA 早就是习以为常的概念，比如经常看到 DNA 检测侦破案件和认亲的报道，用基因检测估算患癌症的风险，吃转基因改良的食品，甚至用基因检测来“科学算命”。

在没有社交媒体的 20 世纪 30 年代，看山无法想象人们对于这个发现有多震惊：如果人和生物都是行走的数据库，那么生命的本源是什么？宇宙存在的目的又是什么？

关于自己，也关于世界，我们好奇的还有很多。

在陷入形而上的思绪之前，看山接到了编辑递来的三本科普书：1938 年爱因斯坦和利奥波德·英费尔德合著的《物理学的

进化》；1944 年埃尔温·薛定谔发表的《生命是什么》，是 DNA 发现者的灵感源泉；1947 年乔治·伽莫夫出版《从一到无穷大》，用非常浅显的语言，串起数学、物理学、天文学等等学科，在宇宙里走了一遭。

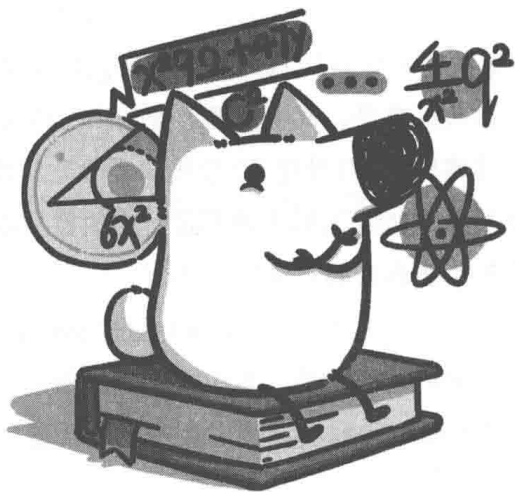
知友翻译的版本读起来鲜有年代感，还有些勘误和批注，像是和老朋友聊天，天南海北，上天入地。看山读着读着，忘记了自己身处的小小出租屋，忘记了白天工作上的烦恼，忘记了放凉了的外卖……

愿有好奇心的你，永远都能在阅读和探索中找到纯粹的乐趣。

刘看山

2019 年 7 月 31 日

于北京



CONTENTS 目录

第一部分

数字游戏

第一章 大数

你能数到多少? / 2

怎么计数无穷大的数字? / 14

第二章 自然数和人工数

最纯粹的数学 / 25

神秘的 $\sqrt{-1}$ / 32

空间、时间与爱因斯坦

第三章 空间的不寻常特性

维度与坐标 / 40

没有测量的几何学 / 42

翻转空间 / 52

第四章 四维世界

时间是第四个维度 / 64

时空当量 / 73

四维空间距离 / 78

第五章 时空相对性

时空相互转换 / 85

以太风和天狼星之旅 / 89

弯曲空间和重力之谜 / 104

封闭空间与开放空间 / 110

微观世界

第六章 下降的阶梯

古希腊人的观念 / 114

原子有多大? / 120

分子束 / 123

原子摄影术 / 126

解剖原子 / 129

微观力学和不确定性原理 / 139

第七章 现代炼金术

基本粒子 / 150

原子的心脏 / 164

粉碎原子 / 170

核子学 / 180

第八章 无序定律

热的无序 / 190

如何描述无序运动? / 197

计算概率 / 205

“神秘”的熵 / 222

统计涨落 / 227

第九章 生命之谜

我们是由细胞构成的 / 230

遗传与基因 / 243

基因：活的分子 / 252

第四部分

宏观世界

第十章 扩展视野

地球和它的邻居们 / 264

银河系 / 273

前往未知的边界 / 285

第十一章 创世之日

行星的诞生 / 294

恒星的“私生活” / 310

原始的混沌和膨胀的宇宙 / 322

附录照片 / 329



第一部分

数字游戏

第一章 大数

你能数到多少？

曾经有这么个故事，讲的是两个匈牙利贵族玩数数字的游戏，谁数的数字大谁就赢。

“那你先来吧！”一个贵族说。

于是另一个贵族绞尽脑汁，想了好几分钟，最终报出了他能想到的那个最大的数字：“3！”

接下来轮到第一个人费脑筋了，于是他冥思苦想了一刻钟，然后无奈地说：“你赢啦！”

很显然这两个贵族智商不太高，况且这个故事很可能只是一个调侃罢了，真实发生的概率不大。但这种对话却真的有可能发生在霍屯督人^①之中。如今我们通过一些非洲探险家得知，霍屯督人的字典中不存在比3更大的数字。所以如果你问他们家里有多少个儿子或是杀死过多少个敌人，如果数字大于3，他会告诉

① 一个南非的原始部族。——译者注



而在凯撒（Julius Caesar）的事务官手中，这个数字则会被表示为：

MMMMMMMDCCXXXII

后面的这串字符你一定很熟悉，因为罗马数字在如今依然派得上用场——比如书籍的章卷、历史纪年表中的日期等，还会使用罗马数字。不过由于古代的计数需求很难超出几千，因此古罗马人没有发明比“千”更高的数位符号。所以如果你让一个古罗马人写下“一百万”这个数字，无论他受过多么好的算数方面的教育，他都会不知所措。估计他能够想到的最好方式，就是连续花几个钟头不停地写，一直写到下一千个 M 为止。

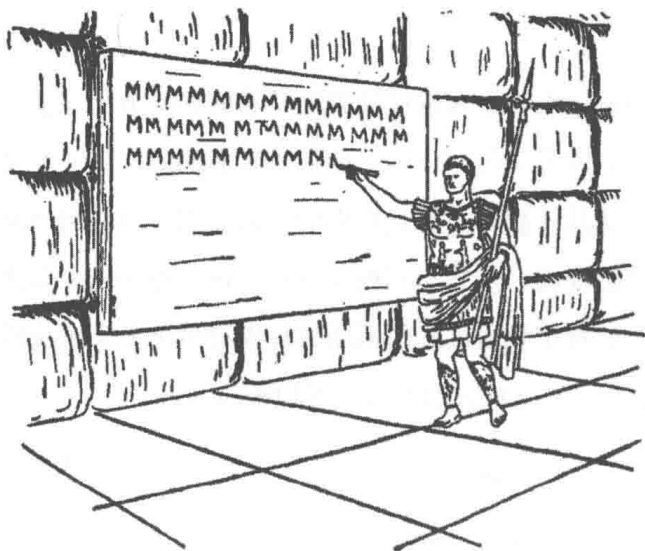


图1 凯撒时代的一个古罗马人试图写下“一百万”这个数字，但整张板恐怕连“十万”都写不下

古代人心目中，像天空星辰的数目、海里鱼的数目，甚至是沙滩上沙子的数目，这些很大的数字通通都是“不计其数”的，就像对一个霍屯督人来说，“5”就只能表示为“很多”一样。

为了表示巨大的数字，阿基米德（Archimedes，公元前3世纪那位著名的大科学家）也费了一番脑筋，终于想出了一个新的方法。他在著作《计沙法》^①中写道：

“有些人认为，沙子的数量是无穷多的。这里我提到的沙子，不仅仅是指余对立古^②或是西西里岛其他地方的沙子，而是指整个地球上所有发现和未发现的沙子。也有人觉得，这个数字并不是无穷大，但要表示比沙子数目更多的数量也是做不到的。很明显，持这些观点的人会认为，如果将地球假想成一个大沙堆，在海洋、山洞中都填满沙子，一直装到和最高的山峰一样高，那么这个大沙堆中沙子的数量是无法表示出来的。但我要告诉大家，不仅填满地球的沙堆中沙子的数目能表示出来，就算整个宇宙都填满了沙子，这个数目也照样能够表示出来。”

阿基米德所提出的表示大数的方法与现代科学中的方法非常类似。他从当时古希腊算数中最大的数字“万”开始，发明了一个新的数字“万万（亿）”作为第二级单位，然后将“亿亿”作

① 阿基米德遗留下来的唯一一部算数著作。——译者注

② 意大利西西里岛东南部城市，阿基米德出生地。——译者注

为第三级单位，“亿亿亿”作为第四级单位，以此类推。

对现代人来说，写个大数字似乎不算什么，不值得花几页纸来专门讨论。但是在阿基米德时代，能够发明一种描述大数的方法是非常了不起的成就，这也是数学向前发展过程中的关键一步。

为了计算填满宇宙的沙子的数目，阿基米德必须知道宇宙有多大。按照当时的观点，宇宙被水晶球层包裹着。与阿基米德同时代的著名天文学家，来自萨摩斯岛的阿里斯塔克斯（Aristarchus）认为，地球到天球面的距离为 10 000 000 000 斯塔迪姆^①，差不多 1 000 000 000 英里^②。

阿基米德对比了一下宇宙和沙粒的大小，进行了一系列足以把中学生吓出噩梦的运算后，得出结论：

在阿里斯塔克斯估算的宇宙中填满沙子，沙子的数目不会超过一千万个第八级单位^③。

① 斯塔迪姆为古希腊长度单位，1 斯塔迪姆为 606 英尺 6 英寸，或 188 米。1 英尺 = 0.3048 米。——译者注

② 1 英里 = 1 609.344 米。——译者注

③ 按我们现代表示方法，这个数字为：

$$\begin{array}{cccc}
 \text{一千万} & \text{第二级} & \text{第三级} & \text{第四级} \\
 (10\,000\,000) \times & (100\,000\,000) \times & (100\,000\,000) \times & (100\,000\,000) \times \\
 \text{第五级} & \text{第六级} & \text{第七级} & \text{第八级} \\
 (100\,000\,000) \times & (100\,000\,000) \times & (100\,000\,000) \times & (100\,000\,000)
 \end{array}$$

或简写为：

$$10^{63} \text{ (1 后面有 63 个零)}。$$

要注意的是，阿基米德时代估计的宇宙半径远远小于现代的观测结果。十亿英里不过刚刚超过太阳到土星的距离。后面我们会看到，按如今天文望远镜的观测结果，宇宙边缘距我们有 5 000 000 000 000 000 000 000 英里，要填满这么大的宇宙，需要沙子的数量超过

10^{100} 粒（1 后面 100 个零）。

这个数字显然比前文提到过的宇宙中的原子总数 3×10^{74} 都要大，因为真实宇宙并未充满原子。实际上，计算一下我们会发现，宇宙中平均每立方米仅有一个原子。

当然了，要获得一个巨大的数字，不必非得把宇宙倒满沙子，或进行类似活动。实际上，有一些乍看起来很简单的问题，也会遇到非常大的数字，哪怕最开始你以为其中涉及的数字不过几千而已。

比如在一个大家耳熟能详的故事里，印度舍罕王（Shirham）就吃了大亏。据传说，舍罕王打算奖赏他的宰相、象棋的发明者西萨·班·达依尔（Sissa Ben Dahir）。这位大臣似乎并不贪心，他跪在国王面前说：“陛下！请在棋盘的第一个格子里放一粒麦子，第二个格子里放两粒，第三个格子里放四粒，第四个格子里放八粒，以此类推，每个格子都放前面格子的两倍，直到把 64 个格子装满就行了。”

“你竟然只要这点奖赏。”国王一边说，心里一边窃喜，毕竟对这样一件神奇发明的赏赐竟然不需要太破费，“我会按你的要求给你赏赐的。”说完，他命令一个仆人带了一袋麦子到王座前。



图2 西萨·班·达依尔——能力精湛的数学家——
正向国王要他的赏赐

放麦粒的计数工作开始了，按照宰相的要求，第一格放一粒，第二格放两粒，第三格放四粒……国王吃惊地发现，还没放到二十格，一麻袋麦子竟然已经空了。于是一袋袋麦子搬到国王面前，但是随着格数的增长，所需的麦子增加得实在是太快了，很快国王就发现，即便把整个印度的麦子都拿过来，也满足不了达依尔的要求，因为计算一下我们就知道，这需要 18 446 744 073 709 551 615 颗麦粒！

这个数字虽然不像宇宙中原子总数那么大，但也足够可观了。假设一蒲式耳^①小麦有 5 000 000 粒，我们需要 4 万亿蒲式耳才够！全世界平均每年产出小麦总量约为 2 000 000 000 蒲式耳，所以宰相所求的赏赐，竟然是全球两千年所产的小麦总和！

① 欧美的计量单位，1 蒲式耳 (bushel) 约为 35.42 升。