

探索·新知系列

虚无

从绝对零度到宇宙中
被遗忘的角落

[英] 杰里米·韦布 编

冯永勇 金泰峰 译



商务印书馆
The Commercial Press

探索·新知系列

虚 无

——从绝对零度到宇宙中
被遗忘的角落

[英] 杰里米·韦布 编

冯永勇 金泰峰 译

 商务印书馆
The Commercial Press

2018年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

虚无：从绝对零度到宇宙中被遗忘的角落 / (英)
杰里米·韦布编；冯永勇，金泰峰译．—北京：商务
印书馆，2018

(探索·新知)

ISBN 978-7-100-13872-7

I. ①虚… II. ①杰… ②冯… ③金… III. ①虚无—
研究 IV. ①B2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 096029 号

权利保留，侵权必究。

虚无

从绝对零度到宇宙中被遗忘的角落

[英] 杰里米·韦布 编

冯永勇 金泰峰 译

商务印书馆出版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商务印书馆发行

北京市艺辉印刷有限公司印刷

ISBN 978 - 7 - 100 - 13872 - 7

2018 年 6 月第 1 版

开本 880×1240 1/32

2018 年 6 月北京第 1 次印刷

印张 9

定价：43.00 元

引 言

请听题：宇宙大爆炸、死亡咒语、男人奶头、反物质陷阱、超导体、企鹅宝宝以及氙气灯——它们的共同点是什么？答案当然是：没有！

没有？不是说它们之间没有任何共通之处，恰恰相反，它们由同一个概念相互关联，这个概念叫“没有”，也叫虚无、极无或者至无。

你可能觉得这么一本关于“无”的书听起来有自相矛盾的嫌疑。不过所幸，两千多年来，人们有过许多关于“无”的探索：实际上，古希腊的先哲们就曾为之争得面红耳赤。这个概念从诞生到最终形成，百转千回，每一步都烙印深深，以至于完全可以用人们对它的认识作为时间轴，准确标定历史位置。

以零为例——它是一无所有的象征。公元前三百年，古巴比伦人给出了零的部分定义；一千年之后，印度人把这部分定义和他们古老的虚无概念融合，形成了意义完整的零；又过了四百年，零的概念传到欧洲大陆，起初一

段时间里，人们把它当作洪水猛兽，避之唯恐不及；直到17世纪，零才被完全接纳。今天，我们所用的章节所有数字里，零都是至关重要的。

在后续的章节中，你将会读到所有这些事件。当然，能读到的远不止这些。

“无”这一单词被应用于形形色色的环境中；在不同的情况下，它们都是某个真实存在的不同表现形式。某些存在真的能从虚无中诞生吗？为何某些动物终日无所事事？当我们试图空无念想的时候大脑在做什么？科学家们就是这么大开脑洞问问题的，他们得到了许多有趣的答案。

照这样，虚无被玩成了一个棱镜，通过它，我们能探索身边的宇宙，甚至能探讨人之所以成为人的奥秘。这个棱镜还揭示了历史的态度和当下的思考。

以真空为例，它是虚空。许多世纪以前，古希腊人在真空这个问题上争论了很久。一开始，它是不存在的；到17世纪，它存在了。在18世纪，真空中充满了一种叫作发光以太的神秘物质；而到了20世纪初，以太便被抛弃了。20世纪30年代，量子理论的真空成为主宰，这种真空离人们想象的虚空相去甚远：在它内部，许许多多的粒子蹦出来又消失，稍纵即逝。

如上例所示，“无”通常意味着极端。它喜欢待在光谱的一端，每当科学家们想要探讨某个现象时，极端状况总是他们的第一选择。通过研究极端状况，他们更容易标

定该现象的促成因素。比如，你想测量惰性对人类机体造成的影响，你就把试验对象放到床上躺很长一段时间，让他们一动不动。这种特殊试验的结果一夜之间就能改变医疗实践。

另一个极端例子是绝对零度：极致深寒。在这个温度下，原子的热运动现象消失殆尽。我们无限接近绝对零度的过程曲折离奇，一路上到处都是误解和死胡同。然而，人类对探索的向往最终揭示了一个光怪陆离的世界，里面充斥着许多我们做梦都想不到的古怪行为。

得到“无”非常困难：我们还没有、而且很可能永远不会达到绝对零度。“无”又会是混乱的：我们描述真空的定义不是一个，而是很多个。“无”还会是强大的：仅仅和医生聊上几句，患者的病情就能得到缓解，而在此过程中没有任何物质参与交流。这个让医学界最顶尖的学者们也迷惑不解的效应，却有着恶魔般的孪生兄弟。

以上这些只是“无”为我们展示宇宙真貌的若干种方式。

这本书的编排别开生面，打造了几个主题，如开端、神秘以及惊喜等。即便你对物理不太“感冒”，也能很快找到适合口味的篇章。“无”已在很多方面影响了我们的思维，我也希望能通过相同的方式引发读者的兴趣和思考。

宇宙的诞生和毁灭、真空、“无”的力量、零、绝对零度……这些主题自始至终贯穿本书。

“无”这个单词的一个含义是没有价值：若一个事物无关紧要，人们常说“它一无是处”。这里的“无”显然来自我们认识到其真正价值之前。我希望能让大家认识到，“无”是一个内涵丰富且应用广泛的概念。

杰里米·韦布

目 录

引言	杰里米·韦布	i
1 开端		1
宇宙大爆炸	马库斯·乔恩	3
大脑的秘密	道格拉斯·福克斯	15
零的诞生	理查德·韦伯	25
治愈自己	乔·马钱特	33
2 未解之谜		45
时间的起始点	保罗·戴维斯	47
安慰剂效应	迈克尔·布鲁克斯	58
“无用”的器官	劳拉·斯平尼	69
无意识	琳达·格迪斯	79
3 打破砂锅		89
空气之外	佩尔·埃克隆德	91
忙着无所事事	乔纳森·奈特	101
空穴的故事	理查德·韦伯	110
进入太空	奈杰尔·亨博斯特	120

零的数学魅力	伊恩·斯图尔特	129
4 惊喜		137
一无所有的空间	保罗·戴维斯	139
当思维攻击身体	海伦·皮尔彻	146
乘坐星际列车	伊恩·斯图尔特	156
包装真空	戴维·哈里斯	164
无处不在的“空”	伊恩·斯图尔特	175
5 发现之旅		181
绝对零度	迈克尔·德波德斯塔	183
无聊学：乏味并快乐	瓦莱丽·贾米森	194
追寻惰性元素	戴维·E. 费希尔	204
起来，下床	理查德·A. 洛维特	215
6 结论		221
锻炼药丸	安迪·科格伦	223
超级物质的世界	迈克尔·布鲁克斯	233
直到宇宙被遗忘的角落	斯蒂芬·巴特斯比	243
致谢		257
作者简介		260
注释		266

1 开端

美国物理学家、诺贝尔奖获得者阿诺·彭齐亚斯（Arno Penzias）曾说过：“天文学引领我们来到一个独一无二的事件面前——宇宙从虚无中诞生。”他指的是世间万物的开端——宇宙大爆炸。显然，我们要从这儿开始谈起。为了不那么索然无味，我们先顺道去古巴比伦文明中看看，然后再去最现代化的脑部扫描实验室瞧一瞧。你会发现一直以来你认为是理所当然的记号背后竟有着如此的奥妙，还会明白你的大脑居然是一个你可能闻所未闻的器官的故乡。在这一过程中，我们会领略一个尚显稚嫩的科学领域里诞生出的丰硕成果——思维的力量，它能够治愈我们的身体。

宇宙大爆炸

马库斯·乔恩

我们的宇宙起源于一场爆炸，通常称之为宇宙大爆炸。为了知晓宇宙是怎样从虚无中诞生的，有人曾悬赏64000美金。宇宙大爆炸究竟与什么相关呢？

起初，那里空无一物。随后，在一个灼人的火球——我们称之为宇宙大爆炸——中，宇宙诞生了。可那究竟是什么？它是在哪儿爆炸的？天文学家为什么会相信如此荒诞离奇的事情？

大约在138.2亿年前，我们所居住的宇宙，从虚无（就是字面的意思）之中爆发形成。这场爆炸发生在一个巨大的火球中，这个火球被叫作宇宙大爆炸。所有的物质，所有的能量，包括空间和时间——一切的一切，都在那一刻诞生。

在大爆炸的最初阶段，宇宙中所有的物质都挤在一个极小的体积内，其中的温度高得令人难以置信。它就像一口剧烈沸腾的大锅，里面充斥着电磁辐射，还掺着些微粒子，这些粒子与我们在如今的宇宙中找到的任何物质都不一样。随着火球膨胀，它逐渐冷却，有越来越多的结构开始“凝固成形”。

这些我们如今已熟知的基本粒子，也就是构成一切寻常物质的“砖瓦”，逐渐获得了目前被我们观测到的性质。粒子聚集成原子，星系开始成长，并渐次分化为类似太阳的恒星。约在 45.5 亿年前，地球形成了。接下来的故事，就是众所周知的漫长历史。

以上就是对创世场景极为笼统的描述。目前，天文学家和物理学家们有了越来越多的证据支撑他们的理论，有十足的把握将早期宇宙随时间演化的每一刻都详尽地描述出来。

这不是说我们可以回到那惊心动魄的创世之始。借助于物理学，我们最多只是尝试描述当宇宙形成了 10^{-35} 秒的时候所发生的事情——把这个数字写开，就是小数点后面跟着 34 个零，再加一个 1。

这是一段短得不能再短的时间。然而，如果你认为这一刻太短了，以至于这个时候的宇宙与诞生之初的宇宙没什么区别，你可就大错特错了。虽然在最近的一百万年里，宇宙的结构没有任何变化，但在宇宙年纪尚幼时，一切都变化得飞快。

举例来说，物理学家认为，从第十分之一秒到第一秒的这段时间里发生的事情，与从第一百分之一秒到第十分之一秒的这段时间里发生的事情是同等重要的。这些时间点随对数规律变化，逐步接近最开始的一瞬。当他们将宇宙的历史反演（就像把一场电影倒过来播放）时，他们发现

空间中充斥着愈发激烈而疯狂的活动。

这是因为，早期的宇宙受到电磁辐射的支配。这些电磁辐射以光子的形式存在，宛如一个个携带一定能量的包裹。光子的温度越高，它的能量也越高。同时，高能光子可以转变成物质粒子，因为能量可以从一种形式转变为另一种形式——正如爱因斯坦证明的那般，质量（ m ）只是能量（ E ）的一种形式而已。他那著名的公式 $E=mc^2$ 描述了这一点，其中 c 代表光速。

爱因斯坦的公式表明，一个具有特定质量 m 的粒子，可以由携带有至少 mc^2 的能量的辐射（即光子）转化形成。换句话说，存在一个温度阈值，只有当光子的能量高于这个阈值时，它才足以生成一个质量为 m 的物质粒子。

若我们继续将时针回拨，我们会来到这样一个时刻：此时的温度极高，光子的能量极大，以至于相互碰撞的光子可以通过辐射能产生物质粒子。这些粒子在宇宙的年龄小于 10^{-35} 秒的时候是什么样子，我们不得而知。我们只能说，在那个时候，它们的质量比我们如今熟悉的粒子——诸如电子和顶夸克——要重得多得多。

随着时间流逝，温度下降，宇宙中搅成一锅粥的粒子们逐渐变得越来越轻。所有的粒子们都是昙花一现，最多只会存在几分之一秒的时间，因为与前述过程相反——粒子之间相互碰撞产生光子，物质被重新转化为辐射能——的过程同样在上演。

那么物理学家认为，在大爆炸经过了差不多 10^{-35} 秒之后，宇宙又是是什么样子的呢？

注定成为“可观测宇宙”的那一部分空间（相当于今天 840 亿光年宽），挤在差不多一颗豌豆大小的体积里。如此致密的物质，它的温度也同样惊人——大约是 10^{28}°C 。

物理学家们预测，在这一温度下，碰撞的光子正好有足够的能量来产生一种叫作 X 玻色子的粒子，它要比质子重一千万亿倍。迄今为止，尚无人观测到 X 玻色子，因为如果想要看到，就必须在地球上的实验室里重现大爆炸后 10^{-35} 秒时那极端的条件。

那么，物理学家们能够在实验室里把时针回拨到多早呢？

答案是宇宙诞生后约 10^{-12} 秒（万亿分之一秒）的时候。彼时，宇宙已经冷却到大约十亿亿度——这仍比太阳核心的温度高出百亿倍。2012 年，CERN（位于欧洲日内瓦的粒子物理中心）的物理学家们在一台名为“大型强子对撞机”的巨大粒子加速器里中重现了上述的极端条件。借此，他们合成出了一种与希格斯玻色子极为相似的粒子，这种粒子在大爆炸发生的万亿分之一秒之后便从宇宙中消失了踪迹。

从 10^{-35} 秒到万亿分之一秒的这段空白是巨大的。我们知道，在这一段时间内，物质紧紧挤压在一起，比我们

目前所知的最致密的物质——原子内的核子还要紧密。以及，随着温度下降，光子的能量也衰减，生成的粒子也越来越轻。

直到某一时刻，构成中子和质子的、目前仍只是一种假设的物质——夸克——形成了。当演化到约百分之一秒的时候，宇宙终于变得足够冷，其中绝大部分的粒子都是我们现今熟悉的：光子、电子、正电子和中微子。还有一点零星的中子和质子，但不多。实际上，它们只占了宇宙组分中极少一部分。

大约在第一秒时，宇宙的温度降到一百亿摄氏度左右，此时光子的能量太少，很难转化为粒子了。电子和正电子^①们碰撞湮灭，产生光子。然而，由于一个物理上至今尚不明朗的轻微不对称，电子比正电子多了那么一点点——大约每百亿个正电子对应着百亿加一个电子。于是，在一阵狂乱的湮灭过后，宇宙中最终只留下了物质，光子与电子的数量比大约是百亿比一，这个比率维持至今。

下一个重头戏，发生在宇宙诞生约一分钟后。

此时宇宙的温度下降到差不多十亿摄氏度，这相当于现在最为炽热的恒星的核心温度。粒子的行动更加缓慢，以质子和中子为例，这意味着强大的核力有更大的几率，将它们束缚在一起足够长的时间，直至它们结合形成原子

① 电子的反物质，质量与电子相等但电性相反。——译者注

的内核。再具体一点说，两个质子和两个中子组在一起，就会形成氦原子核。

一个孤立的中子会在约 15 分钟内衰变为质子，这意味着在氦形成后，所有剩余的中子都会变成质子。根据物理学家的计算，每形成一颗氦原子核，就会剩余约十个质子，这些质子最终成为氢原子——氢原子只有一个质子。

这是证明大爆炸确实发生过的最强有力的证据之一。在很久很久以后，温度降到足够低时，氢原子核与氦原子核捕获电子，形成稳定的原子。如今，天文学家能够测量宇宙中元素的丰度——恒星、星系和行星际空间中各元素的占比，而他们仍然发现氦原子与氢原子的比例大致是一比十。

上面提及的这一时刻——宇宙冷却到足以使电子与质子结合形成最初的一批原子——差不多是大爆炸发生 38 万年以后。此时，与最初的时刻相比，宇宙冷却的速度慢了许多，温度也下降到更为温和的 3000°C 。这同时也标志着宇宙早期历史中又一重要时刻。

在电子被氢原子核还有氦原子核捕获之前，光子无法移动很长的距离——走不了多远，它就会一头撞上一个电子。自由电子很容易让光子散射，即偏转前进方向。其后果便是，所有的光子都不得不在宇宙中七扭八拐，曲折前行。这使得宇宙不透光。如果现在的宇宙仍是如此，从恒星发出来的光需要穿过电子的层层阻隔才能到达