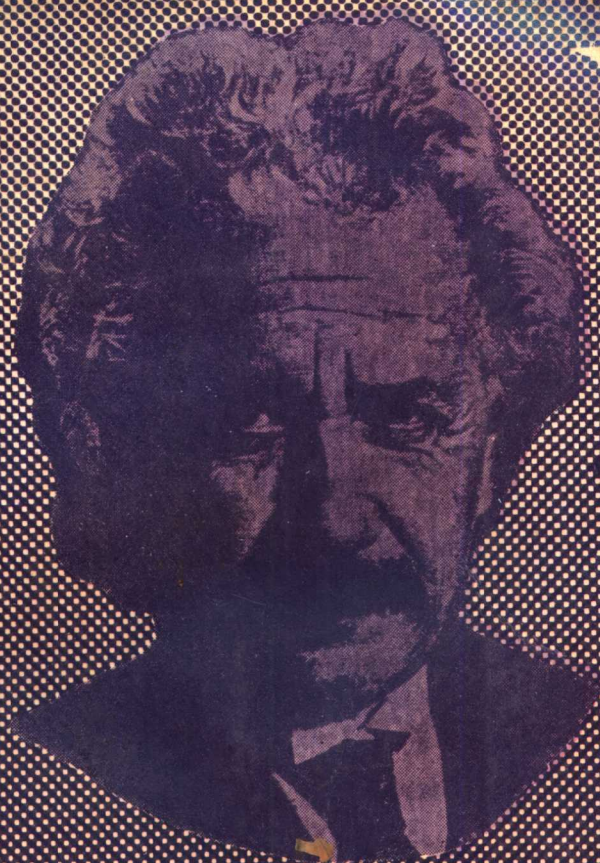




Einstein's Dream

爱因斯坦的梦

湖南师范大学出版社

爱因斯坦的梦

巴里·派克 著

易心洁 译

湖南师范大学出版社

Einstein's Dream
The search for a Unified Theory of The Universe
by
Barry. Parker
Plenum Press
1986

爱 因 斯 坦 的 梦

巴里·派克 著

易心洁 译

责任编辑：廖建军

湖南师范大学出版社出版发行

（长沙市岳麓山）

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

850×1168 32开 7.375印张 185千字

1989年12月第1版 1990年3月第1次印刷

印数：1—5000册

ISBN 7-81031-012-7/O·002

定价：3.40元

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了本世纪初由爱因斯坦开拓，近年来进展急剧的宇宙统一理论所取得的伟大业绩。它的内容涉及当今物理学的最前沿问题，可是，作者完全避开了复杂的数学，通过介绍科学家们的生平轶事，以及他们在创造性的科学活动中如何形成新的物理观念，给读者展示出一幅关于宇宙统一理论演化的栩栩如生的画面，给人以多方面的启迪，

本书适宜于物理学、天文学、科学哲学（自然辩证法）工作者，以及具有高中以上文化程度、渴望了解宇宙奥秘的广大青年读者阅读。

前 言

三十年前，阿伯特·爱因斯坦逝世了。他想要建立一个统一宇宙理论的理想没有实现。为了探寻这样一种理论（一种能说明从基本粒子及其相互作用到宇宙整体结构的每一事物的理论），他耗费了生命最后几十年的时光。但是他失败了。并非他努力不够，而是因为这种企图超越了他所处的时代。爱因斯坦从事这个问题的研究时，人们对黑洞、白洞、奇异性、大爆炸与早期宇宙、夸克、规范不变性、弱核力与强核力等等还一无所知。今天，人们知道：所有这些东西对于一个统一理论都是很重要的；而且，它们必须被纳入这一理论之中，并为该理论所说明。因此，就某种意义而言，今天我们的问题要比爱因斯坦时代的问题复杂得多，然而，科学家们一直坚韧不拔，结果是，今天我们竟然接近于达到这个长期搜寻的目标，业已实现一些重要的突破。在这本书里，我们将考查这些突破以及近期的一些统一理论——它们是超引力论、超弦、各种大统一理论以及扭子理论。然而，为了解问题，我们必须从头开始。

在本书的前一部分，我们将考虑爱因斯坦的广义相对论和整体宇宙（简称为宏观世界），从这里，我们再进入微观世界或粒子的世界，并考查在微观领域内已经做出的重要突破。在本书的最后部分，我们将返回到近期的各种统一理论。

虽然本书完全避免了数学，但大数字是不可能避免的。我没有把这些数字详细地写出来而是使用所谓科学符号。例如，把10000写成 10^4 （指数值表示“1”后面零的个数）；对小数，指数值采用负号表示，例如， $1/1000$ 写成 10^{-3} 。

关于温标或许也要做点说明。我们使用所谓凯尔文温标（缩写为 K）。按照这种温标，宇宙间最低温度为零度，在这温标中，水的沸点为 273°K 。

最后，我要感谢 I. G. 里根，她对本书作了细心的编辑，并提出过许多有益的建议。我还要感谢 S. 卡拉亨，她为本书绘制了精美的插图。

作者 巴里·派克

目 录

第一章	目标	(1)
	探寻意义.....	(6)
	爱因斯坦的梦想.....	(14)
第二章	弯曲时空	(18)
	弯曲空间.....	(22)
	爱因斯坦与弯曲时空.....	(25)
	极端弯曲.....	(40)
第三章	早期的统一场论	(42)
	法拉第、麦克斯韦与电磁场.....	(43)
	早期的统一企图.....	(51)
	爱因斯坦的统一场论.....	(55)
第四章	恒星死亡	(60)
	爱丁顿.....	(61)
	恒星的生命循环.....	(65)
	钱德勒塞卡与白矮星.....	(69)
	超越白矮星.....	(72)
	反思.....	(77)
第五章	最后的深渊：黑洞	(79)
	奥本海默与连续塌缩.....	(81)
	恒星向黑洞塌缩.....	(87)
	黑洞内部.....	(89)
	其他类型的黑洞.....	(91)
	探寻黑洞.....	(93)

	其他黑洞候选者.....	(96)
	对种种奇特可能性的实际考查.....	(98)
	理论在何处失灵.....	(101)
	蒸发黑洞的发现.....	(103)
	广义相对论与量子力学之间的联系.....	(108)
第六章	早期宇宙	(109)
	宇宙膨胀的发现.....	(110)
	返回到大爆炸.....	(127)
	最终奇异性.....	(128)
	暴胀.....	(131)
	强子时代.....	(131)
	轻子时代.....	(132)
	辐射时代.....	(133)
	宇宙背景辐射.....	(134)
	星系时代.....	(137)
	反思.....	(139)
第七章	宇宙学的争端	(141)
	宇宙的年龄.....	(143)
	红移争端.....	(149)
	竞争的宇宙学.....	(152)
	G 改变的宇宙学与诸宇宙数.....	(156)
	反物质和其他宇宙学.....	(158)
	其他宇宙.....	(160)
第八章	宇宙的最终命运	(162)
	缺损质量.....	(163)
	确定宇宙是开还是闭的其他方法.....	(169)
	闭宇宙的命运.....	(170)
	反弹.....	(171)

	开宇宙的命运.....	(172)
第九章	粒子与场的世界.....	(175)
	狄拉克方程.....	(178)
	各种无限大.....	(181)
	重整化.....	(183)
	汤川秀树.....	(188)
	规范理论.....	(190)
	弱相互作用.....	(193)
	量子色动力学.....	(196)
	总结与再细分.....	(203)
第十章	宇宙的统一理论.....	(206)
	超引力与超弦.....	(215)
	扭子和H空间.....	(220)
第十一章	尾声.....	(222)
	前景.....	(223)
	新的爱因斯坦.....	(225)
参考文献		(226)

第一章 目 标

仰望黑夜天空，当我们为它的浩瀚与美丽所征服时，便感到一阵阵的兴奋，心旷神怡。我们所见到的每一个光点都是一颗星星的像，是在我们出生前很久很久就离开了该星星的光所成的像。宇宙之浩瀚是超越想像的（其强度和复杂性几乎令人畏惧）。你能看见的从某些物体来的光，在空间已经运行了数百万年。然而这同一束光，在不到 2 秒的时间内就可以走过从地球到月亮的距离。

在这个巨大的空间之内，我们地球只不过是一个小点，是绕着一个称之为太阳的、无足轻重的黄色恒星旋转着的九个行星当中的一个。然而，它却是独一无二的：太阳系中唯一的一个生存着有智力生命的行星。但是，当我们注视着天际中的恒星（其中每一个都是一个可能的太阳）时，就不禁要惊疑：它们上面有生物吗？

太阳是我们称之为银河系的恒星群岛中大约二千亿个闪光的恒星之一。漆黑的天空，银河系看起来就像是一条模糊不清的银带，从地平线出发又回到地平线。要是我们能以某种方法穿过这些恒星，走到银河系之外去，就会看到银河系就像一只中心凸起的有绒毛的盘，它的一些螺旋式长臂把它环抱着。我们的太阳就位于其中一个臂上，离中心大约五分之三的距离处。

我们银河系中大多数恒星像太阳一样的平凡。但为数不多的恒星却不乏壮观，有的缓慢地脉冲着，就像来自恒星内部深处的波产生着向外的冲力，迫使恒星的表面短暂地膨胀，然后平息下来。另一些则脉冲得如此迅速，以致人眼看来它们似乎是连续闪烁的。还有一些（即超星），以眩目的功率爆炸，当它们吐出长长

的气体卷须时，其亮度在几个小时内急剧地增加着。在巨蟹座星云中，我们看见了这样一次爆炸后的残余物，这是一颗在900年以前（从地球上看来）爆炸过的恒星，而且，它仍在膨胀着。

在天际中许多地方可以看到别的旧超星的残余物（称为星云的气云）。经过几百万年以后，引力将会吸引这些如今充斥着重原子（由于爆炸而生成的）的星云，形成一些新的恒星。从现在起再过几百万年，这些新恒星中有些又会爆炸，从而产生另一代新恒星。这就是宇宙的循环：旧恒星爆炸，新的恒星从残骸中形成。两代恒星之间要经过几百万年。对于我们来说，这似乎是一段永恒的时间，但是处于其现存形式的宇宙，并不是永恒的；它不会永远存在下去；它有一个开端，最终会达到其终结。按照现在的种种理论，宇宙是在大约二百亿年前在一次巨大的爆炸中产生的，我们尚不能肯定，它什么时候和怎样终结，但是它会终结。

如前所述，远处物体的像仅告诉我们，这些物体在我们所见到的光离开它们时是什么样子。物体离得越远，像就越古老。这意味着，当我们用望远镜观察太空时，我们实际上在逆时观察，今晚我们所见到的星系是它们几百万年以前的样子。早在本世纪的20年代初，威尔逊山观察站埃德文·哈勃(Edwin Hubble)就开始研究这些星系。不到几年，他便发现了某些令天文学家们混乱和震惊的天象。所有的星系（我们所在的星群中有个别例外）全都远离我们而去。事实上，星系离我们越远，离去得越快；宇宙正在膨胀！

当我们愈来愈深远地观察太空时，终将会发现：许多星系与我们的星系不一样，它们处于一种骚乱状态之中。巨大的力扫掠而过，把这些星系向外抛去，增大着恒星间的距离。我们在地球上可以检测到由这一过程所激起的辐射波涛。从效果上看，这些星系正在爆炸着；我们把它们称为辐射星系。对太空作更深远地探查，就遇到类星体了。尽管经过了二十年的精深研究，至今类

星体仍然是个谜。它们具有极大的能量，宛如一些超级辐射星系，向空间倾注辐射波。然而，所有迹象都表明，它们远远小于一般的星系（或许不比超大恒星更大）。的确，它们是如此之小和如此之远，我们竟能看见它们，简直是件怪事。

我们可能观察的宇宙的边缘恰好在类星体那一边。我们的宇宙竟有一个边缘，似乎令人惊奇，因为这使人们立刻想到这样的问题：在它的另一边是什么？为了弄清楚为什么宇宙有一个边界，试考虑这些物体的退离速度。这速度接近于光速。但是按照相对论（我们以后将对它作考查），没有什么东西能相对于我们以光速（通常以“ C ”表示）运动。那么，恰好在类星体那一边，存在一个点，如果这个点有物体的话，它就应以光速 C 运动。然而，这是不可能的。所以，这样的点标志着我们可见宇宙的边缘。

在过去短短数十年中，天文学家们了解到宇宙中不少东西：他们发现了许多新型天体，如脉冲星、类星体等；他们预言存在黑洞之类的奇特物体，虽对此尚无不可反驳的证明，但他们确信拥有的证据是强有力的。每一次突破和每一种新发现，都增加我们对于宇宙的理解和知识，同时也都带来了新的神秘性和需要解决的新难题，使我们一次又一次地疑惑这是否永无尽头。

迄今为止，我们仅谈到跟宇宙（即宏观宇宙）相关联的大尺度上的种种神秘性。但是，在另一个方向上，离我们等距离的是另一前沿，即微观宇宙或原子和基本粒子的世界，这里有同样多的神秘性。

宇宙由许多不同类型的粒子组成。但是，电子、质子和中子等三种粒子占主要地位。电子有一个负电荷；质子有等量的正电荷，却比电子重得多；中子不带电。

1932年英国理论物理学家狄拉克（Paul Dirac）首先预言了另一类不同的粒子。他在构建一种电子理论时，注意到应该存在一种除了荷正电外，在一切方面都与电子相似的粒子。几年以后，

就发现了正电子（或正子）。后来人们发现：对应于每一种粒子，均存在一种反粒子。当一个粒子与一个反粒子被弄到一块时，就出现一种特别奇异的现象：它们相互湮灭，伴随着释放出巨大能量。

1935年有另一个重要预言。日本物理学家汤川秀树（Hideki Yukawa）假定，存在一种质量介于电子与质子之间的中等重量的粒子（或介子）。一种中等质量的粒子果然发现了。但这种粒子（现在称为 μ 介子）并不具有汤川所预言的那些性质。然而汤川所预言的粒子（现在称为 π 介子）终究是发现了。

随着时间的推移，越来越多的新粒子被人们发现。乍看起来，它们是在细流中来临的。但是，随着加速器变得越来越大时，这种涓涓细流就变成一股洪流，直到最后竟有如此多的“基本粒子”，以致物理学家感到措手不及，难以对付。他们开始怀疑是否有一个永远不会达到的终点。基本粒子最终归结为两类：轻子和强子。轻子轻（电子是这类粒子中最为人知晓的），强子又分为重子和介子两类。最熟知的重子是质子，但中子也属于重子这一类。介子，如前所述，具有中等质量。

但是，仅仅将这些粒子进行分类并不解决问题。当粒子族系增长时，物理学家们立刻意识到必须有一个基本方案。所有这些粒子（特别是庞大的重子家族）不可能是“真正基本的”。它们必定是由其他更基本的粒子构成的。

1964年加州理工学院的盖尔曼（Murray Gell-Mann）和瑞士日内瓦的乔治·兹瓦什（George Zweig）独立地提出了一种摆脱这种困境的方法。按照他们的主意，重子由三基本粒子组成，盖尔曼称它们为夸克（反夸克也存在于此方案之中）。从物理学家的观点来看，此理论是漂亮的：它说明了所有已观察到的粒子，把宇宙间真正的基本重子类型的数目减少到容易处理得多的三种。但是，有一个问题：从来没有人观察到夸克。从来没有人见

过一个孤立夸克在气室中的痕迹；的确，除了这种理论之外，以往再也没有有关它们存在的任何证据了。从那以后，也一直没有人发现过夸克，尽管如此，这个理论仍保留下来了。它被修改过，但仍是我们所具有的最好的基本粒子理论。

简言之，宇宙的基本粒子(迄今为止我们所知道的最小物质)于是可以分为两类：轻子和夸克。我们不能把轻子分裂为任何更基本的东西。当然，我们甚至从来未曾把一个夸克孤立起来。所以，我们显然不可能分裂它。实际上，现在一般认为：孤立夸克是不可能的。

世界就是由这些粒子以某种方式构成的。但是，当然罗，如果对于世界来说，这就是所存在的一切，那么，世界就会是一个美妙而奇特的场所：不计其数的粒子，全在空间无目的地漂移。可是我们知道这些粒子并不是无目的地漂移，而是由力结合在一起的。事实上，有四种基本的自然力，其中两种在原子内特别重要。原子由紧紧包在核内的中子和质子及绕核的电子所组成。（几乎原子的全部质量集中在核内）。在电中性的原子内，电子数目等于质子的数目。质子带正电荷，电子带负电荷。由于异电的吸引作用，电子才围绕着核运动。

如果我们密切盯着核的话，那么，我们就会看到质子是夹持在别的质子之间的。可是，质子是带电荷的，同电是相排斥的。因此，一个质子应该排斥邻近的质子，它们的确相互排斥。这里有另一种力，即强核力，它大约为电磁力的1000倍。但核力在一个重要方面与电磁力不同，那就是，它是短程力。在大于核直径的距离上，核力急剧地衰减。这意味着，如果我们把两个质子带到一起来，它们首先会相互排斥；但是当它们相互非常接近时，突然间出现一个极强的吸引力，把它们拉在一起。然而，核力不在所有粒子之间起作用，仅在重子对之间起作用。

第三种基本自然力在原子内部几乎没有效应；它太微弱了(比

电磁力要弱 10^{36} 倍)。但是，它无疑是人们最熟悉的一种力——引力场。像电磁场一样，引力是长程力。但在一个重要方面它不同于电磁力：它仅吸引，而电磁场则既产生吸引力又产生斥力。当然原子内，在原子核与绕着它旋转的电子之间存在微小的引力。但与其他力相比，它小到可以忽略的地步，这并不意味着引力场不重要。我们知道它是重要的：引力使我们不脱离地球，引力还使地球保持在围绕太阳的轨道上。

最后一种基本核力称为弱核力。它不像引力那样弱，但比电磁力和其他强核力弱得多。像强核力一样，它是极短程的，但与强核力不一样，它不是一种极普通的力，仅在一定的核反应中才出现。

探 寻 意 义

现代科学方法——到实验室中去做实验的思想——是由伽利略引入的。应用这种方法，伽利略得以解释许多世纪以来一直令人感到神秘的许多自然现象。后来牛顿（Isaac Newton）把数学引进科学之中，向我们表明，运动的物体可以用公式描述，这些公式不只是一种方便的速记，而且有一定的魅力。假设我们知道一个粒子或一个物体所受的力，那么，这些公式不仅能告诉我们它在过去怎样行动或运动的，而且能告诉我们它在很远的未来（如果需要的话，对于所有时间）会怎样行动。然而，牛顿的最重要贡献是他引入了理论这个概念。理论的核心是若干基本定律，由这些定律可以做出许许多多的预言。牛顿的运动理论，或现在称之为的牛顿力学，是以几条简单定律为基础的。由这些定律，我们可以就任何类型的运动做出预言。

在牛顿创立他的理论之后不久，涌现出一些别的理论。经过多年的努力，麦克斯威（C. Maxwell）最终把电与磁的概念构

成为电磁理论。在同一时期，关于热的理论也公式化了。所有这些理论，现在统称为经典理论。

经典理论在它的时代是一种出色的理论。它告诉我们关于宇宙的大量事物（我们日常感知世界中的几乎每一件事物），其中包括许多一再证明过的关系。而且，理论中存在一种基本的简明性。在大多数科学家的心目中简明性是很重要的，即一个理论必须建立在为数不多的几条假设（越少、越好）的基础上。此外，理论应当允许人们做出可证明的预言。当然，经典理论就是这样的理论。

但是，所有的理论都是人创造出来的，因而受到它们的发明者的局限性。一个新理论开初可以视为一种重大突破，只是后来才会被摒弃。所有的理论都局限在它们自身的范围之内。如果在某一范围之内重复的实验证明它们的有效性，那么，在这个范围之内我们就可以舒舒服服地使用它。但是，当我们把它们向外推广时，就得小心翼翼了。

经典理论就是如此。普通尺度的物体以日常速率运动，似乎都令人满意地遵从经典运动定律，但当科学家们开始把这理论推进到原子领域，以及宏观世界时，他们就发现这理论不管用了。理论出毛病了。

然而，对于经典理论的信念如此之深，以致花了很长时间人们才承认它的种种局限性。有几种局限性早在十九世纪末就知道了，但大多数科学家仅把它看成是微小的缺陷，认为只要稍加修补就可以容易地克服。在廿世纪阵痛的前夜，至少有一位科学家公开宣布过：宇宙中几乎每一事物（包括所有的基本定律）都已知道了。当时他并没有意识到，物理学中的革命已经迫在眉睫了。

德国科学家普朗克(Max Plank)迈出了这个新革命的第一步。1900年，当普朗克正在与经典理论的一个缺陷进行斗争时，突然间意识到需要一种全新的方法。他决定检验这样一种想法：

辐射（如光）是“一份份”地而不是（如过去一直认为的）连续地发射的。结果他发现这种想法果然凑效。尽管他认为他只不过修正了一个经典方程，但实际上，他的“一份份”或如他所称的量子，是一个具有压倒一切的重要性的新概念。这些量子很快就成为我们理解微观世界的核心了。

然而，几年前曾证明光是一种波，它怎么可能又是粒子（量子）呢？1923年法国王储路易斯·德布洛衣(Louis de Broglie)提出了光和物质都具有波粒二象性，从而解决了这个问题。他认为：只要电子行为既像波又像粒子，那么，就能很好地理解涉及辐射与电子相互作用的许多现象。

当初，波粒二象性的概念被看成是一个疯人的一派胡言。电子怎么可能是波呢？但德布洛衣毕竟出身高贵，对于他那一篇包含这种建议的哲学博士论文，是不能公开嘲笑和蔑视的。可是，如果采纳了他的提议，以后转变成了一个可怖的笑料的话，那就会置考试委员会于一个完全尴尬的困境。所以，考试委员会对于德布洛衣的提议既不敢接受又不能反对。于是，他们请来了一位专家——阿伯特·爱因斯坦。令他们震惊的是，爱因斯坦对这个建议极感兴趣，而且告诉他们，他深信，这个概念是合理的。

说它是合理的，是因为美国的戴维逊(C. Davisson)和盖末(L. Germer)于1927年用实验证明了电子的确展示波动特征。如果把一束电子直射到晶体上，它们便在屏幕上产生明暗条纹图案，这种图案只在电子是波动时才会产生出来。后来又证明了，任何类型的粒子都会产生这类图案，所以，物质的行为的确跟波一样。

大约在1926年薛定谔(E. Schrödinger)和海森伯(W. Heisenberg)独立地把粒子和波的概念融合到一个紧致的数学理论之中，但是，他们导出的理论是令人惊奇地不同。这是一种几率理论，它不给出确定的或准确的预示，只给出种种几率。例如，在每一个周末我们都会得到由这种几率理论所作出的各种预测，如