

黑洞宇宙

〔俄〕伊戈尔·诺维科夫 著

黄天衣 陶金河 译

剑桥
文丛

代表科普读物最高水平
的剑桥科普
是由一流的科学家撰写的。
剑桥科普不是旧的
科学知识的普及，
它始终站在科学的前沿，
普及着还不为众人所知的
最新科学知识。



主 策 源
编 划 吴 余江涛

黑洞宇宙和 桥梁文明

伊戈尔·诺维科夫 著
衣 陶金河 译

江苏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

黑洞和宇宙/[俄]伊戈尔·诺维科夫著;黄天衣,陶金河译.南京:江苏人民出版社,2000.7

(剑桥文丛)

书名原文: The Black Holes And The Universe

ISBN 7-214-02752-6

I. 黑... II. ①诺... ②黄... ③陶... III. ①黑洞-研究②宇宙-研究 IV. P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 25573 号

书 名	黑洞和宇宙
著 者	[俄] 伊戈尔·诺维科夫
译 者	黄天衣 陶金河
特约编辑	江 枫
责任编辑	蒋卫国
责任监制	王列丹
出版发行	江苏人民出版社
地 址	南京中央路 165 号
邮政编码	210009
经 销	江苏省新华书店
印 刷 者	淮阴新华印刷厂
开 本	850×1168 毫米 1/32
印 张	6.75 插页 2
字 数	146 千字
版 次	2000 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号	7-214-02752-6/G·872
定 价	12.00 元

(江苏人民版图书凡印装错误可向承印厂调换)

中文版前言

150年前伟大的俄罗斯诗人米哈依尔·莱蒙托夫(Mikhail Lermontov)写道:“前言是一本书里第一篇也是最后一篇索然无味的文字。它阐明写书的目的,说明这些目标有多么正确,还要对评论界的意见作出答复。”自那以后世界已经改变了很多,写作的方式却仍然没有变化。作者们仍然在写前言,本书的作者也不例外。莱蒙托夫抱怨说读者厌倦了前言,在风驰电掣的现代,一定更是如此。但我还是劝中国的读者不要太匆忙,在进入正文之前耐下心来读一下这篇前言。

中国是包括天文学在内的人类多种文化的摇篮。几千年前在中国进行了第一批真正的天文观测。几个世纪以来,人们观测了一些天体永恒而缓慢的绕行运动,包括这些天体系统中的周期运动,宏大的天穹似乎没有可以察觉的变化。以后的发现迫使天文学家改变他们的看法。事实表明所有的天体都有自己的历史。它们诞生、生存、死亡。整个宇宙同样如此。

没有什么比宇宙的诞生及其演化和超巨天体的死亡更为壮观。弄清为什么会这样演化同样令人心醉神迷。爱因斯坦写道:“宇宙中最无法理解的事是宇宙是可以认识的。”中国也是对恒星死亡时蔚为壮观的爆炸进行首批观测的国家之一。

像自然界的每件事物一样,人类的理性向极限挑战。毫无疑问,世界上许多人希望了解所有秘密中最为深邃的一个——宇宙的秘密和恒星死亡的秘密。

本书的目的在于满足这种需求。

中国的读者现在可以阅读这本书,这使我非常愉快。在我的科学生涯中我和中国的同行们会晤并讨论天文学,我对根基深远的中国天文学怀有深深的敬意。我为本书的中文版作了更正和增补以使本书赶上时代。如果阅读本书会使读者产生对现代天文学伟大成就的兴趣并给读者带来愉悦,我将深感欣慰。

伊戈尔·诺维科夫于哥本哈根

英文版前言

超强引力场是本书的主角。这种引力扭曲了空间和时间,在天体灾难性地塌缩时生成黑洞。这种超强的引力统治着宇宙,控制着大量物质的运动。

这本书讲述了超强引力造成的常被认为是奇迹的自然现象,它也解释了如何去研究和了解这些奇迹。

由剑桥大学出版社出版本书的英文版,我感到莫大的荣幸。剑桥是引力科学的摇篮。伟大的牛顿(Newton)曾在此工作,他的名字被赋予物体运动的定律。就是在剑桥,英国地质学家约翰·米歇尔(John Michell)给著名的物理学家亨利·卡文迪施(Henry Cavendish)寄了一封信,在信里他预言了存在今天被称为黑洞的最为奇特的天体。就是在剑桥,本世纪中叶发现了脉冲星。(脉冲星是恒星,质量与太阳相近,因超强的引力而被压缩到直径几十公里大小。)今天,和过去一样,剑桥仍是杰出科学家的领地。斯蒂芬·霍金(Stephen Hawking)、马丁·里斯(Martin Rees)和其他一些科学家在此工作,他们研究黑洞蒸发的秘密,探讨宇宙大尺度结构造成的神奇形态的起源之谜。作为一个苏联的物理学家和天体物理学家,和英国特别是剑桥的同行们的交流,永远是非常有收获的。我每次访问剑桥,总是获得了灵感和激情。

我深深地感谢剑桥大学出版社,由衷地感谢我在莫斯科的同事维塔利·基辛(Vitaly Kisin),他把本书译成英文,使英国的读者能读到这本科学通俗著作。

伊戈尔·诺维科夫于莫斯科

剑桥文丛 第二辑



人人应知的科学

人人应知的技术

微生物的秘密世界

行星上的生命

天外智慧

黑洞和宇宙

危险的地球

生命之线——基因与遗传工程

量子物理学：幻象还是真实

目 录

中文版前言
英文版前言
引言

第一部 黑 洞

- 1. 什么是黑洞
看不见的星(6) 引力半径(11) 预言(20)
- 2. 黑洞周围
时间洞(25) 黑洞的天体力学(28) 黑洞和光(35) 黑洞无毛
(36) 黑洞周围的引力旋涡(40)
- 3. 作为能源的引力深渊
无底的黑洞(45) 引力炸弹(48) 濒临引力深渊(50) 没什么比
黑洞更简单,没什么比它更复杂(57)
- 4. 搜寻黑洞
它们必定存在(59) 如何寻找黑洞(63) 已经证认了一个黑洞
吗(70) 巨型黑洞(75) 太初黑洞(78)
- 5. 黑洞和量子
真空有多空?(80) 霍金的发现(84) 黑洞爆炸(85)

第二部 宇 宙

1. 爆炸以后的宇宙

我们生活的世界(92) 量尺和其他的天文测量工具(97) 宇宙必须演化(102) 宇宙膨胀的发现(106) 宇宙真的在膨胀吗(115)

2. 宇宙的力学

过去的宇宙(119) 真空中的引力(120) 膨胀宇宙的未来(127) 暗物质问题(129) 弯曲的空间(132) 视界(137)

3. 热宇宙

膨胀开始阶段的物理(139) 开始时是冷的还是热的(141) 微波背景辐射是怎样被发现的(144) 为什么不更早一些发现微波背景辐射(148) 通向遥远过去的航行(155) 前5分钟(161) 宇宙中有多少氦(164) 30万年的光子等离子体时代以及现代(165)

4. 中微子宇宙还是“ $\times$ 微子”宇宙

中微子(169) 宇宙的性质(172) 没有解决的问题(173) 宇宙内的中微子(174) 中微子实验(176) 中微子宇宙(177) 星系的起源(178) 现实和科学幻想(182)

5. 认识的前沿

宇宙为什么是这样(185) 乘着时间的翅膀(194)

结论

引 言

这本书讲述天体物理学中的最新发现：关于黑洞和宇宙膨胀开始阶段的故事；它也陈述宇宙的未来可能是什么样子。

毫无疑问，每一个读者都听说过或读过黑洞的故事。电视和电台的节目、杂志和各类书籍都频频提到黑洞，不仅是科学教科书和幻想小说，甚至还有儿童读物。黑洞为什么会如此著名呢？

因为黑洞是有非常奇特性质的天体。

在人类大脑所有的概念中，包括氢弹、独角兽、教堂屋檐上承漏雨水的怪兽，最为奇特的可能就是黑洞。它有确定的边界，任何东西都会掉进去却没有东西能逃出来。它有极强的引力场，以至于光线也在它的掌握之中。它扭曲了空间和时间。像那些奇形怪兽一样，黑洞似乎更适合安居在科学幻想或古老神话之中，而不是现实的宇宙。然而，现代物理定律确实预言

黑洞的存在。银河系里就可能有几百万个黑洞。

美国物理学家克普·森恩(Kip Thorne)描述了黑洞以上的性质。

还应当说明黑洞内部空间和时间的性质以一种十分奇妙的方式发生了畸变。时间和空间相互缠绕着进入一个通道,深处有一个边界,边界以内的时间和空间完全量子化了。黑洞隐藏在深处,一旦进入了它的边缘,那就是引力的深渊和无法逃脱的世界,那里发生着奇异的物理过程并呈现着新的自然定律。

黑洞是宇宙中最巨大的能源。我们观测到的遥远的类星体和爆炸中的星系核看来就是黑洞在展现自己。黑洞在大质量恒星的死亡中诞生。不能排除有朝一日人类会利用黑洞作为能源。

自从观测到了宇宙的膨胀,研究“大爆炸”的天体物理学家们作出了蔚为壮观的发现。膨胀从什么时候开始?根据是什么?膨胀开始之后立即发生些什么样的事件?为什么会形成星系?宇宙是无限的吗?宇宙未来的命运是什么?这些是本书要探讨的问题。

很自然会提出一个问题:为什么我们在一本书中把黑洞和宇宙放在一起叙述?他们有什么共同点?我们的回答可以是十分简洁的一句话。从物理的角度来看,共同点是他们都有超强的引力场。现在黑洞和宇宙都处于相对论天体物理的研究框架内。相对论天体物理是天体物理学的一个分支,

而光速是自然界允许的最大速度。其他物体的引力场都到不了这么强的程度。黑洞和宇宙还有另一个共同的特征：神秘、令人困惑和不寻常。它们的性质不仅与我们周围日常事物的性质十分不同，而且也与许多不常见而特殊的物体和天体的性质迥异。

一个谜越是神秘，一个问题越是深邃，专家和爱好者的兴趣就越是强烈。阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)，这位广义相对论的创造者写道：“一个人最完美和最强烈的情感来自面对不解之谜。”在宇宙中，就神秘性而言，黑洞是不会有对手的了。

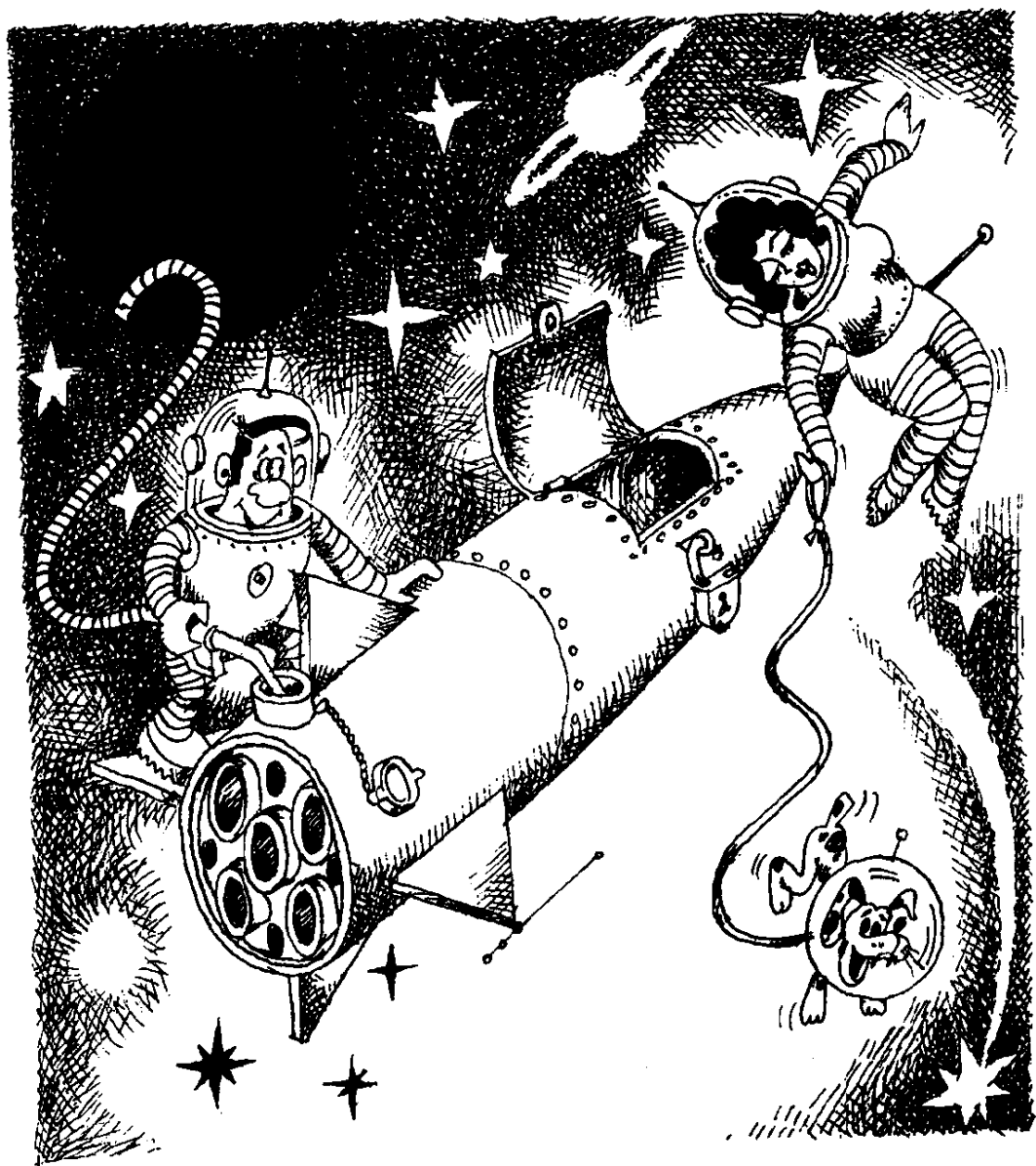
最后，我们还要指出另一个因素，一个重要的因素，它造就了一个联合起来的故事。众所周知，宇宙在膨胀着。在十分遥远的过去，宇宙中的物质密度非常地高，粒子的能量及其相互作用力是不可思议地大。在那种条件下，自然的规律很不平常，空间和时间的性质也有巨大的变化。这种状态是奇异的，称之为“奇点”。在另一方面，黑洞内部不可避免地要生成一个奇点。因此，黑洞有时被看做是一个实验室，在微小的尺度上模拟宇宙的过去。所以通常是同一批科学家既研究黑洞也研究宇宙的演化(本书的作者是其中之一)，这就毫不奇怪了。

13世纪末，人们有一句格言：“能用一种解释时，不要用两种。”然而，我们用了几种理由来说明这本书应当把这些看来不相同的问题放到一起来加以阐述。

这本书是写给那些热爱科学之谜的人的。它描述黑洞和宇宙的许多特性，讲述问题如何得到了解决而新的问题又如何产生。我没有试图对所有的细节做出详细的描述，那样做

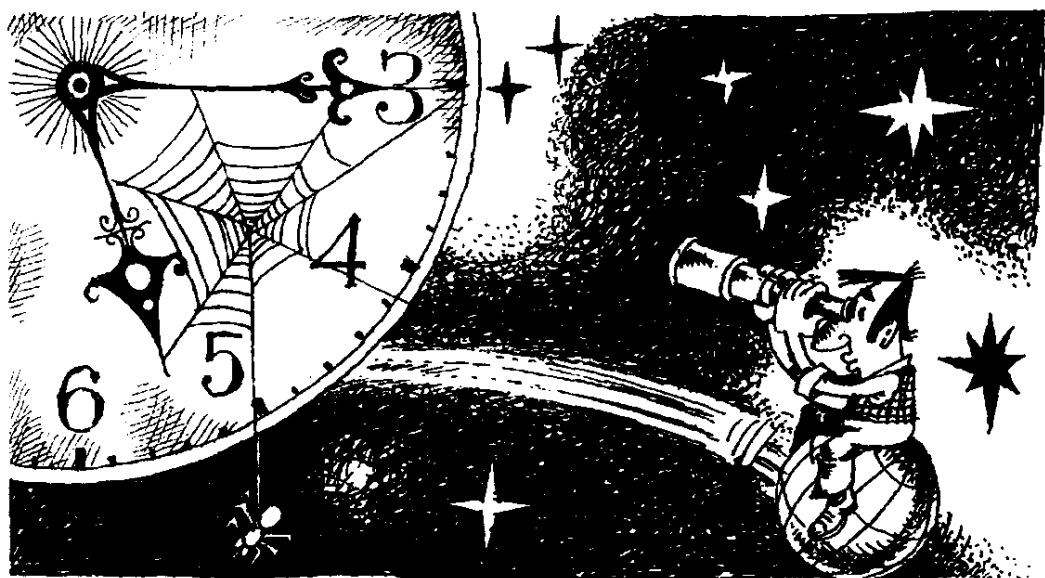
既没有意义,对这种类型的书而言也不现实。基于同样的理由,我只是偶尔才提到日期和人名,主要来自我个人的印象和回忆。我宁愿用不很连贯的笔触,描绘出一幅天体物理学家们解决(或仅仅是处理)这一宏伟课题的图像。

第一部 黑 洞



黑

洞



1. 什么是黑洞

看不见的星

黑洞是由引力产生的。因此,合乎逻辑地说,发现黑洞始于依撒克·牛顿(Isaac Newton)时代,正是牛顿发现了万有引力定律,这个定律表述作用于所有物体上的力。所有其他类型的物理相互作用都与物质的具体性质有关。例如,电场只作用于带电物体上,中性体完全不受影响。引力是自然界惟一的统驭万物的相互作用,它(在初始条件相同的情况下以精确相同的方式)作用于一切物体之上:小质量的和大质量的粒子,甚至光。牛顿假定光也受到大质量物体的吸引。正是这种光也受到引力作用的思想开始了黑洞及其令人惊讶性质的历史。

著名的法国数学家和天文学家、科学史上的杰出人物皮埃尔·拉普拉斯(Pierre Laplace)是最早预言黑洞的科学家之一。他是庞大的五卷本《天体力学》的作者。这部著作完成并出版于1798年至1825年间,它严格地建立在万有引力定律的基础之上,提出了太阳系天体的经典运动理论。在此之前,一些人观测到行星运动中的奇怪现象,月球和太阳系中的其他天体难以为人们所完全理解,甚至似乎与牛顿定律相冲突。拉普拉斯通过精确的数学分析证明,所有这些细微之处是由于天体之间的相互吸引和行星对其他行星运动的引力效应所引起的。拉普拉斯在《天体力学》前言中指出,天文学包含着力学中极其重要的问题。此外,他是第一个提出“天体力学”这个术语的人,这个术语在今天的科学语言中已经根深蒂固了。

拉普拉斯也是最早一位认识到有必要用演化的方法去解释天体系统性质的人。他在康德(Kant)之后提出了太阳系由原始的稀薄物质形成的假设。

拉普拉斯关于太阳和行星由气体星云形成的假设仍然构成当前已发展起来的太阳系起源理论的基础。

在文献和教科书中大量地描述了许多这方面的成就以及拉普拉斯对拿破仑关于《天体力学》中没有上帝这个问题的自豪的回答:“我不需要这个假设。”

拉普拉斯曾预言看不见星体的存在,这一点现在仍鲜为人知。

这个预言是在他于1795年出版的专著《世界体系阐释》中提出的。在这本今天看来是“通俗读物”的书中,这位著名数学家没有使用公式和图画。拉普拉斯确信引力以作用于其