

虫洞理论:《星际穿越》真正的科学养分

在克里斯托弗·诺兰导演《星际穿越》这部电影,并开始重写剧本之前,天体物理学家基普·S·索恩(Kip S. Thorne)早已在与诺兰的弟弟乔纳森商讨,如何将其黑洞理论搬上荧幕。为确保对“黑洞”描述的准确性和美观性,从未真正了解代数学的诺兰也不得不认真琢磨索恩的毕生研究。

索恩的《黑洞与时间弯曲》(《Black Holes and Time Warps》)作为电影《星际穿越》的理论来源,在描述黑洞与时间的关系上,给出了有力支撑。但索恩也论证过,进入黑洞的所有物体都会被强大的潮汐引力撕得粉碎,作为时空旅行手段这是不可跨越的障碍,因此,建议将背景小说和改编剧本中的“黑洞”改为“虫洞”。

虫洞理论:或许并非“无稽之谈”

从爱因斯坦广义相对论中推导出时空旅行的可能性,似乎已被大多数人认识——很大程度上这得归功于卡尔·萨根科幻作品的传播效应,但事实上对其具体细节的认识则相当模糊和含混。

1976年,英国培根基金会还曾悬赏300英镑来专门征求一个相关问题的解:“按照目前的理论,转动黑洞是通往其他时空区域的真实入口,那么一个飞行器怎样才能通过一个转动黑洞进入另一个时空区域,而不被奇点的引力摧毁?”

当然,这个问题从未获得过圆满解决。萨根不是相对论专家,他对自己设置的利用黑洞作为时空旅行手段的技术细节并不是太有把握,为了寻找科学上能站得住脚的依据,他向著名物理学家基普·S·索恩求助。

尽管之前已有哥德尔等一些科学家从爱因斯坦场方程中得到允许时空旅行的解,但更多的物理学家则把时空旅行和科幻小说中的流行情节一样对待——差不多归入UFO一类,你可以兴致盎然地去阅读,但如果把它纳入物理学范畴来进行探讨,那无异于进行学术冒险——更为保守的物理学家则根本就把它看作无稽之谈。

所以,当索恩欣然应允萨根的要求时,还真需要点特立独行的勇气才行。索恩和他的学生经过论证得出结论,进入黑洞的所有物体都会被强大的潮汐引力撕得粉碎,作为时空旅行手段这是不可跨越的障碍,并建议萨根在小说中,把黑洞改称“虫洞”。

“虫洞”的性质很早就被发现了:1916年,爱因斯坦广义相对论发表后的几个月,史瓦西在爱因斯坦引力场方程里发现了一个解——著名的史瓦西解,同年,弗拉姆对其数学推导过程进行重新诠释以后,揭示出它的虫洞本质——它实际上是描述了空的球形虫洞。1935年,爱因斯坦和其学术助手罗森森在一篇论文中,把连接宇宙中两个遥远区域之间的假想通道称为“桥”——后来这被称为爱因斯坦-罗森桥,其实也就是“虫洞”。

萨根的小说中,地球距离织女星是26光年,但若通过一条虫洞连接它们的话,也许就1公里。但是,以虫洞作为时间机器,也还面临一个棘手问题:按照爱因斯坦场方程的预言,虫洞在某个时刻产生,短暂地打开,然后关闭、消失——从产生到消失,时间极短,没有事物能在这么短的时间内从一个洞口穿过它到达另一个洞口。

除了因为无法从自然界推导出虫洞的生成方式外,黑洞也已被证明是恒星的坍塌结果,这也是物理学界长期对虫洞报以怀疑态度的另一个主要原因。索恩最终设想以具有“负能量密度”的奇异物作为保持虫洞持续开放的物质条件,并把实现条件设置在高级智慧生物无限先进的文明背景下。换言之,索恩在这个问题上考虑的主要是数理上的自治性,而非现实可能性。

索恩把这一系列和时空旅行相关的研究成果,以论文形式主要发表在顶级的物理学杂志《物理学评论》上,这样的杂志每年都会收到大量宣称制造出时间机器的文章,但从来没有一篇被接受发表过,因为它们没有建立在爱因斯坦场方程上的严密推导过程,而索恩的这些论文则很好的满足这一条件。

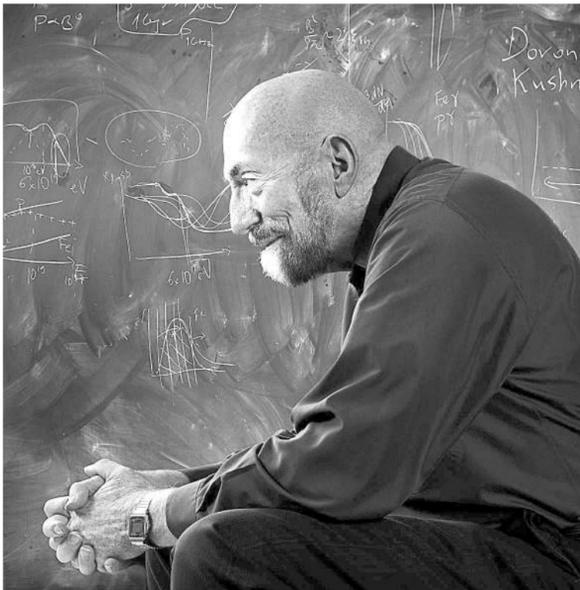
所以,即便是像《虫洞、时间机器和弱能量条件》这样的论文,尽管文章摘要让人感觉科幻味儿十足:“本文讨论的是,如果物理法则允许一个高级文明智慧生物在空间中制造和维持一个虫洞,那么这个虫洞将被改造成违背因果律的时间机器用于星际旅行”。题目中也直接就有“时间机器”的字样,但最后还是被接受发表——在此之前,为了避免引人注目并被冠以“科幻物理学”的头衔,科学家们在参与时空旅行的相关讨论时,通常都把“时间机器”说成“类时闭合曲线”。

对那些有兴趣研究时空旅行的物理学家而言,索恩对时空旅行研究取得的进展无疑令人鼓舞,一些人在之后开始参与其中,他们中有俄籍物理学家诺维柯夫、普林斯顿大学的理查德·高特以及史蒂芬·霍金。不过,值得一提的是,很多物理学家还是一如既往拒绝讨论和时空旅行相关的任何问题。

但无论如何,萨根不曾预料到,他当初的这一提问会在科学领域内打开这样的局面,引发物理学界对时空旅行的关注,其中,维持虫洞持续开放的奇异物质的相关研究甚至成为该领域内的一个重要课题。

科学家认为,相对于产生能量的“正物质”,“反物质”也拥有“负质量”,可以吸去周围所有能量。像“虫洞”一样,“负质量”也被认为只存在于理论之中。不过,目前世界上的许多实验室已经成功地证明了“负质量”能存在于现实世界,并且通过航天器在太空中捕捉到了微量的“负质量”。

据美国华盛顿大学物理系研究人员的计算,“负质量”可以用来控制“虫洞”。他们指出,“负质量”能扩大原本细小的“虫洞”,使它们足以让太空飞船穿过。他们的研究成果引起了各国航天部门的极大兴趣,许多国家已考虑拨款资助“虫洞”研究,希望“虫



链接 基普·S·索恩(Kip Stephen Thorne, 1940年6月1日出生)是美国理论物理学家,他的主要贡献在于引力物理和天体物理学领域。很多活跃于相关领域的新一代科学家都曾经受过他的培养和训练。索恩和英国物理学家斯蒂芬·霍金,以及美国天文学家、科普作家、科幻小说作家卡尔·萨根保持了长期的友好和同事关系。他目前担任加州理工学院费曼理论物理学教授,是当今世界上研究广义相对论下的天体物理学领域的领导者之一。

洞”能实际用在太空航行上。

宇航学家认为,“虫洞”的研究虽然刚刚起步,但它潜在的回报不容忽视。科学家认为,如果研究成功,人类可能需要重新估计自己在宇宙中的角色和位置。现在,人类被“困”在地球上,要航行到最近的一个星系,动辄需要数百年时间,是目前人类不可能办到的。但是,未来的太空航行如果使用“虫洞”,那一瞬间就能到达宇宙中遥远的地方。

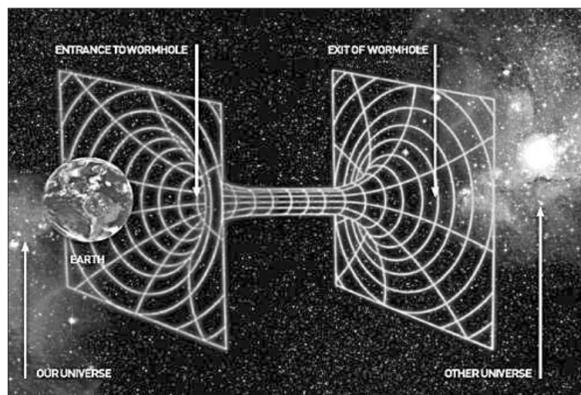
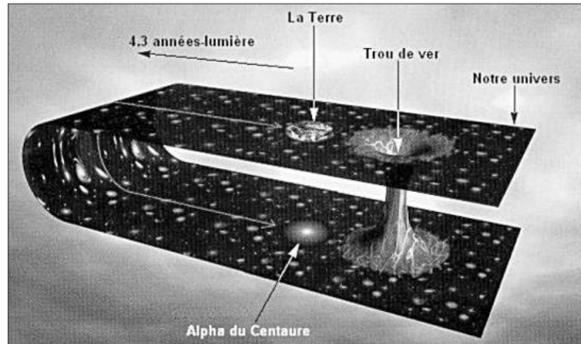
穿越虫洞:开启“时空旅行”之门

据科学家观测,宇宙中充斥着数以百万计的“虫洞”,但很少有直径超过10万公里的,而这个宽度正是太空飞船安全航行的最低要求。“负质量”的发现为利用“虫洞”创造了新的契机,可以使用它去扩大和稳定细小的“虫洞”。科学家指出,如果把“负质量”传送到“虫洞”中,把“虫洞”打开,并强化它的结构,使其稳定,就可以使太空飞船通过。

虫洞,这个科幻园地中的主题,今天已从纸面跃出,成为天文学家搜索的目标。虫洞为何那么吸引人?因为它为星际旅行提供了一条捷径。例如从地球飞往最近的邻居——半人马座——比邻星,将要飞奔4光年的旅程,而通过虫洞,却只需几小时就够了。

其实,远在广义相对论发表后不久,科学家就在理论上发现了虫洞的存在,但此后,对它的研究进展很慢,它的不少性质仍然十分模糊。例如,它仅能让光线通过?抑或也可使飞船穿行?

直到1988年,美国加州理工学院的索恩等人,对虫洞作了较为深入的研究,才肯定虫洞的两端皆可出入,并非像黑洞那样是“单行道”。此外,旅行者在洞内仅受到一般的加速度。不像在黑洞中,若你的脚指向黑洞中心,那么,巨大的引力场会在头足之间构成极大的拉力差,足可把身首断开。



性。

按现代宇宙学理论,在宇宙创生后立即驱使宇宙急速膨胀的力,正是“奇异”真空的具有极大负压的排斥性引力。宇宙暴胀可能提供一种保持虫洞开放的手段。一些物理学家认为,暴胀可能造成“宇宙绳”环(宇宙理论中的一种物质),当量子虫洞和宇宙绳环同时暴胀时,有可能产生宏观的开通的虫洞。此外,他们还相信,先进文明所创造的人工虫洞,可能用奇异物质的“支柱”来保持虫洞的畅通。故索恩的虫洞,可谓之奇异物质虫洞。

科学家麦可思还提出了磁虫洞理论。他说,极强烈的磁场将能弯曲时空而形成虫洞。根据相对论,任何含有能量的东西(包括磁场),皆能弯曲空间。远在20年代,一位意大利理论家莱特,就在爱氏方程中找到了磁引力。莱特的理论说,在一个由螺线管产生的磁场中,螺线管内形成了一个引力磁,但要获得这种人工引力场,磁场需十分巨大。

据麦可思说,莱特的磁引力跟索恩的虫洞极相似。麦可思说:“其理论的实际意义,就是一个磁虫洞。”他说,若在实验室内用2.5T(特斯拉)的磁场,即可构造出一个磁虫洞,洞的半径极大,约为150光年,若欲将此虫洞的半径压缩到实验室的尺度,则所施加的磁场需大到10亿T,这显然超出目前人类的科技能力(最大人工磁场约10T)。但麦可思说,在太空中必定能找到这种磁虫洞,因为中子星表面的磁场达10亿T,在那里,磁虫洞将自发地产生。

磁虫洞有一个优点,按麦可思的说法,它比较容易测量验证。由于磁引力也将影响光线,“在引力场中,光速将减慢。若光线通过螺线管时,其速度低于真空中的光速”,即可证明磁虫洞的存在。不论奇异物质虫洞或磁虫洞,只要存在于天空之中,就能从地球上测得它们的特征性信号。若一个虫洞嘴处在地球

和某一恒星之间,那么虫洞的引力将引起这一恒星的光产生异常的波动,将使我们看到一个两边特别明亮中间较暗的光学像。为何如此奇怪?这要谈到负(质量)物质和引力透镜。

据俄科学家诺米可夫的理论,当物体进入虫洞,“入口”处明显地增大质量,而同时在“出口”处,则立即失去对应的这份质量。即使此物体已穿出虫洞,也仍会留下这些痕迹:虫洞的一边将保持其已获得的质量,而另一边最终则呈现负质量。负(质量)物质具有明显的特性,它只有排斥性引力,因而能将其周围的任何物质都向四周扫出,且对光线的运动造成极大的扭曲。

通常的物质(即正质量物质),若正好通过地球与某一恒星之间,其引力将弯曲和放大这一恒星向地球射来的星光,很像一个聚光镜的行为。天文学上称之为“引力透镜”效应。具体地说,我们这时将看到这一恒星光比平时亮得多。

若这个经过地球恒星间的天体是由负物质构成的,那又将如何?它也将弯曲星光,但由于其具有排斥性引力,故弯曲星光的情况迥然不同。星光经过它身旁时,会出现所谓散焦现象,即星光从透镜(负物质天体)的轴线处被推出,而在两边上聚焦。

这意味着,当负物质天体运动在地球与某一恒星之间时,我们将看到,这个恒星不是像平时那样的一个光点,而是在亮度上出现两个突然增亮的跳跃。这种“双峰”亮度特征信号是十分明显的,故为探测出虫洞提供了一个方便之门。

霍金:通向第四维的“虫洞”无处不在

针对这一问题,霍金如是说:

在科学界,时间旅行一度被认为是歪理学说。过去因为担心有人会把怪物的标签贴在自己身上,我对这个问题常常避而不谈。但现在,我不会再那么谨小慎微了。事实上,我更像是建造了巨石阵的那些人。我对时间痴迷已久,如果有一台时间机器,我会去拜访风华正茂的玛丽莲·梦露,或是造访将望远镜转向宇宙的伽利略。或许,我还会走到宇宙的尽头,破解整个宇宙湮灭之谜。

为了让这一切从虚幻变成现实,我们应以物理学家的角度来重新审视时间——即第四维。这个问题没有听上去那么晦涩难懂。每个好学的孩子都知道,任何物体都以三维形式存在,包括坐在轮椅上的我。一切物体都有宽度、高度和长度。此外,还有一种长度——时间的长度。例如,虽然一个人可能活了80岁,但巨石阵的石头却数千年来屹立不倒。太阳系的运行将持续数十亿年。

一切物体都有时间以及空间的长度。时间旅行意味着我们要经过第四维。要想搞明白这一点,我们可以想象正在从事一种日常活动,比如开车。开车沿直线行驶,是在一维中旅行。向左转或是向右转,则是二维旅行。驱车上下山路意味着又增加了高度,所以是在三维空间内。那么我们怎样才能实现时间旅行?怎样才能发现穿越第四维的通道呢?

让我们暂时从科幻电影中寻找答案吧。在此类电影中,通常会有一台巨大而高能耗的时间机器,这台机器产生通往第四维的通道——“时光隧道”。时光旅行者——勇敢但可能有些鲁莽的人,做好我们大家所知道的准备,然后走进时光隧道,来到一个他们想要到达的时间里。这一概念可能有些牵强,事实可能与之存在着天壤之别,但该想法本身不是那么的疯狂。

物理学家们也在思考时光隧道,但我们的角度不同。我们想搞清楚过去或未来的通道是否存在于自然规律中?事实证明,我们认为确实是这样的。而且,我们还给他们起了一个名字:虫洞。其实,虫洞无处不在,只是因为太小,我们肉眼看不到罢了。虫洞非常小,存在于时空的隐蔽处和缝隙里。你或许认为这是一个难以理解的概念,请耐心等待我继续解释吧。

任何物质都不是平整无暇和实心的,如果仔细观察,会发现它们上面都有小孔和裂缝,这是一个基本的物理原理,同样适用于时间。即便是像台球一样的东西,上面也有裂缝、褶皱或空洞。现在容易说明这种情况也存在于第一个三维中。相信我,这一原理同样适用于第四维。时间也在许多微小的裂缝、褶皱和空洞。在最小的刻度下——比分子甚至原子都小,我们来到一个称为量子泡沫(quantum foam)的地方,这是虫洞存在之处。

时空中的微小隧道或捷径不停地在这个量子世界中形成、消失和重新形成。它们可以连接两个隔离的空间以及两个不同的时间。不幸的是,现实生活中这种时光隧道非常狭小,即使发现了它们,我们也不能从这个缝隙穿过——可这正是“虫洞时间机器”概念的前进方向。部分科学家认为,或许有一天捕捉到一个虫洞,将它放大数百万亿倍,令其足够的大,能让人甚至飞船进入。

如果我们拥有足够的能量和先进的技术,将来或许能在太空中建造一个巨型虫洞。我并不是说一定可以做到,但如果真的有这种装置,那么确实很了不起。一端在地球的附近,另一端则在遥远的星球附近。从理论上讲,虫洞或时光隧道不仅仅能把我们带到别的星球。如果两端在同一个地方,且由时间而非距离分离,在遥远的过去,飞船就能在地球附近自由出入。或许恐龙会看到飞船登陆的场景。

(北京大学物理学院学生通讯社摘编,来自“北大物理人”微信平台,微信号:pkuphyers)

参考文献《黑洞与时间弯曲》(基普·S·索恩著,李冰译),《科学的畸变》(江晓原 刘兵著),《赛先生》微信公众平台对本文亦有贡献。