

2017年诺贝尔物理学奖解读

张双南

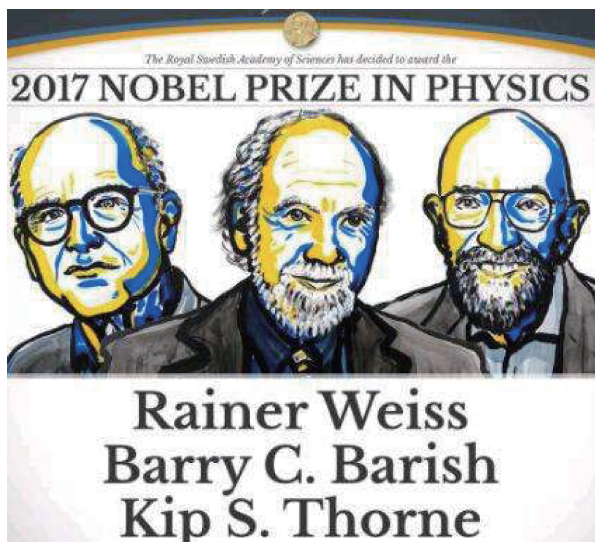
(中国科学院高能物理研究所 100049)

1

引言: 2017年的诺贝尔物理学奖——发现引力波

2017年10月3日,我提前结束了远在河南家乡的“十一”长假,匆匆看望了父母和众多亲友,难分难舍地告别了几十位参加初中毕业40周年聚会的同学们,坐高铁到了北京西站,我把自己几乎变成液体挤进了地铁,准时赶到了“果壳”的2017年诺贝尔奖点评直播间,和主持人吴欧女士、另外两位大牛嘉宾一起点评2017年的诺贝尔物理学奖。在等待开奖之前的尬聊中,主持人要我预测今年的物理学奖,我毫不犹豫地说,当然是发现引力波,否则就没有天理了!我们接着聊了大约50分钟,为什么发现引力波会获得诺奖,以及在这一个世纪当中关于引力波探测的一些传奇、艰辛、乌龙和悲情(此处省略一万字)。终于到了宣布的时刻,诺奖委员会宣布的结果毫无悬念的和我以及物理学界大部分学者的预言完全一样:2017年的诺贝尔物理学奖授予了三位美国物理学家,表彰他们对于研制激光干涉引力波天文台以及利用该天文台发现了引力波做出了决定性的贡献。

那么,这个科学发现到底是什么?它是一个怎样的传奇?这和现代物理学的发展有什么关系?爱因斯坦和这个发现是什么关系?爱因斯坦做对了什么、又做错了什么?引力波探测历史上曾经有过什么样的乌龙、又有哪些艰辛和悲情?引力波有什么用?有办法防引力波辐射吗?引力波探测与



研究的未来是什么?中国在引力波探测领域的现状和未来计划是什么?我将在这篇文章里面回答上面这些问题。

2

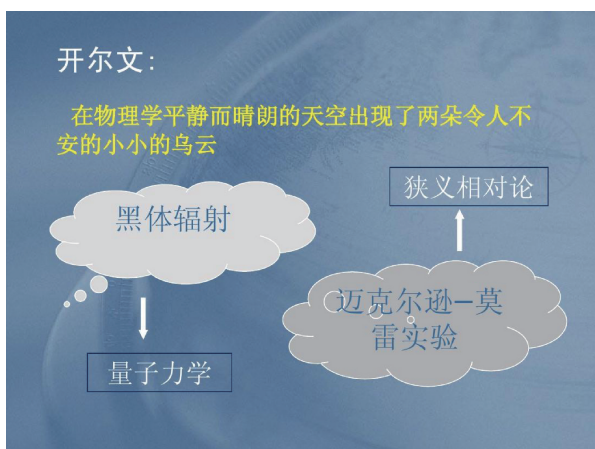
百年现代物理学用这个传奇做了一个了断

现代物理学建立的标志

现代物理学建立的标志当然是一百多年前建立了相对论和量子力学。从牛顿开始到19世纪末,经典物理学已经形成了完整的理论体系,经典物理学的大厦已经非常宏伟,驱动着工业革命的蓬勃发展。但是,有两朵似乎微不足道但是又驱之不散的

乌云,时不时飘在经典物理学的大厦上空,这就是以太问题和黑体辐射的紫外灾难问题。

以太问题和电磁波辐射的传播有关,当时认为任何波的传播都需要介质,光传播的介质就是“以太”,但是以太的存在和迈克尔逊-莫雷实验结果矛盾。黑体辐射的紫外灾难问题指的是,当时普遍接受的瑞利-金斯公式给出,在短波区(紫外光区)随着波长的变短,辐射强度可以无止境地增加,这和实验数据完全不符,被称为“紫外灾难”。



20世纪初,爱因斯坦的狭义相对论圆满地解决了以太问题,而普朗克的黑体辐射的量子理论又圆满地解决了黑体辐射的紫外灾难问题,于是开启了现代物理发展的一个新时代。从狭义相对论到广义相对论,从早期的量子力学到成熟的量子电动力学、量子场论、粒子物理标准模型,从太阳系到星系到整个宇宙的形成和演化,现代物理的理论体系已经完整地建立起来了,能够很好地描述和预测小到夸克的微观尺度,大到整个宇宙的宏观尺度的各种现象和行为。当然,我们的看似完整和完美的现代物理学,唯独无法解释暗物质和暗能量,这被称为21世纪现代物理学大厦上空的两个新乌云。

诺奖委员会对量子力学情有独钟

相对论理论的建立尽管也有多位物理学家的贡献,但是爱因斯坦的贡献不但傲立群雄,而且即使说是爱因斯坦以一己之力建立的,也不会有太大

的问题,尤其是广义相对论的建立更是人类理性思维和科学发展的一个高峰!

而量子力学的建立则完全是一批物理学家的集体贡献,爱因斯坦也对量子力学的建立做出了重要的贡献,比如他于1922年被授予的1921年的诺贝尔物理学奖的颁奖词为:“对理论物理的服务,特别是发现了光电效应的规律”。“光电效应”是光的量子性的直接证据,而且是对原子的量子力学模型

事实上,随着量子力学以及基于量子力学的粒子物理标准模型的发展,相关研究在诺贝尔物理学奖历史上获奖那是层出不穷,从1918年普朗克获奖开始至今的大约100年已经有了大约30个,而且其中还有几年没有授奖。诺贝尔奖评选委员会对量子力学的情有独钟可见一斑!从另外一个方面说,这些诺贝尔物理学奖标志着量子力学走向了成熟,虽然今后还会发展,但是其正确性已经毋庸置疑。

爱因斯坦的奇葩诺奖

本段是根据复旦大学施郁教授2017年10月3号发表在《知识分子》微信公众号的文章整理的,原文题目是“爱因斯坦的奇葩诺奖:晚得一年,不是最重要工作,还没参加颁奖典礼,这是为什么?”,感兴趣进一步细节的朋友请阅读原文。

1922年11月13日,爱因斯坦在去日本访问途中在上海暂停。欢迎的人群中有瑞典驻上海总领事,他通知爱因斯坦获得了1921年的诺贝尔物理学奖,也就是去年空缺的奖。爱因斯坦并不惊讶,因为他在船上从收音机里已听到新闻。瑞典科学院

随后致爱因斯坦的信中说：“瑞典皇家科学院决定授予您去年的诺贝尔物理学奖，这是考虑到您对理论物理，特别是光电效应定律的工作，但是没有考虑您的相对论与引力理论在未来得到证实之后的价值。”同样的说法当然也出现在颁奖词中。

从1910年开始，爱因斯坦开始被提名诺贝尔奖。除了1911年和1915年，爱因斯坦每年都被提名诺贝尔奖，1922年，提名爱因斯坦的人数达到空前的数目，可以想象，诺贝尔奖委员会遇到了要求给爱因斯坦授奖的很大压力。1922年9月6日，经过投票，诺贝尔奖委员会终于决定，因爱因斯坦发现的光电效应将1921年空缺的奖授予爱因斯坦。正如给爱因斯坦的信中提到，颁奖词特别说明，这个奖没有考虑相对论在未来被证实后的价值。

相对论在诺奖历史上的尴尬

我认为，爱因斯坦发现的光电效应虽然也很重要，和多数诺贝尔物理学奖的成果相比毫不逊色，但是很显然在爱因斯坦的众多伟大贡献中是较小的一个，尤其是和相对论相比简直可以忽略不计。但是爱因斯坦因光电效应获奖，他本人在未来获第二次诺贝尔物理学奖的可能性就会变得微乎其微。相对论在诺贝尔物理学奖历史上的尴尬就开始了。

很显然，爱因斯坦建立的广义相对论，一百年来虽然已经成为了现代物理学的主要部分，而狭义相对论更是和量子力学一起构成了现代物理学的两个支柱，但是，历史上不但爱因斯坦没有因为相对论而获得诺贝尔物理学奖，后来对于丰富广义相对论而做出了很多贡献的众多物理学家们，也无人因此获得过诺贝尔物理学奖，这不能不说是物理学史和诺贝尔奖历史上的一个遗憾。

也许是因为爱因斯坦的光芒实在是太耀眼了，既然没有把相对论的诺贝尔物理学奖授予爱因斯坦，其他人也没有资格因此获得此奖！也许是爱因斯坦的贡献实在是太大了，后随的物理学家们不

管做了多少工作，和爱因斯坦的工作相比都是微不足道！也许是爱因斯坦建立的理论体系太完备了，所有其他物理学家们的工作不管多么重要，也只不过是补充而已，并没有改变相对论的理论体系和结论。事实上，这些“也许”在很多人看来就是事实！

那么，相对论就永远不会获得诺奖了吗？并不是！

3.0个诺贝尔物理学奖

尽管相对论在诺贝尔物理学奖历史上的尴尬在继续，历史上还是有3.0个诺贝尔物理学奖不但和爱因斯坦以及相对论有密切的关系，而且可以看作是本次诺贝尔物理学奖的前奏。

0.5个诺贝尔物理学奖：1983年和福勒(A. Fowler)分享了诺贝尔物理学奖的钱德勒塞卡(S. Chandrasekhar)。他获奖的颁奖词是“对恒星的结构和演化中的物理过程的重要性的理论研究”，而钱德勒塞卡在这方面最为重要的研究是，发现了以前认为的恒星演化的最终产物白矮星必然有质量上限，这就奠定了理解中子星和黑洞形成的理论基础。20世纪60~70年代发现的中子星和黑洞都验证了钱德勒塞卡的理论的正确性，钱德勒塞卡获得了诺贝尔物理学奖可以说是众望所归。由于钱德勒塞卡的恒星演化理论的背后就是相对论和量子力学，这个诺贝尔物理学奖也可以说是奖励给了把相对论和量子力学同时应用到天体物理的一个重要发现。

0.5个诺贝尔物理学奖：1974年和赖尔(M.

1983年诺贝尔物理学奖

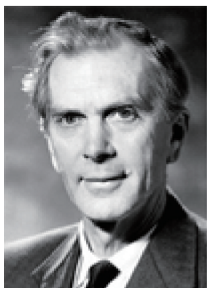


钱德勒塞卡

福勒

Ryle)分享诺贝尔物理学奖的休伊什(A.Hewish)。他获奖的颁奖词是“对发现脉冲星的决定性角色”(但是,实际上发现脉冲星的是他的学生贝尔(J. Bell)女士,她并没有分享此奖,而这也被认为是诺贝尔奖历史上的重大冤案之一)。很显然,发现脉冲星证实了钱德勒塞卡以及后来很多物理学家应用相对论和量子力学研究天体演化的理论工作的正确性。

1974年诺贝尔物理学奖



赖尔



休伊什

1.0个诺贝尔物理学奖:1993年赫尔斯(R. Hulse)和泰勒(J.Taylor)分享的诺贝尔物理学奖颁奖词为:“对于发现了一种新类型的脉冲星,这个发现打开了研究引力的可能性”。他们发现的是一个双中子星-脉冲星系统,在其后的几十年中,利用这个以及后来陆续发现的双中子星-脉冲星系统,对广义相对论进行了各种精确的检验,至今没有发现对广义相对论的偏离。尤其是,双中子星轨道的衰减,和广义相对论预言的通过引力波辐射的轨道衰减精确一致,也因此人们经常用赫尔斯和泰勒的这个观测和研究结果,作为对广义相对论的引力波预言的观测验证。但是,确切的说,这只能算是间接

1993年诺贝尔物理学奖



赫尔斯



泰勒

验证,因为并没有观测到这个以及其他双中子星-脉冲星系统辐射的引力波,况且他们获得诺奖的直接原因是他们发现了这种天体系统,而不是对引力波的检验。

1.0个诺贝尔物理学奖:2011年波尔马特(S. Permuter)、施密特(B.Schmidt)和里斯(A.Riess)获得的诺贝尔物理学奖的颁奖词为:“对于通过观测遥远的超新星爆发发现了宇宙的加速膨胀”。这个奖不但和爱因斯坦本人有关系,而且对这个发现的“主流”解释也是以广义相对论为基础的。爱因斯坦在哈勃发现宇宙膨胀之前,曾经在他的广义相对论场方程里面,引入了所谓的“宇宙学常数”,用来产生一个长程排斥力来抵抗引力,保持宇宙处于一个静态的状态。但是在哈勃发现了宇宙膨胀之后,爱因斯坦认为他引入了“宇宙学常数”是犯了他“一生最大的错误”,否则,他就可以预言宇宙的膨胀。但是,如果在广义相对论的框架下解释早期宇宙减速膨胀、而近期宇宙加速膨胀这个观测结果,我们还是需要在广义相对论场方程里面引入“宇宙学常数”,而目前对于“宇宙学常数”的物理解释就是宇宙中充满了未知的暗能量!

2011年诺贝尔物理学奖



波尔马特



施密特



里斯

百年现代物理学终于做了一个了断

回顾前面这3.0个诺贝尔物理学奖,我们就会发现,尽管爱因斯坦的广义相对论已经是理解这些重大发现的理论基础,广义相对论早就被学术界接受为现代物理的基础理论的重要部分,而且,“引力波”也是1993年诺贝尔物理学奖的那个观测结果的最合理的解释,但是,无论广义相对论还是引力波都还没有被授予诺贝尔物理学奖,和量子力学以及

相关的物理学研究的情况获得了大约30个诺贝尔物理学奖相比有天渊之别,实在是诺贝尔物理学奖的历史和现代物理学历史上的一大冤案!

因此2017年的诺贝尔物理学奖授予了LIGO实验直接探测到并且发现了广义相对论的最主要预言——引力波,不但是众望所归,而且也是对百年现代物理学做了一个了断!从今往后,扩展广义相对论理论并且发展和量子力学统一的量子引力理论的研究,以及利用引力波探索宇宙和发现新的科学规律将进入一个新的时代!

3

爱因斯坦猜到了艰难的开始,却猜错了精彩的结尾

广义相对论的建立——美妙的电梯

我们首先看看爱因斯坦是怎么通过著名的“电梯假想实验”建立广义相对论的。他说,如果有一个100多层的电梯,你在顶层上面按按钮要往下去,在这一瞬间制动系统失灵了,你开始自由落体往下落,你会知道你有几秒钟的“美妙”时间,因为你会预料落地那一瞬间不太好,但是在这之前应该还是不错的。在这几秒钟的“美妙”时间结束之前,你决定做一个科学实验,这个实验就是你从口袋里非常优雅的掏出一个钥匙链来,一松手看这个钥匙链会不会跟着你往下落,结果你发现这个钥匙链会跟你一起度过这段美妙的时间。这个效应就和在自由空间中,杨利伟在飞船里面漂浮的感觉一模一样。所以自由落体的电梯等同于自由空间的笼子。

在你度过这几秒钟的美妙时光而落地、而且由于某种神奇的原因你丝毫无损之后,你再看看这个钥匙链怎么运动,你发现虽然你停住了,但是钥匙链没停住,钥匙链继续往下落。这个感觉就像杨利伟在

太空中,他的火箭突然点火开始加速的感觉是一样的,这时候他的钥匙链也开始相对于他往下落,所以地面的电梯等同于自由空间的加速运动的飞船。

广义相对论的建立——等效原理

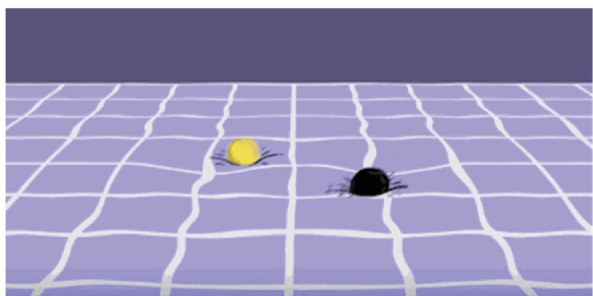
但是在自由落体的电梯里面的美妙的感觉和杨利伟在自由空间漂浮的美妙的感觉的来源不一样,前者是引力造成的,后者是惯性造成的。同样的原因,地上的电梯里面钥匙链下落是引力造成的,自由空间中加速的火箭里面钥匙链往下落是惯性造成的。所以认识到这两个感觉一样,就使得爱因斯坦提出了引力质量和惯性质量是等效的,这是他的电梯假想实验所给出的结果。直到今天,科学家还在通过真实的实验,来验证爱因斯坦的假想实验结果是不是严格地成立,目前所有的实验结果都表明爱因斯坦的假设是成立的,这就是等效原理。

既然引力质量和惯性质量是等效的,那么也就是说,你在自由落体的参照系里面和自由空间当中的观测者一样,而在自由空间的惯性观测者是可以使用狭义相对论的,所以在自由落体的参照系里面也可以用狭义相对论。但是有一点情况是不一样的,毕竟你是在做自由落体的加速度运动。在电梯里面电梯自由落体加速运动的时候,你如果趁机看一看窗外的东西,你会发现你的空间是弯曲的。由于你的速度变得越来越快,你单位时间看到的外面的东西就越来越多,所以你就不能再用描述平直空间的欧几里得几何了,你需要用描述弯曲空间的几何,这就是黎曼几何。于是爱因斯坦在他的同学格罗斯曼的帮助下,使用黎曼几何建立了广义相对论理论。

爱因斯坦说,引力波就是时空弯曲的直接后果

首先我们自己可以做一个简单的实验来理解引力的本质就是时空弯曲的结果。一个弹性很好的蹦床本来是完全平的,在上面放了一个重球,这个面就不再是平面了,中间凹下去了。然后再放一

个球,这个球就往原来那个重球那边落过去。并不是这两个球相爱了,而是空间弯曲了,后面那个球必须沿着弯曲的面走,所以这两个球只有撞在一起的命运。如果我们给这个球一个合适的切线方向的初始速度,这个球就会绕着中心的重球绕圈,类似地球绕着太阳运动,这也是由于空间弯曲的结果。所以,所谓的“引力”就是空间弯曲的直接结果,这两个球撞到一起或者绕着转圈并不是真的由于这两个球之间有一个绳子或者一个吸引力。



两个球相互绕转引起的时空涟漪—引力波

如果这两个球都很重,让两个球相互绕转,由于每一个球都使得它周围的空间弯曲了,这样当它们两个球相互绕转的时候,就会使得弯曲的时空向外传递,向外传递的这个东西就是引力波。所以我们知道,引力波也是时空弯曲的直接结果,在平直时空里面是不可能产生引力波的,只要有弯曲的空间就必然会产生引力波。爱因斯坦意识到这个图像之后,就把他利用黎曼几何写出来的引力场方程进行了简化,也就是做了弱引力情况下的线性化,得到了引力波方程,数学形式上类似麦克斯韦电磁场理论的电磁波方程,而且引力波传递的速度就是光

速,爱因斯坦就于1916年预言了引力波的存在。

引力波和电磁波、声波有什么不同?

电磁波是电磁场的振荡的传播,比如一个加速运动的电荷就会产生电磁波。电磁波也是我们最熟悉的两种波动之一,光就是电磁波,电磁波的传播不需要介质,也就是在真空中就可以传播,这就是我们能够看到宇宙远处的天体的原因。当然,电磁波也可以在介质中传播,在不同的介质中不同频率或者波长的光的传播的速度不一样,这就是所谓的色散效应,我们能够看到美丽的彩虹就是这个原因。

另外一种我们最熟悉的波动就是声音,声音就是物质的振动的传播,所以是机械波,机械波的传播需要介质,在不同的介质中声音传播的速度也是不一样的。但是在真空中声音不能传播,这就是为什么太空中出舱的宇航员就是面对面可以对视用眼光交流,要想说话就必须通过无线电对话。

而引力波则是完全不同的一种波。引力波的传播不需要介质传递,换句话说,引力波就是空间的涟漪,也因此宇宙中所有的物质和能量都能够感受到引力波。毫无疑问引力波是与其他的所有的在宇宙时空或者宇宙时空里面的介质里面传播的波不同的一种波。

爱因斯坦后悔了:貌似没有引力波?

本段内容整理自2016-02-13何祈愚发表在“知社学术圈”微信公众号的文章,题目为“*PRL*凭什么拒稿引力波预测,爱因斯坦走下神坛!”,感兴趣进一步细节的朋友请阅读原文。

1936年,也就是爱因斯坦预言了引力波之后20年,美国物理学会的《物理评论》杂志编辑部收到了爱因斯坦和他的助手罗森的一篇来稿,题目是“引力波存在吗?”,文章的结论是引力波不存在!编辑部按照规则将稿件送审。审稿人很快将审稿意见返回,认为稿件有严重问题,必须大修。爱因斯坦被激怒了,他立刻很不客气地回了一封用德文写的

信：我和罗森将稿件寄给你们发表，并未授权你在文章刊出之前拿给专家看。我也没有必要回答你那位匿名专家的错误评论，宁肯在别处发表这篇论文。

爱因斯坦转手就将论文投给了另外一个杂志，果然立刻原文接受，不需修改，很快就会发表！随后爱因斯坦在普林斯顿要做一个讲座，报告他这个引力波不存在的新发现。可是就在报告的前一天，他突然发现自己犯了错误，一时却又没有找到解决的办法。在报告结束的时候，他说：你如果问我引力波到底是否存在，我必须说不知道，但这是一个非常有趣的问题！那么爱因斯坦真的发表了一篇错误的文章吗？并没有！最终发表在1937年1月的那篇论文，题目已经改成了“论引力波”，而结论却是180度大反转：引力波必须存在！

那么剧情大反转到底是怎么发生的？在爱因斯坦意识到了论文的错误但是还没有找到解决办法的时候，只好写信对那个接收论文杂志说，麻烦大了，论文有大毛病！经过一番辗转，最终普林斯顿大学的罗伯森教授帮助爱因斯坦解决了这个问题。那么罗伯森何许人也？爱因斯坦只知道是他在普林斯顿大学的同事，但是直到去世也不知道，罗伯森就是那个首先发现原论文错误的那个爱因斯坦不屑一顾的匿名审稿人！这件事直到2005年，《物理评论》杂志编辑部公开了20世纪30~40年代的文件才被人翻了出来。

爱因斯坦嘴很硬：就是有也探测不到！

那么就可以探测引力波了吗？没那么容易，因为还需要计算引力波能不能探测到。由于引力波就是时空的涟漪，当引力波到达我们所在的地方的时候，这个地方的空间就产生了扭动，任何物体为了在扭动的空间里保持静止，只好相对于远处的观测者扭起来了，扭动的幅度和频率就是引力波的振幅和频率，如果想办法测量物体的扭动，那就测量到了引力波。

爱因斯坦很快发现，引力波的振幅小得难以想

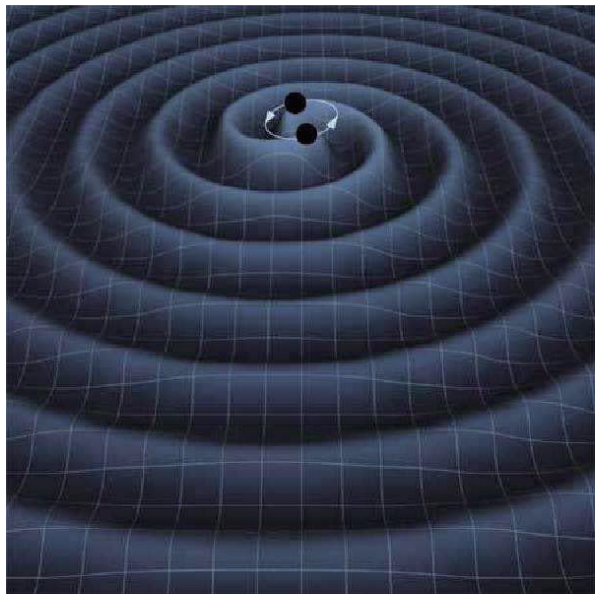
象，即使对于他能够想象到的宇宙中最强的引力波，传到地球的时候，引力波的振幅也顶多是10的负20几次方。引力波的振幅的定义是，空间扭曲的尺度除以空间本身的尺度。比如，振幅为10的负23次方的意思是，即使使用地球这么大的探测器，探测器扭曲也只有1亿分之一纳米，也就是一个原子核大小的百分之一！探测这么微弱的扭动怎么可能做到！爱因斯坦无论如何也想象不了。

当然，今天我们知道，几倍到几十倍太阳质量的黑洞撞击在一起产生的引力波，可以比爱因斯坦当时计算的强上百倍甚至更多，而星系中心的质量在百万到百亿倍太阳质量的超大质量黑洞撞在一起，产生的引力波就更强了。但是爱因斯坦本人根本不相信宇宙中有黑洞，自然就不会想到会有黑洞撞在一起产生的引力波。

因此，爱因斯坦根本就不认为人类有一天会探测到引力波！

精彩的结尾：爱因斯坦又错了！

2016年2月11日，美国的LIGO项目宣布了探测到了两个黑洞并合产生的引力波。引力波的出现不仅仅是验证了爱因斯坦100年前的引力波预言，这也是广义相对论理论的最重要预言，而且我



认为这也是人类探索宇宙的第5个里程碑,人类终于“听到”宇宙发出的美妙声音了!

人类探索宇宙的前4个里程碑分别是:(1)400多年前伽利略发明了光学望远镜,使得人类的视野得到了大大扩展;(2)20世纪30年代央斯基发现了银河系的射电辐射,使得人类首次能够在可见光波段以外探索宇宙;(3)20世纪60~70年代贾克尼使用火箭和卫星,发现了太阳系外的第一批X射线源,使得人类首次能够在地球大气层以外探索宇宙;(4)20世纪80年代末戴维斯和小柴昌俊发现了来自超新星爆发的中微子信号,使得人类首次能够利用电磁波以外的信号探索宇宙。

同时,这个验证了爱因斯坦本人的预言的科学发现,也证明了爱因斯坦的两个错误:(1)引力波尽管很弱,但是人类还是有办法探测到的;(2)宇宙中不但有黑洞,而且还有两个黑洞撞在一起产生引力波这样的事情发生。事实上,由于LIGO实验至今已经清楚地“听到”了四次黑洞撞击产生的引力波,说明宇宙中黑洞很多,而且黑洞撞击也很多!

当然,爱因斯坦的这两个小错误和他一生的伟大科学成就相比是微不足道的。我指出他的这两个错误只是想说明,再伟大的科学家不但也会犯错误,而且就是在自己的研究领域也会犯错误,更不用说在自己不擅长的领域。但是,只要整个科学界遵循正确的科学研究方法,坚持科学精神,科学的发展就是无法阻挡的!

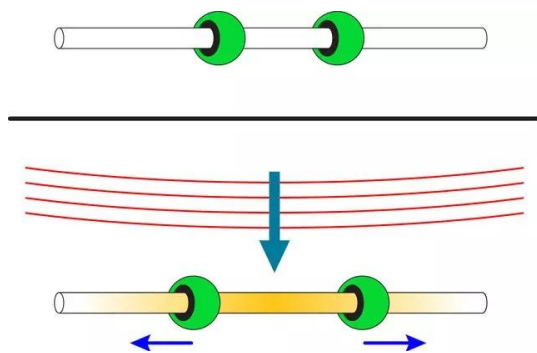
4

引力波探测历史上的 乌龙、艰辛与悲情

几十年的争论,费曼一锤定音

如果要探测引力波所产生的空间扭曲振动,引

力波必须能够携带能量,但是这个问题在学术界争论了几十年。1938年爱因斯坦及其合作者提出了处理弱场中低速运动的“后牛顿”方法,但是利用这个近似方法,一直计算到速度的第4阶都不会出现引力能量辐射。实际上,能够产生引力能量辐射的四极矩辐射出现在下一阶,这点直到1947年才被中国物理学家胡宁教授证明。但是对于非低速运动的引力辐射,上述近似方法便不再适用,而需要发展新的方法。由于电偶极辐射就能够产生电磁波的能量辐射,而需要质量的四极矩变化才能够产生引力波的能量辐射,引力波的研究和探测就比电磁波复杂得多了。



直到20世纪50年代,一些相对论理论物理学家,特别是邦迪严格证明了引力辐射携带能量,因此原则上是一个可观测的物理现象。因为引力波携带能量,所以一个辐射引力波的系统会损失能量。1957年费曼和邦迪提出把两个黏性小球套在一根刚性杆上,当引力波传来的时候,刚性杆因为原子力的作用长度不发生变化,但两个小球的间距将会持续振荡变化,这样会与刚性杆发生摩擦,产生热量,这热量的来源就是引力波,这个假想实验就说明了引力波不但携带能量,而且可以把携带的能量传递给引力波经过的介质!

可能您会问,既然那两个小球和刚性杆没有摩擦力而且是处于真空中,小球还是会振荡,那么引力波还会传递能量给小球吗?答案是不传递。原因相当烧脑,不少从事广义相对论和引力波研究的学者也回答不上来,不信您可以试试问他们!不传递的原因是:小球之间的相对距离显然变化了,所

以相对运动了,但是它们只是随着扭动的空间在运动,实际上动的是空间,它们相对于它们所处的空间并没有动,引力波过后空间又恢复平静,它们也立刻静止,所以没有任何能量传递给了小球。这就是为什么宇宙深处产生的引力波,尽管在传播到地球的时候已经使得途径的天体都扭动了,但是引力波的能量还是几乎没有任何损失!不过如果我们想测量小球的相对运动,就必须和小球发生作用,这样小球就不可能随着空间的扭动自由振荡了,这个小球本来在惯性坐标系里面做的惯性运动就受到了阻尼,它的能量就损失了,损失的能量传递给了产生阻尼的物体,这样就等效于引力波传递能量给小球了!

这种情况类似于一个在完全没有阻力的情况下依靠惯性运动的物体,这个时候你无法确定这个物体到底携带了多少动能,因为相对于不同坐标系,也就是相对于这个物体做匀速直线运动的不同的观测者,这个物体的速度是不一样的,因此问这个物体是否携带了动能就毫无意义。但是,你一旦给这个物体施加一个阻力,它减速运动的加速度对于所有的这些观测者就都是一样的,大家计算出来的这个物体的能量损失、也就是通过阻力耗散的能量就是一样的,而这个物体也的确是损失了能量。

开创了引力波探测领域, 自己却声名狼藉

好吧,如果广义相对论是正确的,那么引力波就的确是存在的,引力波携带能量,而且还会把能量传递给探测器,使得引力波能够被探测到,那就探测吧!

终于,从引力波理论提出开始,过了50年才有人开始建造试图探测引力波的设备。第一个尝试这么做的人是马里兰大学的韦伯教授,是名副其实的引力波探测的开创者。他把自己的设备命名为“谐振条天线”,今天学术界通常称为“韦伯棒”。韦伯认为铝制的圆柱体可以被当作铃铛,放大微弱的引力波。当特定频率的引力波到达圆柱体的时候,圆柱体会产生轻微的谐振,其周围的传感器会把这

种振动转化为电信号。为了确保他测量到的不是周围经过的卡车或者轻微地震的振动,他采取了一系列的保护措施:比如将韦伯棒悬置在真空中,使用了两个韦伯棒,分别位于马里兰大学的校园和在芝加哥附近的Argonne国家实验室。如果两个韦伯棒在微小时间间隔中产生了同样的振动,他认为这就可能是引力波造成的。



韦伯和韦伯棒

1969年6月,韦伯宣布了他的谐振条记录了引力波事件。物理学家和媒体都很激动,《纽约时报》这样报道:“人类对宇宙的观测又一新篇章被翻开了。”很快,韦伯开始报道每日都记录到了引力波的信号。不过,其他的实验室都没有得到与他类似的结果,而且很多新建的精度和灵敏度都比他的韦伯棒好很多的引力波探测器都没有探测到信号,学术界对他的怀疑迅速扩散,和他产生了多次极为激烈的争论。韦伯本人的学术态度的不严谨,更是使得他的学术声誉断崖式下滑,比如,他不断修改对已有数据分析的结论,以迎合新的研究成果或者应对学术界的质疑。几年之后,学术界大部分人都认为韦伯的实验或者数据分析有严重问题,世界上跟风建的类似实验也逐渐都关门了,也包括1972年中国科学院在北京中关村和广州中山大学建立的韦伯棒。韦伯自己也只能在一个破旧的实验室孤独地继续做实验,虽然持续宣称有新的探测结果,但是已经引不起学术界的任何注意了,韦伯在学术界可以说是声名狼藉。令人唏嘘不已的是,韦伯2000年去世的主因,竟然是冬天在他的破旧失修的实验室门口滑倒,连续两天没有获救,身体健康从此每况愈下,最终去世。

另辟蹊径,但是难于上青天

分享了2017年诺贝尔物理学奖一半奖金的美国麻省理工学院的韦斯(R.Weiss)教授也对引力波的探测很感兴趣。但是韦斯觉得他自己不太懂广义相对论,于是决定教广义相对论的课,这样就逼着自己至少提前一天比他的学生们理解他要教的内容。他在教课中无法解释韦伯的结果,于是开始思考和设计后来的激光干涉引力波天文台,也就是LIGO的原型机,打算做原理验证实验。他后来回忆道,“我不能理解韦伯想干什么,我不认为韦伯的那个想法是正确的,于是我自己开始去找答案。”顺便说一句,教授想学一门课的一个办法不是去听一门课而是去教一门课,这尤其是物理学家们特别喜欢做的事情,很多牛人都干过这样的事情。我虽然不是牛人,但是也常常这么干,我的物理和天体物理的很多知识都是在准备教课的过程中学会的。

韦斯在教广义相对论课的过程中学会了广义相对论,并且产生了完全不同于韦伯的探测方法的新设想,于是打算另辟蹊径探测引力波,但是怎么拿到研究经费呢?他在从系里的管理者那里争取资助上遇到了严重困难,因为许多他的同事对这个设想持有严重怀疑。其中一个怀疑者是著名的天体物理学家和相对论专家,坚定的认为黑洞不存在——这一看法当时很多同时代的人都持有,因为当时支持黑洞的数据太少了,况且爱因斯坦本人都不相信黑洞存在。既然黑洞是理论上仅有的少数可

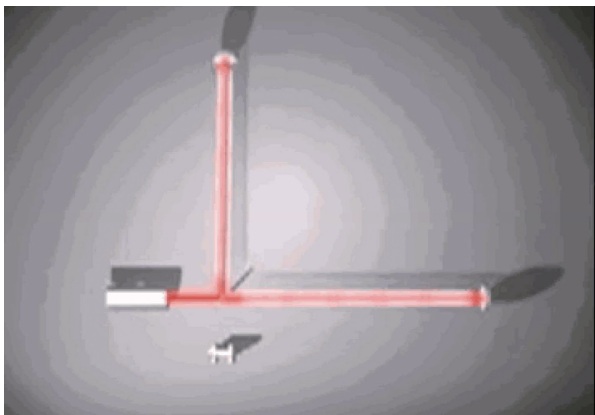
以产生可观测到的引力波的源头,他们认为韦斯的研究纯属胡闹,所以坚决反对给他经费研究探测引力波。

在走投无路之下,韦斯想到了一个办法,就是忽悠军方支持他的研究。因为美国军方对于支持基础科学研究向来很重视,因为这些研究往往能够产生颠覆性的技术,这些技术应用到军事方面常常威力无比。他最终说服了军方给了他一些经费研发探测引力波的技术。同时,他也积极和加州理工学院的索恩教授交流,索恩教授是国际知名引力物理专家,学术地位比韦斯高得多,所以索恩说服加州理工学院也支持了沿着这个新方向开展引力波探测的研究。同时,基于类似的想法,德国、英国和苏联的科学家,也开始了用这种原理开展引力波探测的研究。

虽然韦斯做他的引力波探测的原理验证实验很投入也很享受,但是多年没有任何拿得出手的成果毕竟是很尴尬的,而且军方也逐渐失去了耐心,看不到韦斯取得突破的前景,就不再给他经费了。他读博士时候的导师实在是看不下去了,就劝他先把引力波探测的事情放一放,先做点有用的事情,让自己在学术界站住脚。无奈之下,韦斯就改行做了宇宙微波背景辐射的空间探测研究,领导了后来获得了诺贝尔物理学奖的COBE卫星的一个重要仪器团队,作出了关键的贡献。

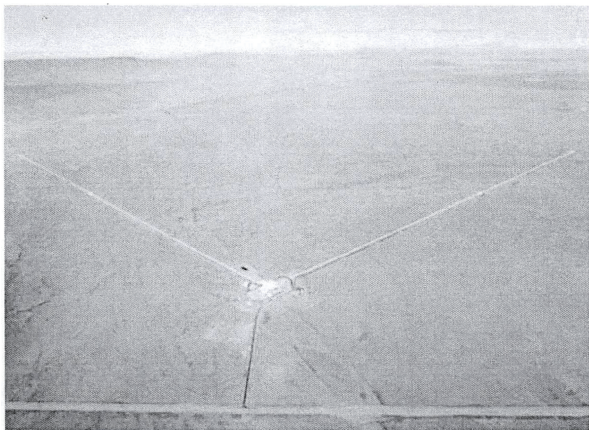
终于起步,但是几乎崩盘

但是韦斯灵魂深处和骨子里还是要探测引力波。在宇宙微波背景辐射探测领域扬名立万,在学术界站住脚之后,韦斯卷土重来。这次,他盯上了美国科学基金会的大钱。好在基金会负责天文的官员的博士论文就是引力波辐射理论,他完全理解引力波探测的重要性,非常支持韦斯的想法,坚信LIGO的理论基础是严谨的。尽管如此,他还是非常慎重,和韦斯密谈多次,提了很多中肯的建议,简直就是引力波界安插在政府的卧底。在这个过程



用激光干涉探测引力波的原理图

中,韦斯和索恩、以及已经加盟加州理工学院的德雷弗一起到处游说,经过了多年的研究,报告,演讲,委员会会议,于1990年终于说服了基金会启动LIGO项目,这个项目将要花费2.72亿美元,比任何基金会之前和以后支持的实验都多。



激光干涉引力波天文台照片:每个真空管道四千米长

这是一个极为艰辛的过程,斗争极为激烈。韦斯后来回忆道,“天文学家非常反对这个项目,因为他们觉得这是有史以来最大的金钱浪费。”这位官员后来回忆道,“这个东西当时根本就不适合被建造,当时只有几个头脑发热的人到处游说,在没有任何信号发现的前提下,讨论把真空技术,激光技术,材料科学技术,地震隔离技术还有反馈系统,推到几个数量级高于当时技术的水平,甚至需要使用还没有被发明出来的材料。”可见,基金会当时是冒了多大的风险和顶着多大的压力同意启动了个项目。

LIGO终于启动了,那么前面会是一片坦途吗?并不是!由于LIGO是韦斯、索恩和德雷弗联合建议,他们都在项目的前期研究和启动的过程中发挥了不可替代的作用,而且他们三位都是当时这个领域的顶尖科学家,这个项目启动之后就由他们三人联合管理,史称LIGO三巨头。但是他们之间的合作非常糟糕,韦斯和德雷弗都是杰出的实验专家,各自都有不同的想法,互相攻击,完全无法合作,索恩是理论家,想尽办法在他们两个之间斡旋,但是仍然无济于事。于是项目的进展一塌糊涂,看

不到完成的希望,基金会终于忍无可忍,命令彻底改变项目的管理。于是加州理工学院指派了一个重量级官员取代他们三位,独自管理这个项目,但是他和德雷弗矛盾更大,最终把德雷弗开除了!德雷弗当然不服,到处告状,整个项目团队面临分崩离析,LIGO实验几乎崩盘!最终加州理工学院任命了粒子物理学家巴里什(B. Barish)担任这个项目的首席科学家,他就是今年和韦斯、索恩一起分享诺奖的第三人。做这种大型的科学项目对于粒子物理学家来说并不陌生,巴里什不负众望,不但重整了LIGO项目的管理,而且建立了LIGO的科学合作团队,重新向基金会提交了LIGO建设方案,虽然经费需求大幅度提高,基金会仍然全盘接受,LIGO项目终于步入正轨,于1994年正式开始建造。

引力波再次乌龙,只因诱惑太大?

引力波的探测并不是只有LIGO这类实验能做。现在的标准宇宙产生和演化模型告诉我们,在宇宙大爆炸的前期有一段暴胀时期,这个时期宇宙的尺度随时间指数增加,在这个过程中量子涨落也必然会产生引力波,称为原初引力波,而原初引力波能够在宇宙微波背景辐射的信号中留下痕迹,比如偏振的特征信号。测量宇宙微波背景辐射的偏振信号,就有可能观测到宇宙原初引力波,这对于理解宇宙的产生和演化具有不可替代的作用,很显然是诺奖级的成果。国际上有几个实验都在试图做这个探测,竞争异常激烈。

2014年,一个爆炸性的科学新闻传播全球,其影响力类似于去年LIGO团队发现引力波的新闻。在新闻发布会上,美国放置在南极附近的BICEP望远镜团队宣布,他们根据测量到的宇宙微波背景辐射的偏振信号,发现了大爆炸遗留的引力波。于是,学术界开始了谈论到底谁会因此获得诺贝尔物理学奖!但是,好景不长,欧洲的一个专门测量宇宙微波背景辐射的Planck卫星发现,南极那个实验

所观测的那一片天空,存在以前未知的干扰信号,南极那个实验看到的,实际上是干扰信号产生的偏振信号,根本就不是宇宙微波背景辐射的偏振信号,这个诺奖级的科学成果原来是一个乌龙。事实上,如果那个团队更谨慎一些,在新闻发布之前仔细检查各种可能性,本来是可以发现这个错误的,但是他们没有这么干,而是匆匆忙忙的宣布了所谓的重大发现,也许是诺奖的诱惑实在是太大了?

实际上,LIGO团队自己也摆过一次乌龙。他们为了测试搜寻引力波的程序和算法,会由一个小组在实验数据里面加入人造的信号,模仿引力波信号。但是有一次在注入了人造信号之后,没有通知项目团队的其他人,其他人在找到这个信号之后,以为自己发现了引力波,而且已经在学术界内部发布了探测到了引力波疑似信号的预警,全球很多地面和空间望远镜都对疑似产生引力波的那个天区进行了快速和密集的搜寻,试图探测引力波产生的天体的电磁波信号,当然都是一无所获。尽管如此,LIGO项目团队还是花了六个月仔细分析了数据,确认是探测到了引力波,写好了论文准备投出去,直到这个时候,他们才发现这个引力波信号其实是那个小组注入的,他们只能自嘲是一次火警演习。

因此,加上韦伯的引力波探测乌龙,在引力波真的探测到之前,曾经摆过三次乌龙,以至于当LIGO终于探测到了引力波信号之后,很多人都在怀疑是不是还是乌龙?甚至在获得诺奖之后,仍然有人在怀疑。当然,现在有极为确凿的证据表明,LIGO这次是真的探测到了引力波!

熬到了成功,却没有得到终极荣耀

韦伯开创了引力波探测领域,最后却声名狼藉,毫无疑问是引力波探测历史上的一个悲剧人物。如果LIGO稍微提前几个月探测到引力波,甚至如果LIGO项目团队分析2015年9月14号探测到的那个引力波事件稍微快一点,那么韦伯很可能

就是引力波探测历史上最令人唏嘘不已的人物。我前面讲过,发起LIGO项目的是韦斯、索恩和德雷弗三巨头,无论是科学界还是LIGO项目内部,都一致认为,如果LIGO探测到引力波获得了诺奖,得奖人必然是这三巨头。事实上,在LIGO的结果公布之后,这个成果斩获了所有的科学大奖,直到2017年10月3号最终获得诺贝尔物理学奖这个终极科学荣耀,但是获奖人里面却没有德雷弗!

前面讲过,德雷弗被当时的LIGO项目的新负责人开除了LIGO项目团队,并且规定他不准再踏入LIGO实验一步。尽管后来加州理工学院认为,对德雷弗的这个处理过于严厉而且不公,但是并没有恢复德雷弗在LIGO项目成员身份,只是想给德雷弗一笔不菲的研究经费让他爱干啥干啥。但是德雷弗拒绝了,因为LIGO是他一生的心血,除了LIGO,他什么都不想做。在LIGO成功地探测到引力波的时候,德雷弗已经得了重度老年痴呆住院,索恩去医院看望他,德雷弗非常高兴,并且和索恩一起回忆了他们当年一起开创LIGO的愉快时光。随后LIGO项目获得的所有科学大奖的名单上都有德雷弗,尽管德雷弗已经不能亲自出席领奖。很显然,德雷弗很快就将获得科学的终极荣耀,诺贝尔物理学奖!不幸的是,得雷夫于2017年3月因病去世,最终还是没有等到这个终极荣耀。



引力波三巨头:德雷弗、索恩和韦斯(从左到右)

在一片痛惜中,很多人都觉得,如果引力波地发现获得了去年也就是2016年的诺贝尔物理学奖,就不会有这样的遗憾了。但是,诺奖的提名的当年的1月31号,而LIGO团队是在2016年2月11号才

宣布了发现引力波,从程序上来讲,他们不可能获得提名,自然就不可能获奖。历史无法重演,就差了这么几天,德雷弗就成了引力波探测历史上最悲情的人物了。但是,科学界和历史都不会忘记德雷弗对于引力波探测的杰出贡献。

5

这仅仅是开始,
未来会更加精彩

为什么我说探测到的 第一个引力波是美猴王?

2016年2月11号,LIGO团队宣布探测到了引力波,第二天,我在朋友圈发出了一篇文章,称这个引力波事件是“美猴王”,因为2016年是猴年,美猴王就是猴年最美的科学事件。我为什么这么说呢?首先解释一下我们的大脑如何审美。对这个问题,我研究了三十多年,我的结论非常简单,六个字,“没缺陷、不常见”。这六个字实际上是代表了审美的两个要素,我们的大脑“审美”实际上就是对两个要素来进行判断。首先是我们每个人的价值观来判断审美对象是不是没缺陷。另一方面,我们每个人的见识就能够让我们来甄别这个具体的审美对象是不是不常见。如果某个审美对象同时满足“没缺陷、不常见”这两个条件,我们的大

- ✓没缺陷不常见=美!
- ✓没缺陷很常见=俗!
- ✓有缺陷很常见=丑!
- ✓有缺陷不常见=丑哭!
- ✓完全没缺陷极端不常见=美哭!

张双南科学美学研究的主要结论

脑就判断“美”。关于我对美学的研究,感兴趣的朋友可以百度“张双南美学”这五个字,可以找到很多资料。

那么,这个引力波事件满足这两个条件吗?绝对满足。

首先,这个引力波事件是完全没有缺陷的,因为它验证了三件事情:引力波的探测原理、广义相对论引力波预言以及我们的论文中黑洞并合没有其他辐射的预言。广义相对论的引力波预言有100年了,而引力波的探测原理提出来也有50年了,这是第一次得到了验证,所以没缺陷。我们的论文中关于黑洞并合只能产生引力波、不能产生其他任何信号的预言也有几年了,所以至少对我来讲这件事也是没缺陷的。

但是更重要的是,这个事件是一个极端不常见的事件。这是一个实验团队做了几十年的实验,这是第一次做出来了真正的实验结果,在科学史上是唯一的。而且这个实验本身又是地球上最精密的距离变化测量仪器。这个事件也创造了五个第一次:1)直接探测到引力波;2)利用一种从来没有被探测到的信号——引力波来探索宇宙;3)发现了两个黑洞组成的系统;4)两个黑洞一被发现,不到一秒钟又并合在一起就变成一个黑洞;5)这两个黑洞的质量,是大约30倍太阳质量,这也是完全意外的,因为以前我们发现黑洞的质量都不是这么多,或者比30倍大得多,或者小得多。这些是不是都很不常见?

所以这个事件是完全没缺陷、极端不常见。根据我的美学研究结果,没缺陷不常见是美,没缺陷很常见是俗,有缺陷很常见是丑,有缺陷不常见是丑哭,而完全没缺陷、极端不常见就是美哭。所以这是一个美哭的科学事件,我就把它称为猴年最美的科学事件,也就是“美猴王”。

我错了,黑洞的确经常火并

2016年2月12号,也就是LIGO团队宣布发现了引力波的第二天,我又发了一篇文章,题目是“一瓶茅台作赌注:下一个引力波事件要等到猴年马月

吗？”这篇文章的起因是，我在一篇文章里面写了这一句话“不过，下一个引力波事件恐怕真的得等猴年马月了”，我说这句话的原因是，我认为宇宙中黑洞火并产生引力波的事件应该极为稀少，LIGO探测到了一个纯属运气，后面再探测到恐怕就得等到升级灵敏度提高以后了。但是我的同行好朋友王力帆教授看到后表示不同意，他认为探测到了一个，后面就应该噼里啪啦的接着探测到一批。所以我俩就打了一个赌，如果LIGO升级之前还能探测到引力波，就算我输了，否则他输，赌注是一瓶茅台，国家天文台副台长薛随建研究员是证人。

当然结果大家都知道了，LIGO在升级之前又探测到了三个引力波事件。所以我输了，黑洞的确经常火并！那么我当时为什么写了那句王力帆教授不同意的话呢？这和当时大家讨论的一件事有关：LIGO探测到引力波什么时候能够拿到诺奖？我在那篇文章里面是这么写的：

“很显然LIGO探测到这个引力波事件是诺奖级的成果，因为科学界早就有共识，第一次直接探测到引力波，应该获得诺贝尔物理学奖。但是我倾向于认为，如果引力波探测的结果仅仅是这个，要拿到诺奖恐怕不易！原因在于，需要有独立的结果或者方法检验或者验证这个结果，或者这个实验发现新的、但是不同的引力波事件。

但是我不认为这个实验能够很快地发现更多的其他类型的引力波事件，原因在于他们看到的黑洞并合事件应该是非常稀有的，但是恰好这类事件的引力波信号比较强，所以他们看到了。其他类型的引力波事件肯定多得多，但是信号弱，现有的仪器很可能看不到。即使由于我们不理解的原因，黑洞并合事件很多，但是天文界的一个传统就是：需要找到其他的信号独立验证，比如电磁波信号。”

有趣的是，尽管我输了一瓶茅台酒，但是我上面说的他们拿诺奖的条件倒是全部达到了，他们探测到了4次黑洞火并产生的引力波，而且这四次的

黑洞以及产生的引力波都不一样。更加有趣的是，天文学家竟然也观测到了两个中子星火并产生引力波的时候产生电磁波辐射信号，这个结果已在2017年10月中旬正式发布。这就是为什么我很确信今年的诺奖必然会授予引力波的发现！

引力波有什么用？防引力波辐射？

我作关于引力波的科普报告或者公众演讲的时候，或者我被记者采访有关引力波的事情的时候，每一次，绝对是每一次，我都会被问到这个问题：引力波有什么用？取决于我当时的心情或者是谁问我，我会在下面这几个答案中选一个回答：

1) 什么用都没有，但是在研究如何探测引力波的过程中，科学家研制出来的技术非常有用，因为探测引力波需要世界上最精密的测量技术，技术水平远远超越目前工业的水平，因此这些技术对人类非常有用。实际上，LIGO团队研发的有些贴近目前工业水平的技术已经得到了应用，更多的远远高于目前工业水平的技术，未来肯定会得到应用。

2) 艺术有什么用？但是人类在艺术上花的钱远远比在科学上花的钱多。有一次一个女生回答说，艺术让我感到幸福啊，我说，引力波让科学家感到幸福，科学家幸福了，人类就幸福了。

3) 就像100年前物理学家们研究相对论和量子力学的时候没有人知道这些理论对我们有什么用一样，今天我们也知道研究引力波对我们有什么用。但是相对论和量子力学建立之后100年，我们的现代科技和日常生活都已经离不开根据相对论和量子力学的原理所发展出的日新月异的技术了，从半导体到超级计算机，从核能到GPS导航，从医学诊断设备到量子通信，无不是如此。100年后，谁知道引力波的研究会带给我们什么呢？科学研究的重要性，就在于会带给人类完全预想不到的惊喜，其回报总是无数倍于其投资！

另外一件令人哭笑不得的事情是，在引力波刷屏之后，网上出现了众多的引力波产品，大部分都

是防引力波辐射的产品,因为大家只要看到“辐射”这两个字就会吓尿,既然引力波已经到达地球了,当然要想办法防引力波辐射,而专门为孕妇做的防引力波辐射服似乎最畅销!信不信由你,还真有朋友咨询我哪一家的孕妇防引力波辐射服效果最好!我的回答是,如果孕妇能够感受到引力波的伤害,也就不需要上千个科学家花几十年的时间而且花了美国科学基金会历史上最大的一笔经费做引力波的探测了,只需要让孕妇告诉我们被引力波击中是什么感觉就行了!

引力波当然无法屏蔽,当然无法防,因为引力波能够穿透宇宙、穿透地球。当然也不需要防,因为引力波对我们的影响远远比我们自己呼吸对自己的影响小,好的影响、坏的影响都算上!

引力波探测的未来和中国的计划

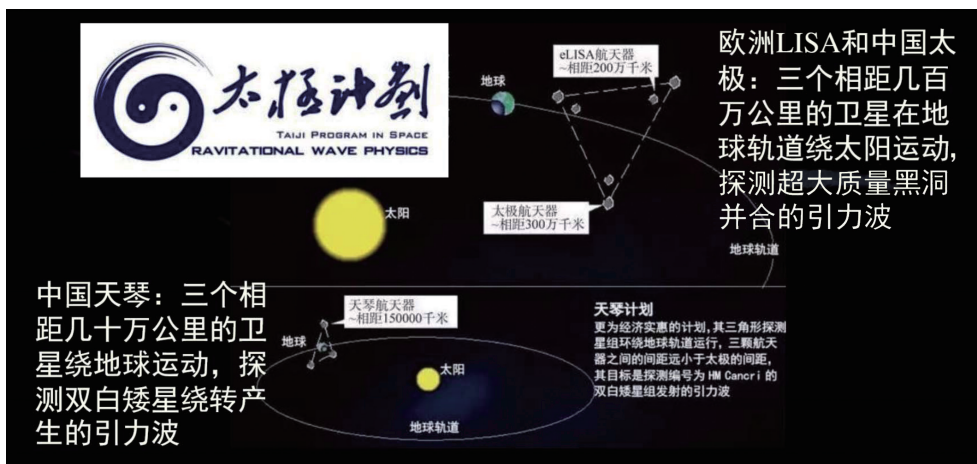
地面探测引力波的装置除了LIGO之外,在意大利和德国也有类似的装置,而意大利的那个装置也探测到了一次引力波。澳大利亚、印度和日本也都在计划或者研制类似的引力波探测器。这些激光干涉仪一起构成的网络可以用来精确的定位引力波源。下一代的激光干涉仪计划,如爱因斯坦望远镜将建造在地下,由三个10千米长的臂构成等边三角形,每个角上放两个探测器,可以用来探测引力波的偏振,获得更多的信息。我国相关大学及研

究所也在计划建造地下激光干涉引力波探测器。

由于受到地球引力梯度的限制,在地面上不可能观测频率低于1赫兹的引力波。要探测更低频率的引力波,则需要空间进行探测。计划中的空间探测引力波计划有欧空局的LISA,也就是激光干涉空间天线计划,日本的分赫兹干涉引力波天文台、中国科学院的太极计划,以及中山大学的天琴计划等。

此外,通过观测引力波对电磁波在空间传播过程中的影响,也可以用来探测引力波。脉冲星测时阵便是通过测量引力波对毫秒脉冲星的电磁脉冲到达地球上的望远镜的时间的影响来测量引力波的,这种方法可以测量到频率更低的引力波。国际上的脉冲星测时阵有欧洲脉冲星测时阵、北美纳赫兹引力波天文台、Parkes脉冲星测时阵等国际脉冲星测时阵。中国科学院的110米口径全动射电望远镜和500米口径球面射电望远镜(FAST)天眼望远镜,也可以通过脉冲星测时阵方法测量引力波。

像上面所说的,宇宙极早期暴涨时期的量子涨落会产生原初引力波,前面说的那个乌龙就属于这种探测。国际上目前有多个地面望远镜在开展这种探测实验,也有空间实验计划。到目前为止,还没有发现原初引力波。我所在的中国科学院高能物理研究所,正在中国的西藏阿里天文台建造类似的宇宙微波背景辐射望远镜,称为阿里计划。



结束语:引力波将带给我们新的科学和宇宙

很显然,引力波探测正在成为一个非常活跃和竞争激烈的领域,引力波将成为科学家进一步探索宇宙和发展科学理论的有力工具。利用进一步的更加高精度的引力波观测,科学家有望回答黑洞到底是什么?是数学家和理论物理学家们预言的奇点“数学黑洞”、还是我和我的学生刘元所预言的中心没有奇点的“天文黑洞”、还是为了保证量子信息

守恒而推测的“火墙黑洞”、还是最近炒得很热的“软毛黑洞”?广义相对论理论是最好的引力理论吗?能否测量到“引力子”?能否提供检验有些量子引力理论模型所需要的观测数据?除了促进黑洞和广义相对论的研究,探测到黑洞和中子星或者两个中子星的并合,将能够促进我们对于中子星的内部结构的理解,也许能够回答所谓的“中子星”内部到底主要是由中子还是夸克组成的这个中子星研究的终极问题!

2017年的诺贝尔物理学奖对百年现代物理学做了一个了断,同时开启了科学史上一个激动人心的新时代!很幸运,我们目睹了这个伟大的事件!

封底说明

云南陨石事件

2017年10月4日中秋夜20点左右,当人们还在家中吃着月饼,沉浸在团圆喜悦中的时候,一个橘红色的火球拖着条长长的尾巴在云南迪庆州的上空划过,强烈的光亮使云南许多地方的人们都看见了这一奇观,后经科学家证实,这是一颗来自太空的火流星。随即互联网上爆出:有人要以每克1万元的价格收购这来自天外的石头,一时间引来各路寻宝人。陨石之所以珍贵,主要是其有着重要的科研价值。当流星体高速穿过地球大气层时,由于摩擦产生剧烈的燃烧,在天空就像是一个拖着长长尾巴的火球,大部分星体会在燃烧中燃烧殆尽,也有极少数星体没有完全燃烧掉而落在地面上,这就是陨石。陨石按其所含成分通常分为石陨石、铁陨石、石铁陨石和玻璃陨石,科学家就是通过研究陨石所含的物质,来分析获取来自遥远天外的信息,以此了解太阳系和我们生存的地球的诸多问题,无疑,陨石是人们了解宇宙信息的重要途径。这次云

南陨石之所以备受关注,其原因就是这次事件比较明确。这次陨石坠落在云南腾冲、大理等地都有许多目击者,这些信息通过互联网得到迅速传播。陨石坠落不久,美国国家航天局(NASA)便公布了卫星观测结果,证实北京时间10月4日20:07分,撞击点位于香格里拉县城西北40千米处,其爆炸当量相当于540吨TNT,确认是小行星撞击事件。但也有专家指出,这则消息也许会将人们寻找陨石的方向误导,因为美国国家航天局(NASA)公布的方位是陨石的空爆区,而该颗陨石爆炸时距地面还有几万米的距离,再加上陨石的入射角,这颗陨石最终的坠落地点可能会偏离爆炸点很远。再加上云南复杂的地貌和茂密的丛林,都给寻找陨石带来巨大困难,也正是由于寻找陨石之路充满坎坷,才使得每一颗找到的陨石都弥足珍贵。

(晓秋/供稿)