

[首页](#) >> [哲学](#) >> [科学技术哲学](#)

施郁:引力波猎手

2018年09月06日 11:18 来源:《科学文化评论》 作者:施郁

字号

[打印](#) [推荐](#)

Hunters of Gravitational Waves

作者简介:施郁,复旦大学物理学系教授。

原发信息:《科学文化评论》第20181期

内容提要:第一部分是作者于2017年9月21日对第二届复旦-中植科学奖的科学背景介绍,包括对三位获奖者对引力波探测突出贡献的简要评述。正是这三位获奖者12天之后获得了诺贝尔物理学奖。第二部分是作者在诺贝尔物理学奖宣布3天前对可能获奖人的评述。最后,将前两部分与诺贝尔物理学奖的官方新闻发布略作比较,并讨论了引力波探测的后续成果。

The first part of this article is the scientific introduction the author made in the news conference of the Second Fudan-Zhongzhi Science Award on September 21,2017,including the brief commentary on the three awardees' crucial contributions to gravitational wave detection.The three awardees shared the 2017 Nobel Prize in Physics 12 days later.The second part of this article is the commentary the author made 3 days before the announcement of the Nobel Prize.Finally,abrief comparison is made between these two parts and the official news release of the Nobel Prize in Physics,and the subsequent achievements in gravitational wave detection are discussed.

关键词:引力波/LIGO/时空复旦-中植科学奖/诺贝尔奖/gravitational waves/LIGO/spacetime/Fudan-Zhongzhi Science Award/Nobel Prize

本文第一节原载于“知识分子”微信公众号(2017-09-22),是作者9月21日在第二届复旦-中植科学奖新闻发布会上所作的科学背景介绍,见[1];第二节原载于“果壳科学人”微信公众号(2017-09-30),见[2]。经作者修订补充后发表。

一、三位引力波猎手,获第二届“复旦-中植科学奖”

13亿年前,宇宙中有两个黑洞相互碰撞,而且并合成一个大黑洞,发出引力波。

引力波以光速向四周传播,经过13亿年在各个方向的长途跋涉,于2015年9月14日穿过诞生于45亿年前的地球。

在地球上,人类的演化历史,也只不过200多万年,现代人类只有20多万年的历史。100多年前,阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)声称宇宙中存在引力波。2002年,激光干涉引力波天文台(Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory,缩写为LIGO)开始工作,13年后探测到代号为GW150914的引力波,事实上,在这个引力波到达的两天前,升级后的LIGO刚开始工作,9月14日恰好捕捉到它,这是人类第一次直接探测到引力波。

波是某种振动的传播,如水波、声波等。顾名思义,引力波就是“引力的波”。引力波超越了牛顿引力理论。

300多年前,艾萨克·牛顿(Isaac Newton)说,任何两个有质量的物体之间存在万有引力,而且这个引力是瞬时的,也就是说,物体之间引力的传递不需要时间。牛顿解释了为什么地球围绕太阳转,为什么树上的苹果会落地。



Rainer Weiss

Kip Thorne

Barry Barish

图1 第二届“复旦-中植科学奖”授予对引力波探测作出突出贡献的三位科学家，依次为雷纳·韦斯、基普·索恩、巴里·巴里什

然而爱因斯坦1905年创立的狭义相对论指出，任何信号的传递不可能超过光速，时间和空间成为整体，称为时空。在相互匀速运动的不同观察者看来，同一事件的时间坐标和空间坐标都不一样，但是总的时空间隔保持不变。

十年之后，爱因斯坦又将引力纳入相对论的框架，创立广义相对论，指出万有引力就是时空的弯曲，由此决定物质的运动。用索恩的导师、美国著名物理学家约翰·惠勒(John Wheeler)的话说：“物质告诉时空如何弯曲；弯曲的时空告诉物质如何运动。”物质之间的引力，需要时间来传递。

这就好比在席梦思床垫上，一个物体引起床垫变形，变形向四周传递，导致另一个物体受力情况的变化，似乎受到前一个物体的吸引力。这个床垫扮演了类似时空的角色。

1916年，爱因斯坦根据广义相对论，预言了引力波。

引力源质量分布的改变，导致它对其他物体引力的改变，这种改变以光速传播开来，就是引力波。既然引力是时空弯曲，那么引力波也就是“时空的涟漪”，即时空弯曲情况随时间变化、在空间传播(图2)。引力波到达之处，在垂直于传播方向的平面上，任何长度都会振荡，而且在互相垂直的任意两个方向上步调相反。因为牛顿力学中没有引力波，所以引力波的观测也就验证了广义相对论。

作者简介

姓名：施郁 工作单位：

分享到：

转载请注明来源：中国社会科学网（责编：李秀伟）

相关文章

[首页](#) >> [哲学](#) >> [科学技术哲学](#)

施郁:引力波猎手

2018年09月06日 11:18 来源:《科学文化评论》 作者:施郁

字号

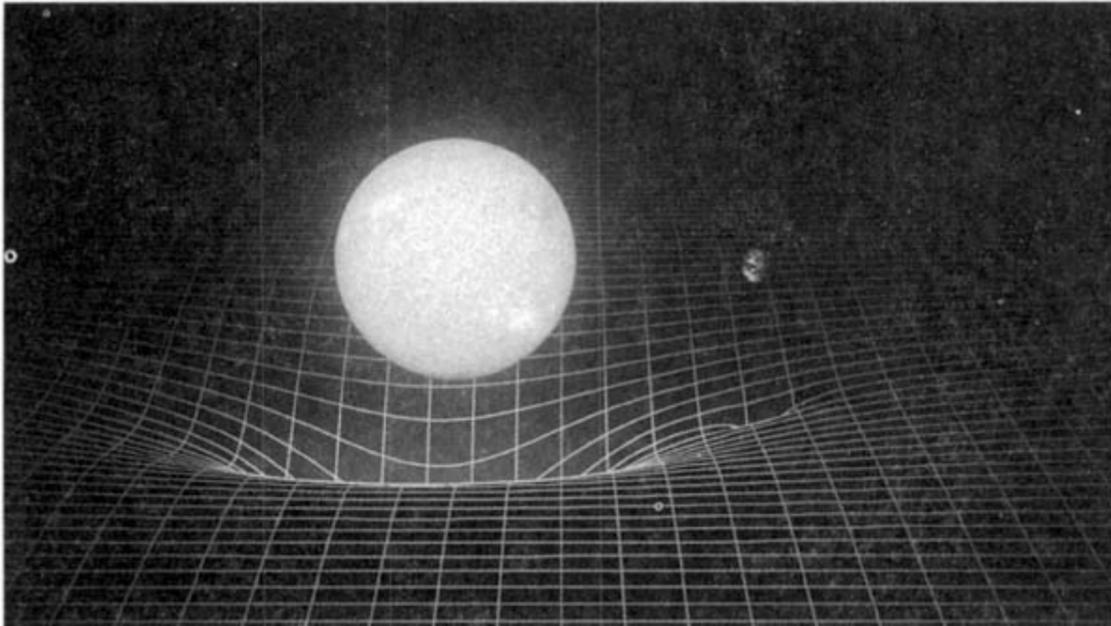
[打印](#) [推荐](#)

图2 星体(比如太阳与地球)之间的引力来自时空的扭曲, 图片来自LIGO

通常物体间的引力很弱。但宇宙天体的质量巨大, 所以它们之间的引力很大。理论表明, 引力波主要来自宇宙中的超新星爆发、中子星、黑洞等致密天体以及宇宙大爆炸。

引力波很难探测, 因为最强的引力波导致的相对长度变化也只有0.001(其中小数点后面有21个0)。

1974年, 拉塞尔·艾伦·赫尔斯(Russell Alan Hulse)和约瑟夫·胡顿·泰勒(Joseph Hooton Taylor)发现引力波导致一个中子星和与之互相环绕的伴星之间的距离越来越小, 因此获1993年诺贝尔物理学奖, 但直到2015年, 引力波还没有被直接探测到。

引力波如何被探测到?激光干涉引力波天文台(LIGO)的探测原理基于激光干涉。LIGO包括两个同样的探测器, 它们相距3002公里, 分别位于美国华盛顿州与路易斯安那州。两个探测器共同工作, 可排除其他信号, 比如地震。每个探测器是一个巨大的迈克尔逊干涉仪(图3), 有两个互相垂直的、约4公里长的臂, 构成L-形。一束激光分成两束, 分别进入两臂。在每个臂中, 激光被两端的镜子来回反射多次。最后两束激光再叠加起来, 这就是干涉。叠加(干涉)以后的光强决定于两臂长度差, 所以用来测量两臂长度差。

引力波经过探测器时, 每个臂的长度都时长时短地振荡, 而且步调相反, 一个臂变长时, 另一个变短。所以两臂长度差也在振荡, 从而激光干涉的光强也在振荡。由此就可以反推出引力波的性质(图4, 图5)。

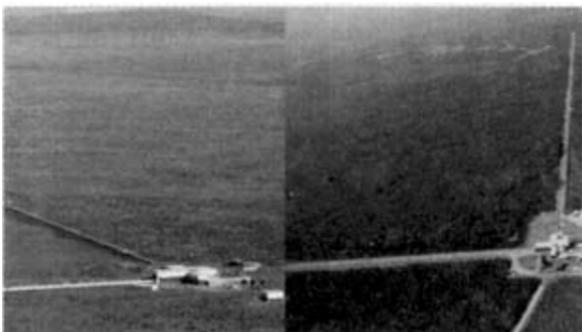


图3 相距3002公里的两个巨大的迈克尔逊激光干涉仪, 图片来自LIGO

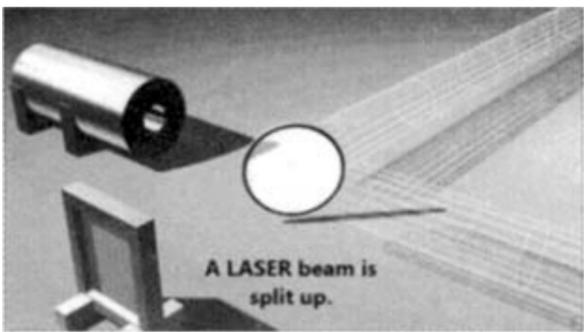


图4 LIGO探测引力波的原理示意图

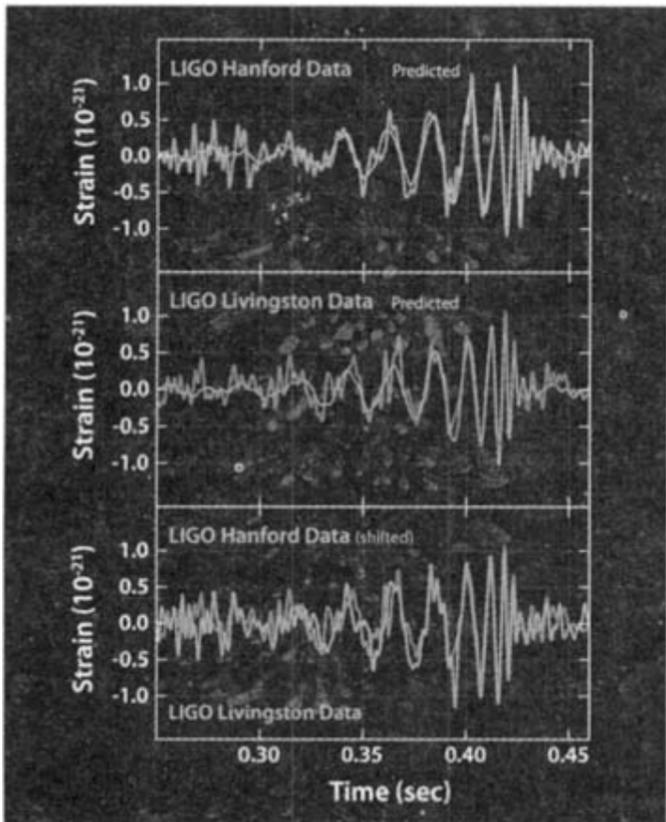


图5 引力波引起的LIGO的每个干涉仪的两臂相对长度差随时间振荡。

LIGO测到，干涉仪的臂发生了 4×10^{-19} 米的长度改变。作为人类历史上最精密的测量，这里的测量技术与量子物理相关。

2016年2月11日，LIGO合作组宣布，他们于2015年9月14日探测到了引力波，它来自一个质量为36太阳质量的黑洞与一个29太阳质量的黑洞的碰撞，然后并合为一个62太阳质量的黑洞，失去的3太阳质量转化为引力波的能量。“太阳质量”是天体质量的单位，1个太阳质量意思就是说，它的质量等于太阳的质量。

2015年12月26日和2017年1月4日，LIGO又先后两次探测到黑洞并合产生的引力波。

很多科学家对LIGO的成功作出了贡献。特别一提的是，最早提出用激光干涉仪探测引力波并作噪声分析的雷纳·韦斯(Rainer Weiss)、对激光干涉仪的稳定性和敏感性作出重要贡献的罗纳德·德雷弗(Ronald Drever)、对引力波探测和LIGO作了很多理论工作的基普·索恩(Kip Stephen Thorne)以及建立LIGO国际合作并将其转化为大科学的巴里·巴里什(Barry Clark Barish)。不幸的是，德雷弗于2017年3月去世。

“复旦-中植科学奖”由复旦大学和中植企业集团合作设立，以表彰在数学、物理学和生物医学三个学科领域做出原创性杰出贡献的全球科学家。该奖项每三年在这三个学科领域中轮流评奖，今年将授予在物理学领域做出杰出贡献的科学家。

“复旦-中植科学奖”理事会决议，将2017年“复旦-中植科学奖”授予：雷纳·韦斯(Rainer Weiss)，麻省理工学院教授：发明的激光干涉引力波探测器是LIGO装置的基础。他首次分析了探测器的主要噪声来源，并领导了LIGO仪器科学的研究，最终使LIGO达到了足够的灵敏度，在人类历史上第一次探测到了引力波。

基普·索恩(Kip S. Thorne)，加州理工学院教授：奠定了引力波探测的理论基础，他开创了引力波波形计算以及数据分析的研究方向，并对LIGO仪器科学做出了重要贡献，特别是提出了量子计量学理论的一系列基本概念。

巴里·巴里什(Barry Barish)，加州理工学院教授：领导了LIGO建设及初期运行，建立了LIGO国际科学合作，他把LIGO从几个研究小组从事的小科学成功地转化成了涉及众多成员并且依赖大规模设备的大科学，最终使引力波探测成为可能。

LIGO探测到引力波，意义不仅在于直接验证广义相对论预言的引力波的存在，还在于开启了对强引力以及黑洞的直接观测，打开了认识宇宙的一个新窗口。在这之前，我们关于宇宙的信息来自宇宙中传来的电磁波和高能粒子，而引力波带来了主宰宇宙的引力的直接信息。

作者简介

姓名: 施郁 工作单位:

分享到:

转载请注明来源: [中国社会科学网](#) (责编: 李秀伟)

相关文章

首页 >> 哲学 >> 科学技术哲学

施郁:引力波猎手

2018年09月06日 11:18 来源:《科学文化评论》 作者:施郁

字号

打印 推荐

二、引力波得诺贝尔物理学奖?可能还有神秘人物来分享

去年诺贝尔物理学奖公布前,我认为不会授予当年2月宣布的引力波的发现,而是会授予凝聚态物理中的拓扑方向。今年年初,我在“知识分子”年会演讲中说引力波的直接探测将获得2017年诺贝尔物理学奖。

对LIGO直接探测到引力波的科学贡献最大的是:最早提出用激光干涉仪探测引力波并作噪声分析的雷纳·韦斯、对激光干涉仪的稳定性和敏感性作出重要贡献的罗纳德·德雷弗、对引力波探测和LIGO作了很多理论工作的基普·索恩。而巴里·巴里什对建立LIGO国际合作并将其转化为大科学作出了关键贡献。

最近,复旦-中植奖授予了韦斯、索恩和巴里什。

德雷弗2017年3月7日不幸去世。

我觉得,今年的诺贝尔物理学奖确实会授予对LIGO作出杰出科学贡献的韦斯和索恩。

但是,每项诺贝尔奖可以授予一到三人,那第三个机会是给予巴里什还是放弃?

我觉得都不会。

我觉得第三个获奖者可能是:

……①

斯蒂芬·霍金(Stephen William Hawking)!

是的,当今最著名的理论物理学家霍金。长期以来,天下人都知道,他对引力和宇宙学的贡献是伟大的,但是难以得到实验证实。

然而,引力波的直接探测已经改变了这一点,也就是说,他有一部分工作与之关系密切!

霍金早年曾证明爱因斯坦方程的具有平滑视界的定态解必须是轴对称的。

1970年,他提出,黑洞的视界面积不会减小。接着又以此为第二定律,与巴丁(James Bardeen)和卡特(Bradon Carter)提出黑洞动力学四定律。

他与卡特、伊斯雷尔(Werner Israel)和罗宾逊(David C. Robinson)在某些前提条件下证明了惠勒(John Wheeler)猜想的“黑洞无发定理”:黑洞只需要由质量、电荷和转动角动量描述。

1971年,他还利用面积不减定理研究了黑洞碰撞产生的引力波的能量上限。据称他还设计过引力波探测器。

迄今,已公布了四次引力波事件:前三次都是LIGO的两个探测器的结果;最近一次,即9月27日公布的结果,是位于意大利的VIRGO探测器与LIGO的两个探测器联合工作的结果;另外还有一次置信度低的事件。这些都是黑洞并合导致的引力波。每次黑洞并合成的大黑洞质量都小于原来两个小黑洞的质量之和,失去的质量转化为引力波的能量。

可以验证,每次得到的大黑洞的质量的平方都大于原来的两个小黑洞的质量平方之和。因为黑洞的视界面积正比于质量的平方,所以这就验证了面积不减定理——即霍金的观点。

综上所述,我猜测2017年诺贝尔物理学奖可能授予对引力波直接探测及黑洞物理作出杰出贡献的科学家:

雷纳·韦斯:最早发明用激光干涉探测引力波并作噪声分析,领导了LIGO研究。

基普·索恩:引力波探测与LIGO的理论工作以及相关的量子测量理论。

新闻搜索



24小时排行

同舟共济,坚决打赢疫情防控阻击战
叙事的双重动力:不同互动关系以及
“最早的中国”新解
中共中央政治局常务委员会召开会议
马克思主义民族过程理论述论

斯蒂芬·霍金：关于广义相对论、黑洞和引力波的一系列理论工作，包括轴对称证明、面积不减定理、黑洞碰撞产生的引力波能量上限。

诺贝尔奖颁奖词会强调，LIGO直接探测到黑洞并合产生的引力波，不仅是验证了广义相对论和引力波的存在，更重要的是打开了观测宇宙的新窗口，实现了强引力区和黑洞的直接观测。

[首页](#) [上一页](#) [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [下一页](#) [尾页](#) 跳转到: [3](#) [前往](#)

作者简介

姓名：施郁 工作单位：

分享到：

转载请注明来源：[中国社会科学网](#)（责编：李秀伟）

相关文章

加快构建中国特色新闻学“三大体系”
历史唯物主义与当代中国
建国初期突发事件的应对机制



我的留言

[关注社科网官方微博](#) [视频](#) [图片](#)

用户昵称： (您填写的昵称将出现在评论列表中) 匿名



3151 提交

所有评论仅代表网友意见

人参与 **0** 评论

最新发表的评论0条，总共0条

[查看全部评论](#)

今日热点

万振凡：中央苏区乡村基层政权运作特征及其启示

不断增强思想建党、理论强党的坚定性

清雍正斗彩团花纹罐

释陶石文中的“巫”字

赵义良：凝聚众志成城抗疫情的强大力量

“艺术需要”不应成为吸烟镜头的借口

[回到频道首页](#)

[中国社会科学院概况](#) | [中国社会科学杂志社简介](#) | [关于我们](#) | [法律顾问](#) | [广告服务](#) | [网站声明](#) | [联系我们](#)

值班电话：010-84758788 E-mail: zgshkxw_cssn@163.com 京ICP备11013869号

中国社会科学网版权所有，未经书面授权禁止使用

Copyright © 2011-2019 by www.cssn.cn. all rights reserved



首页 >> 哲学 >> 科学技术哲学

施郁:引力波猎手

2018年09月06日 11:18 来源:《科学文化评论》 作者:施郁

字号

打印 推荐

三、后续

以上两部分原是笔者在诺贝尔奖宣布前发表于微信公众号的两篇文章，其中第一部分也是作者在复旦-中植科学奖新闻发布会上所作的科学背景介绍(图6)。

在上面第二部分里提到了一个新结果，那是在复旦-中植科学奖宣布的6天后，9月27日，LIGO和靠近意大利比萨的引力波天文台VIRGO宣布，他们于8月14日，共同探测到一次黑洞合并产生的引力波。

10月3日，瑞典皇家科学院宣布②，2017年诺贝尔物理学奖一半授予韦斯，另一半授予索恩和巴里什，“因为他们对LIGO探测器和引力波观测的决定性贡献(for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves)”。

对于三位科学家各自的贡献，诺贝尔奖官方新闻发布并没有如复旦-中植奖决议中那样做详细介绍，也没有如本文作者那样每人做一句话的总结。在中国，很多诺奖报道和评论不加注明地使用了笔者9月22日微信文章(即本文第一部分)的内容③，甚至沿用了与诺奖不同的复旦-中植奖获奖人顺序和本文所用照片。笔者将诺奖官方新闻发布的开头试译如下④：

2015年9月14日，宇宙中的引力波被第一次观察到。爱因斯坦一百年前预言的这个波来自两个黑洞的碰撞。这个波花了13亿年到达美国LIGO探测器。信号到达地球时特别弱，但是已经能够带来天体物理的革命。引力波是观察空间中最激烈的事件、检验我们知识范围的全新的途径。

将结尾试译如下：



图6 本文作者在复旦-中植科学奖新闻发布会上作简明科学背景介绍(2017年9月21日)

到目前为止所有的电磁辐射和粒子，比如宇宙线和中微子，已经被用来探索宇宙。但是，引力波是时空本身的撕裂的直接证明。这是全新而且不同的，打开了没有见过的世界。大量的发现等待着成功捕捉这种波而且诠释它们的讯息的人。

笔者感到非常高兴的是，诺奖官方新闻发布的开头和结尾与笔者的第一篇文章内容和第二篇文章对颁奖词的期待都是一致的，特别是，笔者第一篇文章结尾包含了诺奖官方新闻发布结尾的信息：

新闻搜索

中国社科客户端

中国社科客户端是由中国社会科学院主办，中国社会科学杂志社承办的中国社会科学网官方移动客户端，坚持重大新闻权威发布，前沿学术成果尽收眼底的理念，全力打造全球学术资讯权威发布平台。

中国社会科学网
www.cssn.cn 中国社会科学院主办
中国社会科学杂志社承办

欢迎关注“中国社会科学网”今日头条号

头条 今日头条 APP
打开今日头条APP搜索“中国社会科学网”，点击关注，获取更多学术资讯。

欢迎关注
中国社会科学网
微信公众号
CSSN_CN
获取更多学术资讯

中国社会科学网
SSN

欢迎关注“中国社会科学网”新浪微博

微博 打开新浪微博搜索“中国社会科学网”，点击关注，获取更多学术资讯。

中国社会科学网
m.cssn.cn 手机版

24小时排行

- 同舟共济，坚决打赢疫情防控阻击战
- 叙事的双重动力：不同互动关系以及“最早的中国”新解
- 中共中央政治局常务委员会召开会议
- 马克思主义民族过程理论述论

LIGO探测到引力波，意义不仅在于直接验证广义相对论预言的引力波的存在，还在于开启了对强引力以及黑洞的直接观测，打开了认识宇宙的一个新窗口。在这之前，我们关于宇宙的信息来自宇宙中传来的电磁波和高能粒子，而引力波带来了主宰宇宙的引力的直接信息。[1]

在10月4日的诺奖解读中，笔者写道：

可以期待，引力波的观测将会更加常态化，引力波天文学将会发展起来，其他引力波源，比如中子星并合、超新星爆发等等将来也应该会被观测到。[3]

话音刚落，这句话被应验了。10月16日，LIGO和VIRGO又宣布，他们于8月17日第一次观测到两个中子星并合产生的引力波。这个事件还产生了短伽马射线暴，被费米(Fermi)伽马射线空间望远镜卫星和国际伽马射线天体物理学实验室卫星(INTERNATIONAL Gamma-Ray Astrophysics Laboratory Fermi, 简称INTEGRAL)的伽马射线探测器探测到。全球70多个涵盖各个电磁波波段的望远镜对这个伽马射线暴的余辉进行了观测，确定它位于长蛇座的星系NGC4993。观测结果认定了这是一个中子星碰撞并合过程，导致短伽马射线暴，并表明中子星碰撞导致快速中子俘获过程，是合成金、铂等比铁重的元素的主要来源，而且所产生的放射性原子核的衰变还导致被称作千新星的强烈电磁辐射。引力波天文台与传统天文望远镜合作观测中子星并合表明，引力波和电磁波的探测可以协同进行，标志着引力波天文学，乃至多信使天文学确实开始了。

11月15日，LIGO又宣布了6月8日探测到的一次黑洞并合产生的引力波。所以总共观测到5次黑洞并合产生的引力波，1次中子星并合产生的引力波。另外，2015年10月12日，LIGO曾探测到一次可信度较低的信号，有87%的可能性源自天体物理事件。

有趣的是，在LIGO官方网站上^⑤，复旦-中植科学奖、LIGO和VIRGO共同探测到引力波、诺贝尔奖、中子星碰撞和最近一次宣布的引力波事件等5条新闻依次排列(图7)。



图7 LIGO网站上的新闻，按时间逆序排列，最下面的是关于复旦-中植科学奖。

本文第一节原载于“知识分子”微信公众号(2017-09-22)，是作者9月21日在第二届复旦-中植科学奖新闻发布会上所作的科学背景介绍，见[1]；第二节原载于“果壳科学人”微信公众号(2017-09-30)，见[2]。经作者修订补充后发表。

注释：

①原文使用了25行省略号，此处略。

②根据诺贝尔奖官方资料，见www.Nobelprize.org。

③施郁：我9月22日的引力波文章被广泛抄袭，见科学网博客，<http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=4395&do=blog&id=1088217>。

④根据诺贝尔奖官方资料，见www.Nobelprize.org。

⑤根据LIGO网站，见www.Ligo.caltech.edu。

原文参考文献：

[1]施郁.三位引力波猎手，获第二届“复旦-中植科学奖”[Z].知识分子.2017-09-22.

[2]施郁.引力波得诺贝尔物理学奖?可能还有神秘人物来分享?[Z].果壳科学人.2017-09-30.

作者简介

姓名: 施郁 工作单位:

分享到: 转载请注明来源: [中国社会科学网](#) (责编: 李秀伟)

相关文章



我的留言

关注社科网官方微博 视频 图片

用户昵称: (您填写的昵称将出现在评论列表中) 匿名



所有评论仅代表网友意见

人参与 0评论

最新发表的评论0条, 总共0条

[查看全部评论](#)

今日热点

- 万振凡: 中央苏区乡村基层政权运作特征及其启示
- 不断增强思想建党、理论强党的坚定性
- 清雍正斗彩团花纹罐
- 释陶石文中的“巫”字
- 赵义良: 凝聚众志成城抗疫情的强大力量
- “艺术需要”不应成为吸烟镜头的借口

[回到频道首页](#)

[中国社会科学院概况](#) | [中国社会科学杂志社简介](#) | [关于我们](#) | [法律顾问](#) | [广告服务](#) | [网站声明](#) | [联系我们](#)

值班电话: 010-84758788 E-mail: zgshkxw_cssn@163.com 京ICP备11013869号

中国社会科学网版权所有, 未经书面授权禁止使用

Copyright © 2011-2019 by www.cssn.cn. all rights reserved

