

Physics World 评出2017年度物理学10项突破性进展

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Hamish Johnston. *Physics World*, December 11, 2017)

Physics World 的2017年度突破奖授予天文学家和天体物理学家组成的国际团队，他们开创了天文学领域的新时代：第一次实现了(中子星并合)引力波的多信道观察。九项其他成就也被高度评价，它们涵盖从拓扑物理到埃及学等领域。

10项突破性进展的评选标准包括：研究的基本重要性；显著的知识进展；理论与实验间的紧密关联；所有物理学家的普遍兴趣。

1 中子星并合的首次多信道观察

2017年8月17日，LIGO-Virgo 引力波探测器、费米伽马射线太空望远镜和 INTEGRAL

伽马射线空间望远镜，几乎同时探测到信号。信号来自两颗中子星的并合——该观察对象现在被称为 GW 170817(图1)。这是LIGO-Virgo 科学家第一次看到中子星并合，并且5个小时后，他们已经确定了信号源在天空中的位置。在接下来的几个小时和数天里，70多台望远镜对准 GW170817 目标，做出了大量观察，它们涉及：电磁波谱的伽马射线、X射线、可见光、红外和射电信号。天体物理学家也在寻找中微子，但没有发现。

这些协同观测已经提供了大量的信息：当中子星以所谓的“kilonova” (千颗超新星)能量碰撞时会发生什么。这些观测已经提供了重要的线索：宇宙中的重元素(例如金)是如何产生的。从中子星并合所获得的测量引力波和可见光的能力，也为测量宇宙之膨胀速率提供了一种新的独立的方法。此外，这一观测还解决了一则长期争论，即关于短时、高能之伽马射线暴的起源。

今年的突破奖授予了数千名科学家，他们工作在全世界近50个协作团队中。虽然有些奖项，特别是诺贝尔奖，是颁给个人而不是团体的，但这次我们 *Physics World* 强调：科学是一种合作努力。进而，我们认为，GW170817的多信道观测体现了科学的协作性质。当来自世界各地的人们为了共同的科学事业走到一起时，我们对宇宙的知识才能不断深化，这是光辉的一例。

The Astrophysical Journal Letters 上有一篇关于多信道观察的全面综述，以及一份所有参加协作的科学家和科研团队的完整清单。播客“用引力波探索宇宙”(Exploring the cosmos with gravitational waves)的节目，采访了一些参与引力波观测的科学家。要想更深入地了解这些最新发现的意义，请看电子书

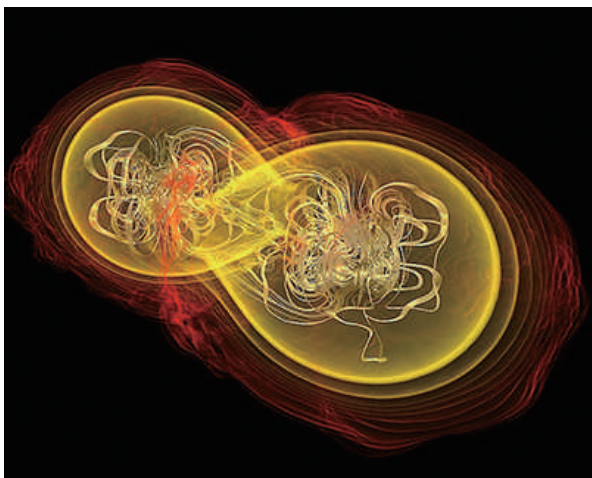


图1 多信道：两颗中子星并合对引力(见左侧)和物质的影响

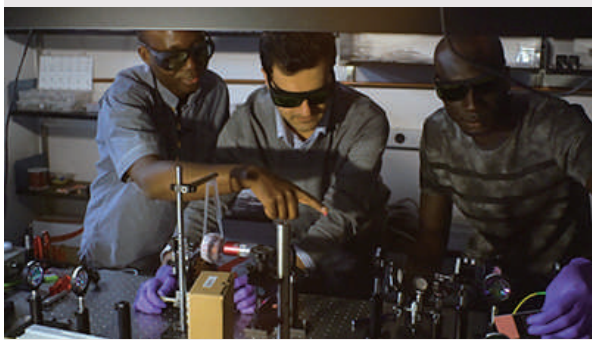


图2 开发所有的选项：新的拓扑激光器可以有任何形状的激光腔

“多信道天文学”(Multimessenger Astronomy), 这本书可以免费阅读。

下面介绍其他9项突破性进展, 排名不分先后。

2 物理学家创建第一台“拓扑”激光器

在圣地亚哥加州大学的Bouba-car Kanté和他的同事们, 创建了第一台“拓扑激光器”(图2)。该装置包含围绕任何形状腔体的光之蛇行线, 以至于光不被散射, 非常类似在拓扑绝缘体的表面上电子的运动。激光器在电信波长下工作, 并且可能形成更好的光子线路, 甚至保护量子信息不受散射。

3 闪电产生放射性同位素

京都大学的Teruaki Enoto及其同事, 首次提供了详细的、令人信服的证据: 雷击会导致大气中放射性同位素的合成。物理学家已经知道, 雷击会产生伽马射线和中子, 并且猜测: 空气中的这种辐射和氮核之间的相互作用会产生放射性核。Enoto和同事们通过测量伽马射线(核衰变指示)信号, 证实了这一点, 该信号在雷击后大约1分钟达到峰值。他们说, 这是产生放射性核(如氮-13)的证据。

4 将诺贝尔奖获奖技术结合起来, 开发出超分辨显微镜

获奖者: Francisco Balzarotti, Yvan Eilers, Klaus Gwosch, Stefan Hell和同事们(图3)。在马克斯普朗克生物物理化学研究所、乌普萨拉大学和布宜诺斯艾利斯大学, 他们开发了一台新型超高分辨率显微

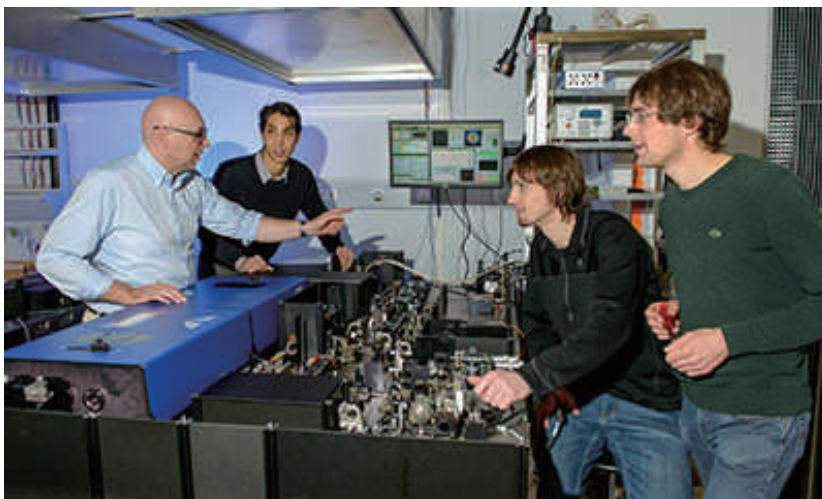


图3 圈饼店: Stefan Hell(左)和同事们



图4 注视天空: 位于阿根廷的切伦科夫探测器

镜, 可用于实时跟踪活细胞中的生物分子。新技术被称为最大信息发光激发探测(MINFLUX), 它结合了两项诺贝尔奖获奖技术的优点, 其中之一是由Stefan Hell发明。MINFLUX达到纳米尺度的分辨率更快, 但与先前之可能相比, 发射较少光子。

5 无粒子交换的量子通讯在实验室中实现

获奖者: 布里斯托尔大学的Hatim Salih和中国科学技术大学的

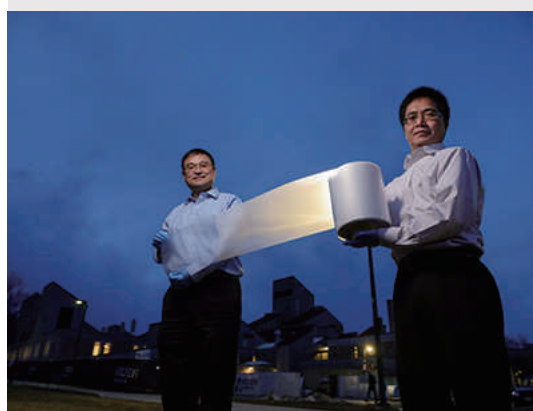


图5 冷却用薄膜: 由玻璃和聚合物超构材料辊压而成

潘建伟以及同事们。他们在理论和实验两方面实现了, 在没有任何粒子交换的情况下利用量子物理传输信息。4年前, Salih和他的同事们提出了一种新的量子通信方案, 不

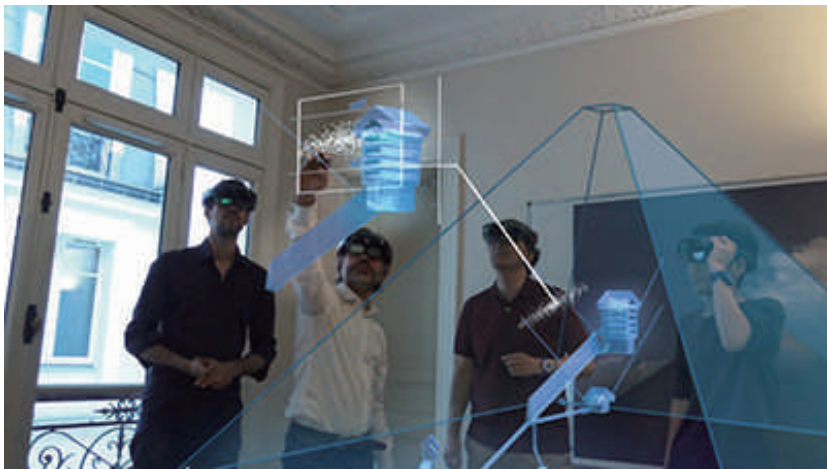


图6 什么在里边：使用虚拟现实探究胡夫金字塔

需要任何物理粒子的传输。尽管一些物理学家对此持怀疑态度，但今年由潘建伟领导的团队在实验室中创建了一个这样的系统；并使用它传输一个简单的图像，过程中几乎没有光子发送。这项技术又被称为“反现实成像” (counterfactual imaging)，该技术可以方便地用于精美古代艺术品(这些艺术品不能暴露在直射光下)的成像。

6 超高能宇宙射线具有超星系起源

获奖者：Pierre Auger Observatory collaboration(天文台协作组)。他们证明，超高能宇宙射线来自银河系之外。几十年来，天体物理学家一直认为，能量大于 $1 \text{ EeV}(10^{18} \text{ eV})$ 的宇宙射线可能来自这些粒子到达的方向。这与低能量宇宙射线不同，低能粒子在被银河系磁场偏转后，接收似乎是来自各个方向。现在，位于阿根廷的 Pierre Auger 1600 切伦科夫粒子探测器(图4)已经揭示，超高能宇宙射线的到达率(就半个天穹而言)比此前认为的更大。更重要的是，多出来的高能粒子其来

向远离银河系的中心——这表明宇宙射线有超星系起源。

7 在实验室中构建“时间晶体”

获奖者：马里兰大学的 Christopher Monroe 和哈佛大学的 Mikhail Lukin 以及同事们。他们独立地创造了“时间晶体”(time crystals)。就像传统的晶体一样，自发地破缺平移对称性；时间晶体也自发地破缺离散时间对称性。时间晶体最初是在5年前被预言，现在两个以自旋为基础的系统已经被创建，系统具有类似于时间晶体的性质。Lukin 使用金刚石缺陷中的自旋，而 Monroe 的自旋是被捕获的离子。

8 无需功率输入超构材料增进自然冷却

获奖者：科罗拉多博尔德大学的 Rongui Yang 和 Xiaobo Yin，以及同事们。他们创造了一种新的超构材料薄膜，这种薄膜可以提供冷却功能，而无需电功率输入(图5)。

这种材料由玻璃微球、聚合物和银制成，材料采用被动辐射冷却，将薄膜覆盖于物体上使其散热。物体以红外辐射的形式发射能量，该能量可以穿透大气层(碰巧辐射波长与大气窗口匹配)，最终进入太空。这种超构薄膜还反射阳光，这意味着它白天和黑夜都在工作。但或许最重要的是，它能够以工业规模廉价生产。

9 终于测得了三光子相干

获奖者：滑铁卢大学的 Sascha Agne 和 Thomas Jennewein，牛津大学的 Stefanie Barz, Steve Kolthammer 和 Ian Walmsley，以及同事们。他们独立地测量了涉及三个光子的量子干涉。要看到该效应是非常困难的，因为它需要能够同时将三个不可区分的光子递送到相同的位置，并且还要确保从测量中消除单光子和双光子干涉效应。实验也为量子力学的基本原理提供了深入的见解；同时，三光子相干也可以用于量子密码术和量子模拟器。

10 μ 子探测到埃及金字塔内隐藏有巨大空隙

获奖者：ScanPyramids 协作组。研究者通过使用宇宙射线 μ 子，在埃及吉萨的胡夫金字塔内部发现：存在有迄今未知的巨大空隙之证据(图6)。在金字塔内部和周围放置不同类型的 μ 子探测器，研究组测量了：当 μ 子群流过这个巨大的结构时，是如何衰减的。计算机算法对数据进行了分析，发现金字塔深处有一个意想不到的巨大的空隙。