

这次,爱因斯坦又对了

大黑洞和相对论最详细研究出炉

■本报记者 唐凤

现在,研究人员在银河系中心巨大黑洞的附近进行了最全面的广义相对论测试。

美国加州大学洛杉矶分校(UCLA)物理学和天文学教授 Andrea Ghez 研究组在7月25日的《科学》上发表报告,支持了爱因斯坦的广义相对论。

“我们的结论是,爱因斯坦是对的,至少目前来看是这样。”该论文通讯作者、UCLA 物理学与天文学系的 Tuan Do 在接受《中国科学报》采访时说,“我们正在测试的一项广义相对论的内容是,光在黑洞强引力下的行为。”

Do 提到,广义相对论认为,当光从恒星向我们传播时,它将失去能量。能量的损失意味着光变得更红,这就是为什么它被称为引力红移。“我们测量到的红移与广义相对论的预测是一致的,但与牛顿关于引力的预测非常不同。”

Ghez 也表示,“我们完全可以排除牛顿引力定律,不过爱因斯坦的理论无疑也显示出脆弱性,它不能完全解释黑洞内部的引力。在某种程度上,我们需要超越爱因斯坦的理论,建立一个更全面的引力理论,解释黑洞是什么。”

广义相对论是“最好描述”

爱因斯坦 1915 年提出的广义相对论认为,我们所感知的重力来自时空曲率,像太阳和地球这样的物体会改变几何形状。

以几何语言建立而成的广义相对论,不仅预言了引力波的存在,还推导出某些大质量恒星会终结为一个黑洞——时空中的某些区域发生极度扭曲以至于连光都无法“逃逸”。

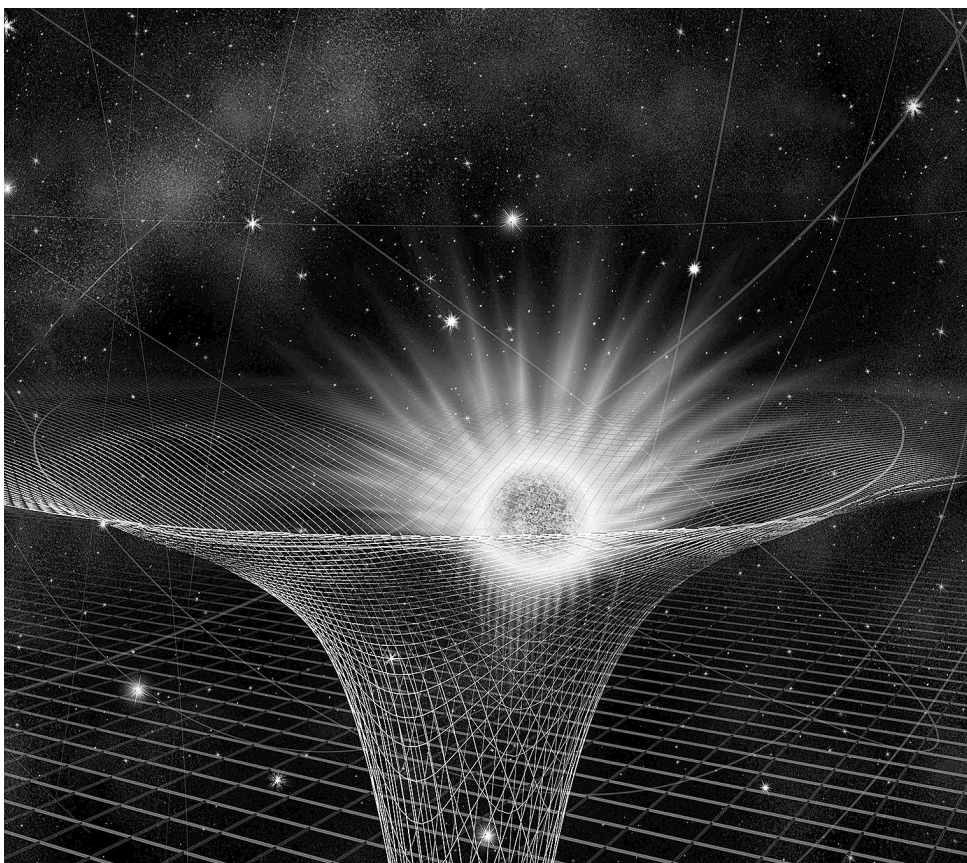
Ghez 提到,在爱因斯坦发表广义相对论 100 多年后,这一理论开始受到质疑。

“实际上,人们并不是真的在怀疑广义相对论,而是这个理论不完整。”Do 说,“我们知道广义相对论很难描述非常小但重力非常大的物体,比如黑洞。这就是为什么我们想要测试广义相对论关于黑洞的预测。”

通过这些极端环境下的测试,研究人员希望可以观察到是否有某些测量值会偏离广义相对论。“这将为提供新的物理线索。”Do 说。

无论如何,Ghez 认为,现在看来,爱因斯坦的理论是对引力如何起作用的最好描述。

黑洞具有超强引力,也被认为是检验广义相对论强引力场理论的“完美实验室”。因此,Ghez 团队对超大质量黑洞附近的现象进行了直接测量,Ghez 将其描述为“极端天体物理学”。



S0-2 恒星最接近银河系中心的超大质量黑洞

图片来源: Nicolle R. Fuller

拿到入场券

Ghez 的团队观察一颗被称为 S0-2 的恒星在银河系中心超大质量黑洞周围的三维空间中走完一个完整轨道的情况。S0-2 走完整个轨道需要 16 年,而该黑洞的质量大约是太阳的 400 万倍。

之所以选择 S0-2 有数个原因。Do 提到,它是黑洞附近最亮的恒星之一,且周期很短,只有 16 年。“这意味着我们能够得到关于这颗恒星的大量数据。”他说。

而且,到目前为止,它是唯一一颗拥有多个轨道光谱测量数据的恒星,S0-2 的第一个光谱数据来自 2000 年。

研究人员在恒星离这个巨大黑洞最近时采集了关键数据。这个被 Ghez 描述为来自恒星的“光彩虹”的光谱,显示了光的强度和恒星的组成,并提供了关于光从恒星传播的重要信息。Ghez 团队还将这些数据与过去 24 年中所做的测量数据进行了结合。

此外,由该校 James Larkin 领导的团队在

UCLA 建造的光谱仪上,利用夏威夷凯克天文台收集的光谱,以之前无法达到的精度揭示了 S0-2 的运动。研究人员在凯克天文台拍摄的恒星图像提供了另外两个维度。

“S0-2 的特别之处在于它的完整轨道是三维的。”Ghez 说,“这给了我们进入广义相对论测试的‘入场券’。我们了解了引力在超大质量黑洞附近的行为,以及爱因斯坦的理论是否告诉了我们全部的‘故事’。看到恒星走完整个轨道,为测试基础物理学提供了第一个机会。”

最详细研究

这个实验依赖于能够非常精确地测量 S0-2 环绕超大质量黑洞的轨道,以测量广义相对论对恒星的影响。“我们需要 24 年的所有数据来了解这个轨道的牛顿性质,以确保我们所看到的红移偏差确实是由广义相对论造成的。”Do 说。

研究人员研究了从 S0-2 到地球的光子。

在离黑洞最近的时候,S0-2 以每小时 1600 多万英里的惊人速度绕着黑洞运动。爱因斯坦曾认为,在靠近黑洞的这个区域,光子必须做额外的工作。它们离开恒星时的波长不仅取决于恒星移动的速度,还取决于光子为逃离黑洞强大的引力场而消耗的能量。

最终,研究人员检测了相对论红移和重力红移的组合,并用红移参数 γ 进行量化。得出的结果 $\gamma=0.88 \pm 0.17$,与广义相对论($\gamma=1$)相吻合,排除了牛顿模型($\gamma=0$),统计学标准偏差值为 5。

Ghez 研究组还研究了超大质量黑洞附近的时空混合。“在牛顿万有引力理论中,空间和时间是分开的,不能混合在一起,而在爱因斯坦的理论下,它们在黑洞附近完全混合在一起。”她说。

这项工作也被认为是迄今为止对超大质量黑洞和爱因斯坦广义相对论进行的最详细的研究。

美国国家科学基金会天文学部主任 Richard Green 说:“要想测量出如此重要的天文现象,需要多年的耐心观察,而最先进的科学技术使之成为可能。”

凯克天文台主任 Hilton Lewis 称,Ghez 是天文台最热情、最顽强的用户之一,“她最新的突破性研究,是过去 20 年来坚定致力于解开银河系中心特大质量黑洞之谜的结果”。

实际上,去年夏天,Ghez 就有机会发表部分数据,但是为了让团队先全面分析数据,她选择不发表。

“我们正在学习重力是如何作用的。它是 4 种基本力量之一,也是我们测试最少的一种。有很多问题我们还没有问,比如重力是如何在这里工作的?”Ghez 说,“我们很容易过于自信,有很多方法会误读数据,很多小错误会累积成大错误,这就是为什么我们没有匆忙进行分析。”

下一步,研究人员计划测试广义相对论预测的时空特性。“我们的目标是测量 S0-2 的进动,或者说轨道的旋转。牛顿引力预测恒星在走完一个轨道后会回到相同的位置,但是在广义相对论中,恒星轨道进动,所以它会回到一个稍微不同的位置。通过观测未来几年 S0-2 的位置,我们应该能够探测到这种差异。”Do 说。

未来,研究人员希望能利用其他的星星。Ghez 最感兴趣的恒星是 S0-102,它的轨道最短,绕黑洞运行一周需要 11 年半。相比之下,Ghez 研究的其他大多数恒星走完轨道的时间比人类的寿命长得多。

相关论文信息:

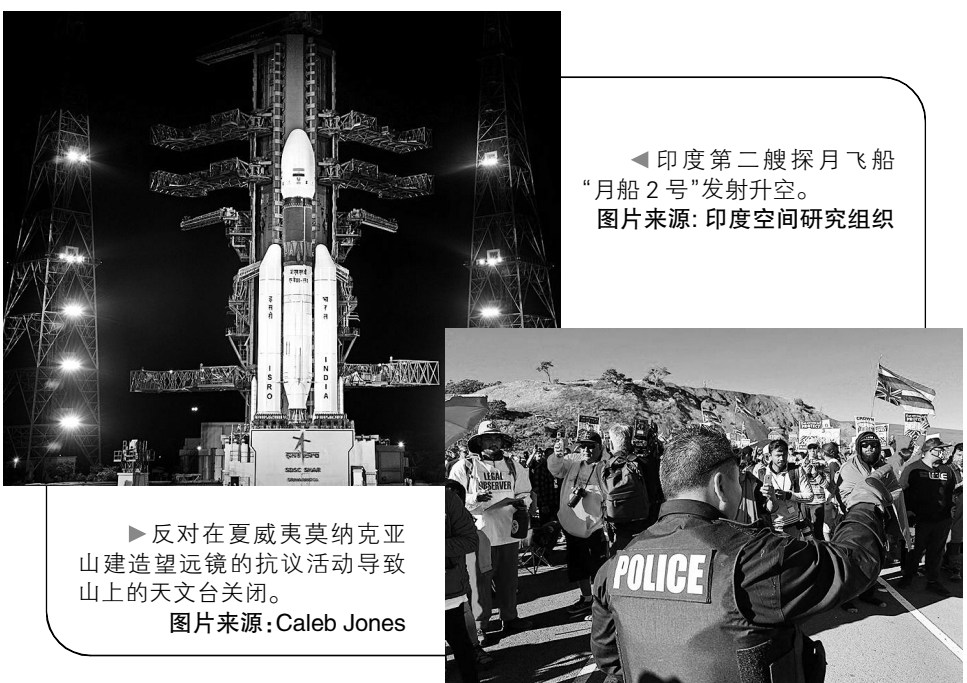
<https://doi.org/10.1126/science.aav8137>

科学七日

空间

印度探月飞船成功发射

7月22日,印度发射了第二艘探月飞船,此前一周,印度因火箭技术故障而暂停了一次发射尝试。此次发射标志着印度首次尝试在月球上实现“软着陆”。这艘“月船2号”宇宙飞船耗资1.41亿美元,搭载“月船2号”的重型火箭,从印度东南部孟加拉湾海岸外的太空中心发射。该航天器由一个轨道器和一个着陆器组成,共携带14件科学仪器,其中13件来自印度,1件来自美国宇航局。这些仪器将探测月球的岩石、土壤、大气和矿物。名为 Vikram 的着陆器计划于今年9月着陆,并释放名为 Pragyan 的六轮漫游者,该漫游者的探测距离为500米。



印度第二艘探月飞船“月船2号”发射升空。图片来源:印度空间研究组织

反对在夏威夷莫纳克亚山建造望远镜的抗议活动导致山上的天文台关闭。图片来源:Caleb Jones

研究

风暴科学

国际空间站的一组照相机在雷暴中心观测到了数百次伽马射线闪光。太空物理学家通过将高能暴流与同一风暴中的闪电波进行比较,揭示高能暴流是如何产生的。来自大气-空间相互作用监测器的数据显示,当强大的电场穿过大气层时,在闪电沿着同样的路径传播之前,就会产生爆炸。这些带电粒子与大气产生了一个超高速伽马射线闪光。科学家于近日在加拿大蒙特利尔举行的国际大地测量学和地球物理学联盟会议上报告了这一发现。

事件

埃博拉紧急情况

7月17日,世界卫生组织(WHO)表示,刚果民主共和国不断恶化的埃博拉疫情是国际社会关注的突发公共卫生事件。该声明是WHO发出的最高警报级别,表明这一事件对多个国家构成风险,需要国际社会做出协调一致的响应。此前有报道称,携带该病毒的人进入了疫情暴发地区以外的区域。在刚果民主共和国,已有2500多人患病,约1700人

死亡。WHO 调查显示,在 2018 年 8 月宣布埃博拉疫情暴发的前几个月,该病毒已经在刚果民主共和国东部传播。

望远镜的抗议

数百名抗议者再次抗议在夏威夷莫纳克亚山建造 30 米望远镜(TMT),称该项目将进一步破坏圣山。目前,山顶上的 13 座天文台已停止收集数据,天文台员工和研究人员也已撤离。麦克斯韦望远镜副主任 Jessica Dempsey 表示,“一旦情况允许”,天文台将恢复正常运行。TMT 工程原定于 7 月 15 日重启,此前由于法律挑战和抗议活动,该工程被推迟了 4 年。夏威夷州最高法院去年 10 月裁定 TMT 的施工许可证是有效的。但是 7 月 13 日,抗议者开始聚集在通往莫纳克亚山的通道底部。警方 7 月 17 日拘留了 33 名夏威夷土著长者,并于当天对他们进行罚单处罚后释放。

月球录像带拍卖

7月20日是“阿波罗11号”登月50周年纪念,美国宇航局(NASA)拍摄的3盘“阿波罗11号”登月的录像带在纽约拍卖会上以180万美元成交。1973年,NASA前实习生 Gary Georg 在一次政府拍卖会上以 217.77 美元的价格买下了这些磁带。直到十多年前,Gary Georg 才意识到它们的重要性。这些视频时长 2 小时 24 分钟,其中包括了阿姆斯特朗登上月球以及在月球表面升起美国国旗的画面。这些录像带只被观看了 3 次,是历史上最原始的月球行走记录之一。负责此次拍卖的 Sotheby's 公司没有透露买家的姓名。

高校

终身教授遭解雇

瑞士联邦理工学院解雇了天体物理学家

Marcella Carollo,原因是她被指控欺凌弱小。这是该学院 164 年来第一次解雇一名终身教授。2017 年初,Carollo 的 12 名在读和结业博士生在证词中抱怨受欺凌和压力过大。该校委托一名外部律师进行了调查,该律师去年得出结论称,Carollo 曾骚扰学生,并建议解雇她。Carollo 否认了所有关于欺凌的指控,她的律师表示,他们正在考虑对法院的解雇判决提出上诉。瑞士联邦理工学院在宣布处理结果的声明中承认,案件的处理程序存在缺陷,并承诺增加监察员人数,确保未来的博士生至少有两名监察员。

气候

最热的六月

根据美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的数据,今年6月是有记录以来最热的6月。全球陆地和海洋表面的平均温度为16.45摄氏度,比20世纪同期的平均温度高出近1摄氏度。NOAA的发现与其他气象机构的发现相呼应,如欧盟哥白尼气候变化服务中心和日本气象厅。根据包括宾夕法尼亚州立大学帕克分校 Michael Mann 在内的气候学家分析,今年的7月份有可能打破气温纪录。如果这种情况发生,这将是地球上所有记录以来最热的一个月。

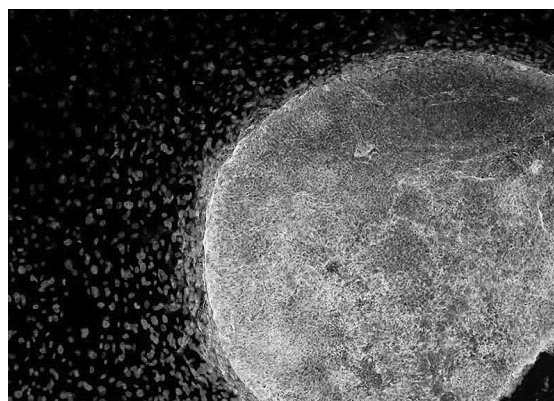
趋势观察

一项分析发现,生活在开阔海域的鲨鱼正被迫与渔场共享大部分栖息地。远洋鲨鱼生活在开阔水域,许多物种每年都要长途迁徙。为追踪它们的活动,2002年至2017年间,英国普利茅斯海洋生物协会 David Sims 领导一个团队,用卫星发射器标记了近 1700 条远洋鲨鱼,并利用来自船只自动识别系统的数据,绘制了延绳渔船的运动图。分析显示,平均在一个月的时间里,鲨鱼使用的 24% 的海洋面积与长线捕鱼作业的面积重叠,在一些地区重叠程度甚至更高。研究作者表示,结果表明,鲨鱼在寻求庇护时没有太多选择。他们建议在重要的鲨鱼聚集区周围建立保护区,因为许多种类的远洋鲨鱼正受到威胁。(辛雨)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

美国加州干细胞研究面临资金困境



2004 年,加州选民同意拨款 33 亿美元成立一个由州政府支持的干细胞研究机构。这次,他们还会继续支持吗? 图片来源:美国斯克里斯普研究所

美国加州干细胞研究的支持者正在推进一项计划,使该州选民支持批准一项 55 亿美元的“救命钱”,以拯救加州再生医学研究所(CIRM)。

美国治疗协会创始人兼主席 Robert Klein 表示,该组织计划在 10 月或 11 月成立一个非营利性游说机构,并支持该提议。该机构的目标是在 2020 年 11 月举行的下一次全州范围选举中,将该计划提交给加州选民。

CIRM 的支持者必须说服大约 62 万名选民签署一份请愿书,支持将该提案付诸表决。如果他们成功了,并且大多数加州人随后投票支持该计划,那么 CIRM 将继续由国家资助。如果选民否决该计划,该机构的未来之路将不明朗。

2004 年,CIRM 通过投票成功设立,并获得 33 亿美元的资金,然而,这笔钱很快被用完。上个月,CIRM 宣布不再接受新的资助申请。

Klein 在 2004 年 CIRM 的投票倡议中发挥了关键作用,并在 2004 年至 2011 年间担任 CIRM 主席。他说:“民意调查显示,很多人支持这项提案的基本框架。大约 70% 的受访者赞成该计划。”他拒绝透露相关调查的其他细节,如调查了多少人。但他表示,继续开展 CIRM 的活动对该机构资助的临床试验的成功有促进作用。

CIRM 的支持者还提出了一些改革建议,以确保该机构的研究造福于加州人民,如创建一个由 10~15 人组成的专门小组,与保险公司和患者合作,以提高临床试验和未来治疗的可行性。

美国乔治亚理工学院科学政策研究员 Aaron Levine 表示,CIRM 已经使加州成为全球干细胞研究的中心。他说:“CIRM 对推动干细胞研究的发展非常重要,特别是在临床前和概念验证领域。”但他不确定这是否能说服选民继续支持该机构。

美国哈佛医学院干细胞研究员 Carla Kim 表示,关闭 CIRM 将立即影响相关研究。她说:“这类研究获得资助并不容易,我认为现在停下来是一种可怕的浪费。”(辛雨)

印尼新推立法或将阻碍国际研究



荷兰环保主义者 Erik Meijaard(左)和 ANJ Agri 棕榈油公司的环保经理 Nardiyono(右)表示,新法律的定义尚不明确。

几个世纪来,印度尼西亚丰富的生物多样性和复杂的地质构成一直吸引着外国科学家。但是印尼议会 7 月 16 日通过的一项法律可能致使外国科学家转战别处。

这项立法对外国科学家在印尼的研究活动进行了严格规定,比如要求他们必须协同本地合作者进行研究,此外,对标本出口近乎完全禁止。这项立法对违反者制定了包括监禁在内的严格制裁措施。

雅加达科研、技术及高等教育部科研发展局局长 Muhammad Dimiyati 表示,该项法律对保护印尼自然资源和本国科技企业发展很有必要。

但是一些印尼科学家担忧这会引发不良后果。“我们的国际合作可能会遭到扼杀。”废物农业大学生物学家、印尼青年科学会干事 Berry Juliandi 说。法国发展研究学会海洋生物学家 Philippe Borsa 表达了同样观点。他认为这项法律对外国研究者不友好,将使它们选择不再回到印尼。

这项新法律下,国家研究署将建立,其可能会兼并许多政府研究中心,包括位于雅加达的印尼科学院。具体细节还需进一步充实,但是一些科学家担忧这个新机构可能会导致权力过度集中。

从现在开始,外国研究者的研究项目必须“对印尼有益”。他们的每项研究都需要通过印尼一个审阅委员会审查。他们必须将主要数据和出版的论文上交政府,同时招聘印尼科学家作为合作者。除非印尼本地实验室无法进行测试,否则研究者不可以把样本,甚至是电子信息带出印尼。在此情况下,他们还必须签署由政府提供模板的所谓材料转移协议。(程唯伽)