



图片来源:《自然》

追溯空间与时间的原点

《自然》杂志聚焦应对物理学终极挑战四大法宝

“想象一下有一天你醒来,意识到自己生活在一个电脑游戏中。”加拿大温哥华不列颠哥伦比亚大学的物理学家 Mark Van Raamsdonk 说。这听起来像是科幻电影,但是对他来说,这个场景是思考现实的一种方法。如果这是真实的,他说:“我们周围的所有东西——整个三维物理世界——就是别处一个二维芯片的编码信息所产生的幻觉。”这将使我们的宇宙及其三维空间成为仅存在于低维度中的基质所投射出的全息图。

即使从理论物理学的一般标准来看,这种“全息原理”也是很奇特的。不过有一小部分研究人员认为这还不够奇特,Van Raamsdonk 是其中之一。Van Raamsdonk 和同事认为,只有能够解释空间和时间从哪里而来,物理学才是完整的。如此激进地对现实进行概念重建,是解释黑洞中心无限致密的“奇点”扭曲了时空结构,以及研究人员如何统一原子级的量子理论与星球级的广义相对论的唯一方法。

“所有的经验告诉我们,我们不应该拥有两个截然不同的现实概念——必然存在一个可以包罗万象的宏大理论。”美国宾夕法尼亚州立大学的物理学家 Abhay Ashtekar 如是说。

寻找这个宏大的理论是一项艰巨的挑战。《自然》杂志介绍了一些有前景的研究路线,以及关于如何验证这些概念的新观点。

万有引力与热力学

有什么证据可以说明确实有比空间和时间更基础的东西呢?一些令人兴奋的线索来自于 20 世纪 70 年代初期的一系列惊人发现。当时,量子力学、引力与热力学、热科学之间的紧密联系变得清晰起来。

1974 年,英国剑桥大学的斯蒂芬·霍金展

示了黑洞周围空间中的量子效应会引起其释放辐射,就像其有很高热量一样。其他物理学家很快发现这种现象十分普遍。即使在完全真空的空间里,正在进行加速的宇航员会感到自己好像在进行热浴一样。如果量子理论和广义相对论是正确的,并被大量实验所证实,那么霍金所说的辐射的存在似乎是不可避免的。

第二个关键发现与其密切相关。在标准热力学中,一个物体只有通过减少熵(内部量子态数量)才能释放热能。黑洞也是如此,但有所差异。在大多数物体中,熵与物体所含的原子数量及其体积成一定比例。但是一个黑洞的熵却与其视界的表面积成比例。似乎其表面可以对内部信息进行编码,正如二维全息图是对三维图像的编码一样。

1995 年,美国马里兰大学物理学家 Ted Jacobson 发现,其中的数学关系用广义相对论的方程可以解释,但使用的是热力学概念,而不是弯曲时空的想法。2010 年,荷兰阿姆斯特丹大学的弦理论学家 Erik Verlinde 表示,时空的统计热力学可以自动生成牛顿时空引力定律。印度校际天文和天体物理学中心的宇宙学家 Thanu Padmanabhan 则发现,爱因斯坦的方程可以用另一种方式表达,从而与热力学法则相一致。

验证这些想法极其困难,但并不是不可能。验证时空是否由离散成分构成的一个常被提及的方式是,在光子从像超新星和 γ 射线爆发等遥远的宇宙事件中前往地球时,寻找其是否存在延迟。短波光感受到的离散性会使其路途崎岖不平,从而稍微放缓速度。今年 4 月,意大利罗马大学的量子引力科学家 Giovanni Amelino-Camelia 和同事发现 γ 射线爆发所释放的光子出现了这样的延迟现象。结果并不明确,但是研究团队计划扩大其搜索

范围,观察宇宙事件产生的高能中微子的旅行时间。

圈量子引力理论

即使上述设想是正确的,但热力学理论并没有告知我们空间和时间的成分是什么。如果时空是一种织物,那么它的线是什么呢?

其中一个可能的答案相当书面化。圈量子引力理论是在 20 世纪 80 年代中期由 Ashtekar 和其他科学家发展起来的,它将时空描述成蜘蛛网,包含着各种信息。其中每一条线最终都会头尾相连形成循环,其携带的信息定义了它们周围的时空织物的形状。

然而,由于这些循环是量子物体,它们也遵循普通量子力学在氢原子中为电子定义最小基态能量的方式,定义了最小单位区域。若试图向其中插入携带更小区域的线,该条额外的线就会与网络的其他部分失去联系。

2006 年,Ashtekar 和同事报告了利用这一事实进行的一系列模拟,使用圈量子引力理论使时钟倒转,并观察在宇宙大爆炸之前发生了什么。今年,乌拉圭大学的物理学家 Rodolfo Gambini 和美国路易斯安那州立大学的 Jorge Pullin 报告了其对黑洞进行的相似模拟。他们发现,在黑洞中心并不存在奇点,而是存在一个可进入空间另一部分的细小的时空隧道。

圈量子引力理论并不是一个完整的统一理论,因为它没有包含其他任何力。此外,物理学家还未发现普通时空如何在这个信息网络中出现。不过,德国马普学会的物理学家 Daniele Oriti 希望在凝聚态物理学家的工作中找到一些灵感。Oriti 和同事正在寻找公式,用以描述宇宙如何进行转变,从一组离散的循环转化成平坦、连续的时空。

亡羊补牢迟不迟

日本各界敦促政府介入阻止福岛核泄漏



用来冷却福岛核电站 4 号反应堆的储水罐泄漏了数百吨高放射性污水。图片来源:Yomiuri Shimbun

戒等级化为 1 级(被称为“异常”),但是 8 月 28 日,考虑到大量被污染的水泄漏以及正在争论中的储水罐是否起到了安全缓冲的作用,这一等级被提高到 3 级(严重事故)。

目前,在被毁的福岛第一核电站,TEPCO 储存了超过 30 万吨放射性水。通过一个事故发生后建造的先进的液体处理系统,放射性铯同位素已被从水中移除,但是用于去除铯同位素的设备还未投入使用。氚是另一种有害的放射性核素,不能通过任何已知的净化系统被安全去除,因为它被包含在水分子中。

泄漏水被认为已经渗透到地面并将最终到达与核电站附近的海水中。被发现水泄漏的储存点离福岛 4 号反应堆很近,位于海平面上方 50 米左右,距海岸仅几百米的距离。

德国卡尔斯鲁厄理工学院的核专家兼首席科学官 Joachim Knebel 说,迄今为止,研究人员提出的防止污水流入大海的措施都不尽如人意——不是过于昂贵就是在技术上不可行。Knebel 说:“我们不了解事情的真相,无法真正评估形势。但是在我看来,没有任何一项提出的措施是有效的。TEPCO 将寻求国际专家的建议以解决问题。”

包括俄罗斯在内的一些国家已向 TEPCO 伸出了援手,日前 TEPCO 表示将考虑接受外界的帮助。8 月 26 日,TEPCO 宣布了一系列举措,包括安装一个新的中央控制系统,减轻未来泄漏的风险。

TEPCO 发言人 Yo Koshimizu 说:“一些储水罐配有自动监控设备,而另一些则没有。

因果集理论

在其他理论上的挫折使一些科学家开始追求极简主义的因果集理论。相关研究由加拿大滑铁卢圆周理论物理研究院的物理学家 Rafael Sorkin 领衔,该理论假定时空的基石只是简单的数学点,由链接相连,每个链接都从过去指向未来。这种联系是因果关系的简单表示,意味着早期的点会影响后来的点,反之则不成立。由此产生的网络就像一棵不断成长的树,逐渐构建起时空。

20 世纪 80 年代末,Sorkin 使用其框架测量了可观察到的宇宙所包含的点的数量,并推论得出,它们产生的小的内在能量引起了宇宙的加速爆炸。几年之后,暗能量的发现证实了他的猜想。“如果暗能量的值更大,或者为零,因果集理论就会被排除。”英国帝国理工学院的量子引力研究员 Joe Henson 如是说。

因果动态三角剖分

然而,因果集理论并没有提供其他可以被证实的预测。一些物理学家发现,使用计算机模拟可以获得更多成果。20 世纪 90 年代初,一种想法开始发展——粗略估计量子涨落时获得的构成普通时空、呈小集合状的未知基本成分,并观察这些小集合如何自发聚集成较大的结构。

荷兰内梅亨大学的物理学家 Renate Loll 表示,最初的努力令人失望。时空的构建块只是简单的锥形,而且模拟的聚集规则使其可以自由结合,结果形成了一系列奇异的“宇宙”,有过多或者过少的维度,自身发生重叠或者变成碎片。“这是一场混乱的实验,最终并没有形成任何我们所看到的宇宙的样子。”(张冬冬)

我们正在决定是否将所有储水罐配置上这种设备。”

存储情况

每天,约 400 吨冷却水被储存在储水罐中,储水罐日益增长的存储量(目前约为 1000 吨)正是专家担心的根源——大量被污染的水最终将不得不排入大海。更糟糕的是,约 300 吨地下水被钡 137(一种半衰期为 30 年的放射性同位素)高度污染。

东京大学海洋科学和技术系海洋学家 Jota Kanda 说,潜在的灾害是巨大的。Kanda 负责监测福岛核电站附近生物区和沉积物中的放射性核素分布。

Kanda 说:“一个相对较小的泄漏所造成的影响可能微不足道,但是这些水中含有大量的放射性核素。如果发生更多的泄漏事故,结果将不堪设想。”

福岛核事故造成有史以来最大规模的放射性物质意外排入大海。80%的放射性核素最终流入了太平洋。事故发生两年后,当地鱼类体内被检测到高水平的放射性物质。该地区的商业捕鱼仍被禁止。

美国纽约州立大学石溪分校的海洋生态学家 Scott Fowler 说,目前尚不清楚有多少剩余放射性污染物正排入海水中。Fowler 参与了福岛附近海域海水污染水平的评估工作。

Fowler 认为,为跟踪沿海水域的变化和预测该地区的海产品何时能够安全食用,很有必要建立一个“暂时的数据集”——换言之,随着时间的推移,在一个给定的位置测量污染物中放射性核素的水平和分布。

Fowler 说:“即使假设泄漏最终会被控制,残余污染物仍会在邻近的海洋生态系统存在很多年。当地海洋食物网中历时长久的放射性核素污染需要持续不断地监控。”(段歆澍)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

研究人员呼吁美政府加大科学支持力度



美国生物医学研究人员再一次表达了对当前联邦预算紧缩的不满。8 月 29 日公布的一项由美国生物化学与分子生物学会(ASBMB)进行的调查指出,绝大多数受访者表示由于资金困难,他们的工作正在受到影响,美国科学“霸主”的地位也岌岌可危。但由于在线调查不具有科学性,使得人们难以准确知道美国学术研究的现状。

这份名为《无限的潜能,消失的机会》的报告指出,96%的调查对象表示研究预算的增幅不足以支撑美国紧跟科学的最新发展潮流。约 85%的调查对象也认为,由于 2004 年以来预算一直紧缩,和其他国家相比,美国的科技优势正在缩小甚至消失。

ASBMB 公共事务主管 Benjamin Corb 表示,该调查力图说服国会加大对研究的支持力度并取消今年的预算削减。Corb 说:“这项工作我们已经持续相当长的一段时间,我们了解国会办公室想听到的内容。”

事实上,报告指出,预算削减仅是长期趋势中的一小部分:过去 10 年里,国立卫生研究院(NIH)300 亿美元预算的购买力下降了近 30%,国家科学基金会(NSF)70 亿美元预算的实际价值也缩水了 10%。

Corb 表示,尽管 ASBMB 试图收集来自不同学科的科学家的声音,但近 84%的受访者将自己划为生物学家或生物医学研究人员。紧随其后的是化学家,其人数占总人数比例的 8%,处在第三位的是数学家,所占比例为 5%。

另一方面,约 91%的受访者是学术界人士,81%的受访者将自己描述为教职员工或学科带头人。9%的调查者是博士后,研究生所占比例约为 5%。4/5 的人自 2010 年起获得过来自 NIH 的资金援助,1/7 的人接受过来自 NSF 的经费资助。(段融)

科学家回忆 25 年前伊拉克“毒气事件”



Dirk Dons

图片来源:Dirk Dons

日前叙利亚共和国发生了所谓神经毒气事件,美国宣称事件中 1429 人丧生。据《科学》杂志报道,历史上最严重的一次化学武器攻击平民事件发生在 1988 年 3 月,伊拉克前总统萨达姆·侯赛因在该国北部库尔德小镇哈拉布贾使用毒气弹。据称,当时至少 3200 人死于芥子气和神经毒气的混合气体。

由于伊拉克没有允许联合国介入调查,因此伊朗和库尔德人邀请了非营利组织——无国界医生派遣一支队伍前来。攻击结束 1 周后,他们到达那里,并停留了 5 天时间。

调查者包括比利时根特大学毒物学实验室的一名年轻助手——Dirk Dons。Dons 在《科学》杂志上回忆了自己当时的经历。这或许能折射出一点目前联合国化学武器调查员在叙利亚的工作情况。

“库尔德斯坦爱国联盟和伊朗希望无国界医生做一些调查工作,以便确定需要给予受害者怎样的医疗支持。”Dons 说。他们向根特大学毒物学实验室提出了援助要求,该实验室以化学战争分析而闻名。

1988 年 3 月 25 日,袭击仅 8 天后,Dons 与两名医生一同前往哈拉布贾。“我们看到许多尸体。我们估算有 5000 人死亡,伊朗的数据是 5500,人权观察组织估计数是 3500。”他说。

Dons 及其同事采集了土壤、植被样本,以及许多照片等。他们遵循实验室操作规程封存了样本。该小组唯一的探测装置是化学药剂检测器。他表示:“我们能够区分芥子气等起疱剂和甲氟膦酰异丙酯等神经毒素。”

研究人员还从难民营及住院的幸存者身上采集了血液和尿样。调查的另一部分是访谈,他们同时与现场急救员进行了交谈。Dons 指出:“在袭击中,前线的医生熟知受害者的症状如何,并且他们会对患者进行分类。”

芥子气很容易分辨,你可以看到水泡。如果不是特别严重,许多受到芥子气影响的患者能够幸存下来。但是,很多中了神经毒气的人会立刻死掉。Dons 说:“你能看到他们坐在桌前吃饭,然后倒下。”(张章)