



新知

研究人员在小型化自由电子相干光源研究领域获进展

科技日报讯(魏路 记者王春)近日,中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室研究员李儒新和田野团队在小型化自由电子相干光源研究领域取得的成果登上《自然》杂志。

此次研究采用超快光学技术,探测了表面光经历受激辐射,放大形成表面激光的全过程,并指明了采用自由电子泵浦SPP实现表面光相干放大的全新途径。

相比自由空间中传播的光场,以SPP为代表的表面光场具有亚波长压缩和近场增强的优异特性,近年来已逐步应用于新一代无线通信、纳米尺度的成像与探测等诸多领域,并有望为集成光电子器件的开发以及光谱探测、传感、信息处理等领域的应用带来变革性技术影响。因此,发展相干的高功率SPP光源成为了迫切需求。

“通过这项技术,我们把光源转移到波导表面,从而研究表面光。在表面光提供的平台上,我们目睹了‘光种子’是如何在注入电子的激励下一点点演化、增长的全过程。”研究团队负责人田野表示。

得益于在小型化自由电子光源领域中的长期积累,围绕小型化自由电子相干光源,研究团队展开了飞秒激光驱动的超短电子脉冲泵浦SPP种子研究,采用超快光学泵浦-探测技术,观测到自由电子脉冲对SPP的相干放大。

实验通过对SPP的电场时空波形、能量以及频谱的记录,首次动态演示了SPP受激辐射放大的动力学过程,并揭示了SPP经历了高增益自由电子激光中超辐射、指数增长和饱和等三阶段的受激辐射光放大过程。该项研究创新发展了利用自由电子泵浦实现SPP相干放大的全新途径,在光谱探测、传感、信息处理等领域具有很大的应用价值,对于发展小型化、集成化的相干光源具有较大意义。

在未来,研究团队将基于该技术进一步发展小型化、集成化的相干光源,并拓展其在光谱探测、传感、信息处理等领域的交叉应用。

叶中产卵、偷食卵液 2亿年前昆虫就存在这两种行为

新华社讯(记者岳冉冉)古生物学家近日的研究成果揭示了一个有趣现象:约2亿年前的昆虫会把卵产到银杏类叶片中,而这些“藏”在叶片中的卵会被其他昆虫取食了。该成果近日发表在国际期刊《当代生物学》上。

昆虫会在植物内产卵,这是它们的一种特殊生殖策略。昆虫使用特殊的产卵器将卵产到叶片或树皮等植物组织里,使虫卵得到保护,以提高后代存活率。

云南大学古生物研究院冯卓团队经过长期野外考察,在四川自贡距今约2亿年前的三叠纪晚期地层中,采集到了大量保存精美、物种丰富的植物化石。从这批化石中,古生物学家找到了昆虫植内产卵的化石证据。

通过比较解剖学研究,团队在一种银杏类化石内发现了大量昆虫卵化石。分析表明,这些虫卵与现生蜻蜓目昆虫卵最接近。

冯卓解释,从解剖学特征看,保存虫卵的植物叶片的上表皮比下表皮角质层更厚,而角质层具有良好的隔热和防紫外线辐射作用。此外,叶脉间柔软的叶肉组织也更利于昆虫插入产卵器并产卵。

有趣的是,研究者还发现,这些叶片中的虫卵曾被其他昆虫取食过卵液。“可能是某种半翅目昆虫利用刺吸式口器刺穿卵壳,吸食卵液,并在卵壳上留下了直径约1至3微米的取食孔,有些卵壳上甚至留下了多个取食孔。”冯卓说,虫卵具有丰富的营养物质,但如何准确找到这些“藏”在叶片里的卵,需要昆虫具有特殊的嗅觉或视觉神经系统。

冯卓说:“昆虫的植内产卵代表了一种先进的生存方式,而取食卵液也是高效获取营养的策略。这两种行为都利于物种繁衍且在约2亿年前就出现了。”

除了气温和降水异常 森林野火也会加剧冰川不稳定性

科技日报讯(记者杨雪)我国科研人员近日发表于《自然·地球科学》的一项最新研究成果表明,森林野火频发可能会加剧喜马拉雅山冰川的不稳定性。

被誉为世界屋脊的喜马拉雅山生态环境条件脆弱,对气候变化极其敏感。自20世纪末以来,该区域升温速率达到了同期全球低海拔地区的两倍,引起了冰川、湖泊和森林火灾等主要地表环境要素的快速变化。喜马拉雅山的冰川覆盖面积超过33000平方千米,在全球变暖背景下,其冰川加速消融退缩,冰崩、冰川泥石流、冰湖溃决等新型灾害近年来时有发生。

卫星资料显示,喜马拉雅山地区的森林火灾主要集中在春季发生。森林火灾产生的烟尘气溶胶中包含大量吸收性碳质气溶胶成分。在大气环流携带下,这些碳质气溶胶能够被传输至喜马拉雅山高海拔冰川覆盖区,并沉降在冰川表面。春季森林火灾产生的碳质气溶胶能够降低冰川表面反照率吸收太阳辐射,引起喜马拉雅山沿线地区春季冰川雪冰和积雪加剧消融。

论文第一作者、重庆大学副教授游超表示,此前的研究普遍认为,气候变化引起的气温和降水异常是造成喜马拉雅山冰川退缩和冰川灾害频发的主要原因。但是,利用冰芯记录和卫星遥感资料开展的研究均表明,喜马拉雅山地区从20世纪末开始快速增加的森林野火,也可能是造成冰川退缩和冰川灾害频发的重要原因。

游超认为,春季喜马拉雅山森林野火频发能促进冰雪消融,最终诱发冰川灾害。人们要对春季喜马拉雅山森林野火更加重视,及时采取相关措施,尽可能降低冰川灾害发生的风险。



本版图片由视觉中国提供

2024和1是量的区别,无限和2024是质的区别。由原本一个不知道是否无限的数,确定为一个有限的数,相比过去的证明结果,这次的证明在一定程度上可以说是质的飞跃。

袁岚峰
中国科学技术大学副研究员

轰动数学界的张益唐究竟证明了啥?

◎ 实习记者 都芃

对于研究数论的人来说,或许存在两个宇宙。朗道-西格尔零点存在于其中一个宇宙中,而在另一个宇宙中,朗道-西格尔零点则不存在。让他们感到困惑的在于,人类究竟处于哪个宇宙之中?

关于这个问题,美国加州大学圣塔芭芭拉分

校教授、美籍华裔数学家张益唐前不久给出了他的初步答案,我们极有可能处于不存在朗道-西格尔零点的那个宇宙中。近日,在面向北京大学师生和公众的线上学术报告会上,张益唐分享了他关于朗道-西格尔零点猜想的最新研究成果。

朗道-西格尔零点猜想的“前世今生”究竟如何?如果张益唐的最新研究成果通过验证,对数学界将产生哪些影响?就这些问题,科技日报记者采访了相关专家。

从素数到广义黎曼猜想

要理解朗道-西格尔零点猜想,还要从素数开始讲起。素数也称质数,是指只能被自身和1整除的正整数。

中国科学技术大学副研究员、知名科普专家袁岚峰向科技日报记者介绍,素数可以被理解为是构成自然数的基本单元。袁岚峰认为:“素数有一种近乎数学本质的、奇妙且神秘的美感。”

公元前300年左右,古希腊学者欧几里得通过十分简洁、巧妙的方法证明了素数是无穷的。

在这个发现之后,人们又不禁发问,既然素数是无穷的,那么素数的分布是否有规律,是否可以得出一个关于素数的通项公式?这成为了此后数千年间无数伟大的数学家,尤其是数论研究者魂牵梦绕的问题。在追寻这一问题答案的过程中,诞生了如哥德巴赫猜想、孪生素数猜想、黎曼猜想等诸多举世闻名的数学相关问题。

19世纪中叶,德国数学家黎曼在一篇论文中发表了重磅观点,即素数分布的奥秘完全隐藏

在一个特殊的函数中,这就是著名的黎曼ζ函数。使这个函数取值为0的一系列特殊点会对素数的分布规律产生决定性影响。这些点便被称为黎曼ζ函数的非平凡零点。如果用最简洁的语言来表述黎曼猜想,那便是黎曼ζ函数的所有非平凡零点的实部都等于1/2。如果在复平面上作图,则这些零点都分布在实部为1/2的直线上。

黎曼猜想被提出后,为了研究等差数列上的素数分布问题,德国数学家狄利克雷又引入了狄利克雷L函数。该函数被看作是黎曼ζ函数的推广形式。数学家们认为,狄利克雷L函数上的零点也都位于实部等于1/2的那条直线上,这便是广义黎曼猜想。广义黎曼猜想和黎曼猜想在数学中都具有重要价值。袁岚峰表示,目前人们已经在假定它们成立的前提下证明了许多命题。假如能证实这两个猜想,人类将站上更高的平台,看到更美丽、广阔的数学风景。

或迈出证明“零点猜想”正确性的一大步

德国数学家西格尔和其导师朗道在对狄利克雷L函数进行研究时发现,一个异常零点可能并不存在于那条实部为1/2的直线上,而是

位于非常接近1的地方。这个零点也被命名为朗道-西格尔零点。如果这个零点真的存在,那么广义黎曼猜想将会被推翻。虽然广义黎曼猜

想目前尚未得到证明,但数学家们大多默认其正确性。因此猜测朗道-西格尔零点不存在,这就是朗道-西格尔零点猜想。而证明朗道-西格尔零点并不存在,也成了包括张益唐在内的诸多数学家的夙愿。

根据张益唐的自述,他自上世纪末便开始思考朗道-西格尔零点猜想,并在2007年时发表过一篇相关论文,但那篇论文并不完美。在今年10月中旬,张益唐在北京大学大组地区校友会上透露,他本质上解决了朗道-西格尔零点猜想问题,当即引发数学界轰动。在近日举行的线上报告会正式开始前,张益唐谨慎地表示,他此次的研究成果“只是在一定范围里部分地解决黎曼假设应该是对的。”之所以这样说,是因为张益唐并没有完全证明朗道-西格尔零点猜想,但已经在证明其正确性的路上迈出了一大步。

将反证法用到极致且不断创新

张益唐此次采用的论证方法是数学中经典的“矛盾证明法”,也称为“反证法”。根据张益唐的博士生、加拿大女王大学数学与统计学博士后阮大卫的描述,张益唐首先是假设朗道-西格尔零点以弱形式存在,推导后发现这会导致狄利克雷L函数中的其他零点以非常规则的间距排列起来。但实际上,这些零点的分布并不具备这样的规律,连续零点之间的间距是不可预测的。因此,反过来证明了朗道-西格尔零点在这个区间内不存在。袁岚峰表示,虽然反证法已是数学中极为经典的方法,但张益唐将其应用到了极致。

反证法虽是人人都能理解的基础方法,但这次证明的过程是难以想象的艰深。张益唐将其比喻为大海捞针,“我试了很多方法,包括变分法、积分方程等,但关键一步都跨不过去。后来我发现,即使捞不到这根针,我也已经把海底环境摸索清楚了,也不一定非得捞到这根针。”

袁岚峰认为,这里说的“针”是指传统证明方法中需要的某个数列。“以前找到这样一个数列

在张益唐给出的两个证明定理中,一个定理的指数是-2024。但是,如果要完全证明朗道-西格尔零点猜想,理想情况该指数应该是-1。当报告会有学生问道,2024可以进一步缩小到多少时,张益唐坦言:“很多步骤还可以更精细,到几百是可以的。但如果要到1,仅用目前这个办法是不够的。”

袁岚峰表示:“2024和1是量的区别,无限和2024是质的区别。由原本一个不知道是否无限的数,确定为一个有限的数,相比过去的证明结果,这次的证明在一定程度上可以说是质的飞跃。”

山东大学教授刘建亚也认为,自20世纪30年代以来,朗道-西格尔零点猜想的研究便几乎没有出现实质性的突破。如果此次张益唐的证明通过验证,或将在一定程度上改写解析数论的教科书。

便能构造出某种矛盾,用反证法证明某类问题。张益唐证明孪生素数猜想的相关结果,用的就是这种方法。但这次对于朗道-西格尔零点猜想的证明,他发现这种传统方法并不适用,无论如何都找不到这样的一根“针”。但他在大量研究后,发现有许多个数列都能达到同等的较弱的效果,于是他利用这个事实构造出矛盾,应用反证法解决了问题,这也就是为什么他说“不一定非得捞到这根针”。

袁岚峰说,经典方法是否有效,取决于能否将它用到极致。袁岚峰表示,此前的许多数论研究都以朗道-西格尔零点不存在为前提假设,假如这次张益唐能够在一定范围内证明朗道-西格尔零点猜想的正确,将会使得许多研究的假设性结果变为确定性结果。

张益唐本人则表示,目前的研究成果只是在小范围内证明朗道-西格尔零点猜想是对的,即该零点确实不存在。但研究还需进一步完善,下一步他将继续深化对于朗道-西格尔零点猜想的研究。

实现谷光子的长距离保真传输与定向分发

科学家另辟蹊径,为摩尔定律“续命”

◎ 实习记者 孙明源

电子工业界有条著名的摩尔定律:集成电路上可容纳的晶体管数目,大约每隔18个月便会增加一倍。近年来,随着电子器件的尺寸越来越小,摩尔定律也遇到了瓶颈——在1到2纳米的尺度上,电子器件尺寸已经难以继续缩减。人们无法像从前一样,单靠缩减尺寸来提高器件性能。

近日,来自谷电子学与微纳光子学交叉领域的一项最新研究成果,为突破摩尔定律的瓶颈提供了新思路。由中国科学技术大学教授陈杨、华中科技大学教授陆培培与新加坡国立大学讲席教授仇成伟组成的联合团队首次实现了基于混合纳米波导的WS₂谷光子的长距离保真传输与定向分发。该成果近日发表于国际顶尖学术刊物《自然·纳米技术》。

延续摩尔定律需寻找新的电子自由度

“电子自由度指的是电子本身的可操作变量。有了这种可操作的变量就可以传输信息,进而进行运算。”陈杨说,“电荷自由度是电子自由度的一种,也是我们目前最常利用的一种电子自由度。”

传统电子器件依赖于电子的电荷自由度,

“当电子器件的尺寸低于2纳米之后,由于能耗和量子效应的影响,电荷自由度留给我们的‘自由空间’到达了极限,这也正是‘摩尔定律’遭遇瓶颈的原因。”陈杨表示。

为了进一步缩小电子器件的尺寸,延续摩尔定律,寻找新的电子自由度并发展新型电子器件已经成为科研界和产业界的重要研究方向。

实际上,电子除了具有电荷自由度外,还具有能谷自由度。能谷指的是晶体布洛赫电子能带的极值点。陈杨解释,布洛赫电子能带就像连绵起伏的山脉一样,有波峰也有波谷,能量的高和低是可以控制的变量。

由于能谷自由度中存在操作变量,因此可以记录信息。陈杨表示,能谷信息指的就是基于能谷自由度这一属性所记录下来的信息。他们此次利用各种谷电子器件实现长距离保真传输与定向分发的就是能谷信息。

由于电子的能量处于不断波动当中,能谷信息堪称稍纵即逝。要传输能谷信息,传统器件的传输速度太过缓慢,无法满足需求。科研人员需要研发出适用于能谷信息传输的“高速通道”,也就是各种谷电子器件,来实现能谷信息的传输。

多种新技术实现能谷信息保真传输

为了突破谷电子器件面临的技术瓶颈,不同学科领域的科研人员各尽其才。微纳光子学科

谷电子器件应用前景广阔,可能被用于量子计算、存储、通信等领域。一旦谷电子器件在这些领域得到应用,将是电子科学领域的巨大突破。

仇成伟
新加坡国立大学讲席教授

学家提出,让光子成为信息传输的介质。在实际应用当中,光子芯片具有损耗极低的特点,是信息传输的良好载体。但这一思路的最大挑战在于如何把能谷信息,转化为光子信息。

在研究当中,陈杨等人创新性地设计并制备了一种以金—二硫化钨—二氧化硅—二氧化钛(Au-WS₂-SiO₂-TiO₂)材料为基础的混合波导材料,为能谷信息的后处理奠定了基础。他们还构建了一种单人双出的谷光子路由器,实现了能谷信息的定向选择性分发。在此基础上,科研人员进一步实现了能谷信息在三端口环形器中的单向传输。

谷电子器件未来或将在某些领域成“明星”

在被问及谷电子器件何时能够实现工业级应用时,陈杨表示,现在制定具体的时间表还为时尚早。“在谷电子器件实现工业化应用之后,它也能基于自身优势在某些领域成为‘明星’。”陈杨说。

论文通讯作者、国际知名光子学专家、新加坡国立大学讲席教授仇成伟指出:“不同类型的电子器件之间的关系不是简单的相互取代,而是彼此协作,各展所长。在实际应用当中,需要发挥不同类型电子器件各自的优势,进行互联与集成,形成混合的应用生态。”

在仇成伟看来,谷电子器件应用前景广阔,是未来新型电子器件的重要类型。基于谷电子的集成光子器件已经在一些领域投入了应用。此外,谷电子器件也可能被用于量子计算、存储、通信等领域。一旦谷电子器件在这些领域得到应用,将是电子科学领域的巨大突破。

在未来,人们将见证能耗更低、功能更复杂的电子器件的诞生和普及。在这种变化背后,谷电子器件或将起到重要的作用。