

把最“冷”科学送入太空

冷原子实验有望获得量子力学及重力研究飞跃

原子物理学家总喜欢待在“小黑屋”里埋头研究。当1990年Eric Cornell开始在美国实验天体物理联合研究所(JILA)与Carl Wieman进行博士后研究时,为了利用自制激光器诱导出玻色-爱因斯坦凝聚态(BEC)这一原子新物态,他们硬生生地把2楼的实验室改造成漆黑的“地下室”。

“我们曾经有能俯瞰山脉的美丽窗户。”Cornell说,“但我们买了3英寸厚的聚苯乙烯泡沫塑料,然后把它切成方块,粘在了玻璃上面。”

BEC又被称为“物质的第五态”,这种物态的特点在于原本不同状态的原子会突然“凝聚”到同一状态(一般是基态)。

Cornell与Wieman试图将一种铷气体冷却到比自然界任何地方都冷的温度——绝对零度的十分之一。由于成功验证被理论预言已久的BEC,Cornell与Wieman获得了2001年的诺贝尔物理学奖。

现在,Cornell等物理学家将带着他们的原子束走出“小黑屋”奔向宇宙:2018年,美国宇航局(NASA)将把冷原子实验室(CAL)到国际空间站。

一旦进入轨道,完全自动化的设备平台将创造BEC和进行其他冷原子实验,利用失重的优势达到创纪录的低温,并获得量子力学和重力研究的飞跃。

这里,微型化是关键:整个实验曾需要一间屋子装上激光器、光学组件和真空系统。而现在这些设备被塞进了一个冰柜大小的实验装置内。物理学家将像使用太空望远镜的研究者一样,轮流进行远程实验。

“我已经投身BEC领域20年了,现在要在太空做研究,这看起来似乎很疯狂。”NASA喷气推进实验室(JPL)物理学家、CAL项目科学家Robert Thompson说。

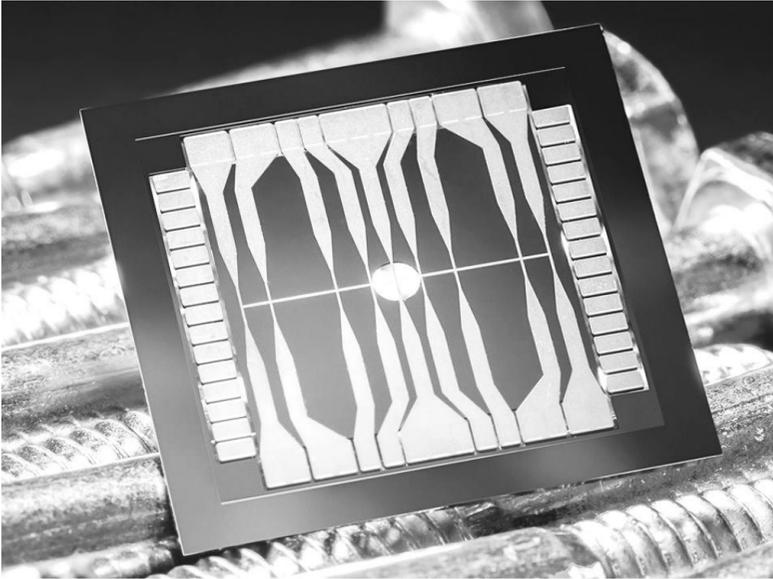
科学家计划在太空进行原子物理学实验的一个原因就是失重。弗吉尼亚大学夏洛茨维尔分校物理学家、CAL实验者Charles Sackett说:“在太空中做原子物理研究的最大原因在于可以摆脱重力的束缚。”

摆脱重力束缚

但这里有个问题:在地球上制造BEC态,物理学家一般会用激光捕获并冷却原子,使得原子的速度从“千米/秒”下降到比步行还慢的“厘米/秒”。但当他们要测量BEC时,需要将BEC的原子从势阱中释放出来,然后用激光照射其上而得到一个能够反应原子分布的阴影。

在地面上,当把BEC的原子释放时,重力就会作用于原子上,导致原子最终与真空腔底发生碰撞。在释放到发生碰撞的过程中,物理学家仅有10~20毫秒时间进行测量。而一旦到了无重力的轨道环境下,从释放到残余气体加热真空腔的过程中,BEC能够维持大约10秒,研究者有充足的时间进行地面上无法完成的测量。

不仅如此,在太空中,原子还可以达到更低的温度。制造BEC的最后一个步骤是降低束缚原子的磁场,让势阱的强度变弱,范围变



科学家将冷却原子云,制造玻色-爱因斯坦凝聚态。

图片来源:D. Scott Clark

宽,使得原子气体膨胀并冷却。当在轨道环境下进行此步骤时,物理学家可在满足原子不脱离势阱的前提下,得到比地面上强度更弱、范围更大的势阱,因此也就能获得更低的温度。而更低的温度有可能会带来一些微妙的新量子效应。

当然,这类失重状态也可以在地面进行模拟。自2007年以来,德国不来梅应用空间技术和微重力中心的一个跨国团队(QUANTUS),能让原子产生近5秒的失重自由落体状态。QUANTUS组长、戈特弗里德·威廉·莱布尼兹大学物理学家Ernst Rasel表示,目前地面实验能达到的最低温度为50pK。

今年早些时候,QUANTUS在瑞典基律纳发射了装载实验装置的探空火箭。火箭被发射到距地面240多公里的高度,飞行过程提供了6分钟的自由落体。这段时间里,全自动装置总共进行了85个不同的实验,其中包括首次在太空中产生BEC的实验。

但在国际空间站,将会给CAL提供更甚至更久的时间,以便科学家做更多的研究。首先,CAL的物理学家们的目标是尽可能达到最低温度,研究人员相信他们可以降到100pK甚至更低的温度。虽然可能无法达到像QUANTUS所获得的最低温度,但是QUANTUS一天之内只能进行3次实验,而CAL却可以持续不断地进行实验。

在另一个实验中,贝茨学院物理学家Nathan Lundblad及同事希望能制作BEC空心壳。在地球上,重力能将这些壳压碎。这些壳能让研究人员

以一种新方式探测BEC的波浪性质。

叶菲莫夫效应

CAL团队的第二个任务则是探查量子力学中的叶菲莫夫效应。叶菲莫夫效应能使某些原子形成弱束缚三原子分子,哪怕两原子间没有明显的相互作用。这个分子中原子间的关系如同博罗梅安环——三环缠绕,去掉一个,剩余二者土崩瓦解。

为了得到这样的三原子分子,JILA的Cornell、Peter Engels和华盛顿大学的Maren Mossman将对超冷原子铯-39施加磁场。在某个特定的场强下,诱导孤立的原子形成三原子分子。

这一效应已经在地面上被观察到,但人们并没有完全验证这一理论。按照理论预言,叶菲莫夫态在持续变强的磁场下会不断地形成、破裂,再形成,分子的尺寸也以22.7倍的比例变大。

Cornell团队打算观测细菌般大小的二次叶菲莫夫态,即初始叶菲莫夫态消失后由于磁场增大而再次形成的叶菲莫夫态。为此,他们需要把原子气体的密度变为原来实验的1/1000,但这样的要求在地面上难以实现,只能依靠失重环境。

“如果仍旧在地面上实验,将会让我们和学生的研究进度放缓甚至是原地踏步。”Cornell补充道。

凭基因测长相?

科学家称该研究歪曲了公众获取基因组数据的风险

一阵疾风骤雨般的批评落到了基因测序先驱Craig Venter的一篇论文上,该文章宣布可以通过DNA预测人们的生理特征。但评审人员,甚至是该文章的一名共同作者却称,它过于夸大利用一个人的基因辨别个人特征的能力,可能会引发对基因隐私的不必要担忧。

在这篇9月5日发表于美国《国家科学院院刊》(PNAS)的文章中,Venter及其位于加州旧金山人类长寿公司(HLI)的同事测量了1061名不同年龄和民族背景的参试者的全基因组。他们利用参试者的基因数据及其面孔的高质量三维照片,采用人工智能方法,在DNA序列中寻找叫作SNPs的微小差异,这些差异与诸如颧骨高度等面部特征存在关联。该团队还寻找了与一个人的身高、体重、年龄、声音特征和皮肤颜色等相关联因素的SNPs。

该方法可在74%的情况下正确辨别出从HLI的数据库中随机选择的一组10人的个体特征。根据该文章,这些发现表明,执法机构、科学家和其他应用人类基因组的人应该审慎地保护基因组数据,以避免个人仅仅通过其DNA被辨识出来。“HLI研究人员的一个核心观点是,在公开可获得的数据库中,并没有真正可以消除个人身份和完全隐私的东西。”HLI在一份声明中说。

但其他分析过这篇文章的遗传学家则说,在他们看来,这一观点过于夸大。“我认为这篇文章并没有提高那些风险,因为他们并没有证明根据DNA识别一个人的任何能力。”宾夕法尼亚州立大学帕克分校人类学家Mark Shriver说。在一个随机选择的10人组中,他说,特别是在类似HLI的小而多样化的数据集选择的一个小组,仅知道年龄、性别和种族等信息就能够排除绝大多数人。

为了证明这一点,纽约哥伦比亚大学计算生物学家Yaniv Erlich检查了HLI文章中的年龄、性别和种族数据。在9月份发表于预印本服



一篇文章称可以通过基因预测一个人的长相引来专家批评。

图片来源:Sarah Leen/NGC

务器bioRxiv的一项研究中,他计算认为,仅知道这3个特征就足以在75%的情况下在HLI的数据集中辨识出10人组中的某个人。Erlich表示,而且根本没有必要知道这些人基因组的任何信息。此外,他表示,HLI的SNPs面部结构重建并不是非常具体,他们倾向于将一个人的个人特征看得和任何人的性别与种族差不多。

在发表于PNAS之前,该文章曾被递交到《科学》,该期刊评审过该文章,审稿人Shriver说。他表示,HLI的真实数据是合理的,他对该团队通过测量染色体终端(会随着时间发展而变短)决定年龄的新方法印象非常深刻。但他表示,该文章并未像其主张的那样,证明个体特征

能够通过DNA来识别。“我认为它完全歪曲了他们所做的和他们所发现的。”他说。

HLI称,该文章已陈述利用了多个参数,而个人面部特征仅是其一,基于1000多个基因组的工作来识别一个人的特征是可能的。“它预示这样的预测将会更加精准。”HLI发言人Heather Kowalski说。HLI表示,它坚持自己的方法论,不过同时承认样本集确实规模较小。该公司在9月11日对Erlich的文章作了回应。

Shriver说,他和Erlich在《科学》论文评审中向研究作者指明了他们的担心。Shriver和Erlich均表示,该期刊最终拒绝了这一稿件。《科学》并未对未发表的研究做过评论)该文章

不过,CAL的终极目标是进行一项叫做原子干涉测量的实验。

终极目标

实际上,原子干涉测量并不算复杂。科学家会利用激光把BEC的量子波分裂成两半,变为两组原子。由于量子力学原理,“分裂”也就意味着两组原子会同时选择两组路径。如果分裂的路径是垂直分离,一条路径将无限远离地球,拥有比其他路径更多的重力势能,沿着这条路径运动的量子波的波动速度将稍快。最后当波合并时,由于发生干涉,它们将在BEC中制造一个波纹状的密度分布。

如果足够精确,轨道原子干涉测量技术有望实现更多科学上的应用。例如,它将比当前依靠激光陀螺仪的设备更为精确,因此有可能被用到航天器的惯性导航系统中。

此外,通过测试重力对两种不同类型原子的BEC的影响,原子干涉技术可以验证所有物体的共同原理,即所有物体在重力作用下的加速度是一样的。

这种“等效原理”现在已经成为爱因斯坦广义相对论的基石,而物理学家依旧热衷于以尽可能多的方式去验证它。

但现在由于设备问题,CAL还不能立即进行这项实验。为了制造BEC,开发者选用了来自ColdQuanta公司制造的系统。该系统的核心是一个黄油棒大小的真空腔,在腔室的一端,有一个有助捕捉并冷却原子的微型晶片。但Thompson表示,现在此晶片在原始和备用设备中都出现了漏气问题,为了保持项目进度,研究人员转向了不配备原子干涉所需小镜子的更简设计,依旧让ColdQuanta公司制作。

今后,他们将计划发射原子干涉仪的升级版解决目前问题。“我很清楚这个问题是完全可以解决的。”ColdQuanta公司首席执行官及联合创始人Dana Anderson说。

CAL项目只是冷原子空间实验的开端。CAL和QUANTUS团队还计划联手进行一个被称为BECAL的空间站任务,预计将在2020或2021年发射,重点将放在原子干涉测量上。

这次合作还能够展现不同团队的技术方法。NASA为了能在5年时间内把CAL整合起来,依靠的是商业的、现成的技术。Becal的合作项目有望将德国团队的技术嵌入到JPL的空间站升级包中。

最终,物理学家计划发射一颗专用实验卫星进行太空中冷原子实验。目前空间站虽然提供了失重环境,但内部却充斥着诸如泵和其他机械的震动噪声,而一个更安静的卫星环境或许能让冷原子实验达到更高的精确度和灵敏度。

不过,一切的基础是科学家必须先学会如何在太空中进行原子物理研究,这也正是CAL建立的目的所在。虽然研究者还不清楚未来等待他们的是什么,但就像Sackett所说的那样:“一旦能理解并运行这套系统,我相信我们会产生一些前所未有的闪光点。”(张章编译)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

美悄然搁置枪支研究项目



康涅狄格州一名持枪者杀死纽镇桑迪胡克小学20名儿童和6名教师,图为枪击发生后,家长与孩子离开集结待命区。图片来源:《科学》

距离美国前总统贝拉克·奥巴马对康涅狄格州纽镇桑迪胡克小学20名儿童和6名教师枪击致死案做出回应已经过去4年,当时奥巴马要求美国卫生机构资助枪支研究。然而据了解,美国国立卫生研究院(NIH)已经搁置了探索枪支暴力以及如何避免其发生的一项资助项目。该机构在今年1月停止接受相关项目申请,最后一批拨款最近刚刚启动。NIH一名发言人在9月6日表示,重新恢复该项目(过去3年该项目花费1800万美元资助了22个项目)“仍处于考虑之中”。

NIH表示,在该项目之外仍有科学家在申请做枪支研究。但枪支研究人员表示,那并不够,并强调主题性的资助项目表明了NIH对相关科学家的优先性。它们有助于让拨款决定向那些突出区域倾斜。“如果我们想要开展更多枪支研究,那么重新开始这个项目将极为重要。”纽约州立大学布法罗分校发育心理学家Rina Das Eiden说。

Das Eiden和若干合作人赢得了一项资助,研究暴力接触和药物滥用是否会提高高风险青少年的枪支犯罪率。“如果没有关于枪支暴力的特定项目宣布,那么我们申请这些研究资助就会变得更难。”她说。

宾夕法尼亚州临床心理学家Rinad Beidas补充说,这个资金流“将为我带来一个新的地区完成任务非常关键”。Beidas获得了一项资助,研究如何通过儿科主治医生实现枪支安全咨询,从而避免青少年自杀。

一个有影响力的枪支右翼倡议组织则认为,该项目是多余的,同时指称它是受到反对枪械敌意的驱动。“私人团体和基金会每年捐款数百万美元资助枪支研究。”弗吉尼亚州全国步枪协会立法行动协会发言人Lars Dalseid说,“如果政府插手其中,政治议程被允许取代科学分析,那么最终的产物将会一无是处,而只是在浪费纳税人的钱。”(晋楠)

新研究认为流感疫苗与流产存在关联引质疑



很多国家建议怀孕女性接种流感疫苗。

图片来源:Patrick ALLARD/REA/Redux

近日,网络头条充斥着将流感疫苗与流产相关联的消息。美国《华盛顿邮报》称,一项新研究中“潜在关联的暗示”可能导致对疫苗安全性的质疑。该文章作者之一是威斯康星州马斯菲尔德研究所广受尊敬的流感研究者Edward Belongia,他同时担任美国免疫接种问题咨询委员会主任。

这项小规模研究发现,两年内接种含有一种特定病毒株流感疫苗的女性存在流产的几率略高一些,研究中充满了“可能”“或许”“或者会”等词汇。研究人员自己也强调了这项新工作的“重要”局限。

研究人员称:“这种交互作用并非先验假设;其结论是在各种亚群组小规模女性中经事后分析产生的。”最令人信服的研究往往是先有假设,然后跟踪干预前后的数据以验证它是否站得住脚。这项研究对比了485名发生流产的女性和485名未发生流产的女性,然后根据年龄将她们分为次一级的群组。

其“置信区间是广泛的”。统计分析包括一个“置信区间”,以显示一项发现中有多少不稳定性。“广泛”意味着大量摇摆不定。“我们观察的生物学基础尚未建立。”研究人员指出了或可解释这种疫苗如何增加流产风险的潜在机制,但他们并没有证据支持这些推测。

这些“病例年龄明显比对照组大”。流产在35岁年龄以上的女性中变得更加普遍,研究人员甚至将其称作是“高龄产妇”。

而此前将疫苗主要成分与流产相关联的一项大型研究发现流产“风险显著下降”。在那项研究中,9000多名妇女在怀孕前或是怀孕期间被接种,胎儿流产的风险约相当于未接种疫苗群体的一半。世界上最敏锐的记者Helen Branswell强调了其中的危险信号。“实际上,(研究作者)并不清楚这个发现是否真实,或者是一些未被注意到的统计结果的产物。”

吓人的流产发现未被证明是真实的,这有着相当长的历史。流产比较普遍,其原因很多,经常难以理解,且混杂变量比比皆是。该研究作者并未提到的一个问题是很多流产者从一开始就不能怀孕。

该研究作者表示:“强调这一点非常重要,这项研究并未也不能确定其中的因果关联。”他们总结称,“关于流感疫苗在怀孕期间的免疫效应仍需更多研究。”(冯维维)