

科学就在身边 擦亮您的双眼 我们与您同行 共创美好空间

新知
文·晨风

长期以来载人火星探测一直是一个看似遥遥无期的梦想。但是现在,天文学家们或许已经朝着这一目标又迈进了一步。据美国物理学家组织网站报道,美国的研究者开发出一种独特的核聚变推进技术,这和驱动太阳和恒星发光发热是相同的机理。

美国华盛顿大学以及美国雷特蒙德(Redmond)地区的空间推进技术公司正致力于开发一种新型核聚变驱动火箭,该火箭的研制成功将会扫清横亘在载人火星探测前方道路上的一系列障碍,包括长时间太空飞行、超高的费用以及健康风险等等。

美国宇航局估计,基于现有技术,载人往返火星

核聚变火箭:载人往返火星仅需数月

将至少需要4年的时间。这样一来在整个过程中将要消耗的燃料和资金就将非常惊人——光发射费用就将耗去120亿美元。斯洛和他的团队已经在杂志上发表了他们的最新计算结果,评估了借助新型核聚变火箭往返火星,假设分别耗时30天或90天将会需要的花费金额。使用核聚变技术之后,火星载人飞行将会变得更加实际也更加经济。

但是这项技术是否真的能够实现?研究团队相信答案是肯定的。他们已经在实验室中实现了整个过程的测试。现在他们面临的问题就是将这些分别进行的部件实验组合到一起进行整体实验,并实际检

验核聚变的技术方案。研究组开发出一种特殊的等离子体,其被自身的磁场束缚。当这些等离子体在磁场中受到强烈压缩时便会发生核聚变。此前实验小组已经在实验室中成功验证了这项技术。

驱动火箭只需要非常少的核聚变燃料,一粒沙子那么多的核聚变燃料的推进力就和一加仑普通化学燃料相当。为了实现核聚变推进,研究组在磁场中的等离子体周围使用金属环内爆,从而对等离子体施加强大的向心压力,进而引发核聚变。周围的金属环形成一个外壳激发核聚变的发生,但仅仅持续几个微秒。但尽管只有这么短的压缩时间,但发生的核聚变

作用已经足以产生足够能量迅速加热并导致外壳离子化。此时在超高温下蒸发的金属外壳便会被高速喷出火箭喷嘴从而推动火箭前进。这一过程大约每隔一分钟重复一次,驱动火箭不断加速飞行。

一谈到核聚变的话题人们就会有一些顾虑,因为它让人想到核武器,但是在其它方面的应用是非常不一样的概念。研究者表示,用于推动火箭的聚变能相比氢弹爆炸的能量而言要小上10亿倍,这种规模的聚变无法引发显著的爆炸。另外,斯洛的设计方案中还包含使用强磁场来约束核聚变反应的产物,使其离开火箭并防止它伤害飞船中的任何乘员。

我国科学家首次发现“量子反常霍尔效应”

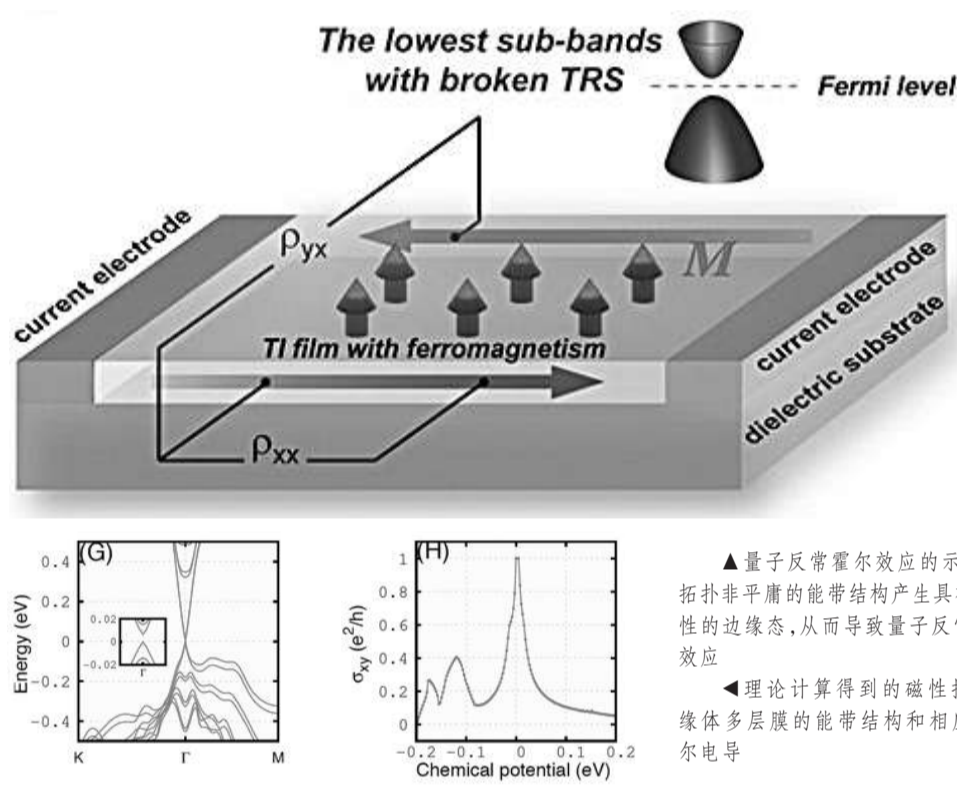
这一科研成果离诺贝尔物理学奖有多近

文·本报记者 林莉君 李大庆

“这个研究成果是从中国实验室里,第一次发表出来了诺贝尔物理学级别的论文,这不仅是清华大学、中科院的喜事,也是整个国家发展中喜事。”4月10日,诺贝尔物理学奖得主、清华大学高等研究院名誉院长杨振宁教授高度评价了我国科学家的重大发现——量子反常霍尔效应。

由清华大学薛其坤院士领衔、清华大学物理系和中科院物理研究所组成的实验团队在实验上首

次观测到量子反常霍尔效应。美国《科学》杂志于3月14日在线发表这一研究成果。由于此前和量子霍尔效应有关的科研成果已经3获诺贝尔奖,学术界很多人对这项“可能是量子霍尔效应家族最后一个重要成员”的研究给予了极高的关注和期望。那么什么是量子反常霍尔效应?对它的研究为什么引起世界各国科学家的兴趣?它的发现有什么重大意义?



重要性
突破摩尔定律瓶颈 加速推动信息技术革命进程

在认识量子反常霍尔效应之前,让我们先了解一下量子霍尔效应。量子霍尔效应,于1980年被德国科学家发现,是整个凝聚态物理领域中重要、最基本的量子效应之一。它的应用前景非常广泛。

薛其坤院士举了个简单的例子:我们使用计算机的时候,会遇到计算机发热、能量损耗、速度变慢等问题。这是因为常态下芯片中的电子运动没有特定的轨道,相互碰撞从而发生能量损耗。而量子霍尔效应则可以对应于电子的运动制定一个规则,让它们在自己的跑道上“一往无前”地前进。“这就好比一辆高级跑车,常态下是在拥挤的农贸市场上前进,而在量子霍尔效应下,则可以在‘各行其道、互不干扰’的高速路上前进。”薛其坤打了个形象的比喻。

然而,量子霍尔效应的产生需要非常强的磁场,“相当于外加10个计算机大的磁铁,这不但体积庞大,而且价格昂贵,不适合个人电脑和便携式计算机。”薛其坤说,而量子反常霍尔效应的美妙之处是不需要任何外加磁场,在零磁场中就可以实现量子霍尔态,更容易应用到人们日常所需的电子器件中。

自1988年开始,就不断有理论物理学家提出各种方案,然而在实验上没有取得任何进展。2006年,美国斯坦福大学张首晟教授领导的理论组成功地预言了二维拓扑绝缘体中的量子自旋霍尔效应,并于2008年指出了在磁性掺杂的拓扑绝缘体中实现量子反常霍尔效应的新方向。2010年,我国理论物理学家方忠、戴希等与张首晟教授合作,提出磁性掺杂的三维拓扑绝缘体有可能是实现量子反常霍尔效应的最佳体系。这个方案引起了国际学术界的广泛关注。德国、美国、日本等多个世界一流的实验组沿着这个思路在实验上寻找量子反常霍尔效应,但一直没有取得突破。

薛其坤团队经过近4年的研究,生长测量了1000多个样品。最终,他们利用分子束外延方法,生长出了高质量的Cr掺杂(Bi,Sb)₂Te₃拓扑绝缘体磁性薄膜,并在极低温输运测量装置上成功观测到了量子反常霍尔效应。

“量子反常霍尔效应可在未来解决摩尔定律瓶颈问题,它发现或将带来下一次信息技术革命,我国科学家为国家争夺了这场信息革命中的战略制高点。”拓扑绝缘体领域的开创者之一、清华大学“千人计划”张首晟教授说。

创新性
让实验材料同时具备“速度、高度和灵巧度”

从美国物理学家霍尔丹于1988年提出可能存在不需要外加磁场的量子霍尔效应,到我国科学家为这一预言画上完美句号,中间经过了20多年。课题组成员、中科院物理所副研究员何珂告诉记者:“量子反常霍尔效应实现非常困难,需要精准的材料设计、制备与调控。尽管多年来各国科学家提出几种不同的实现途径,但所需的材料和结构非常难以制备,因此在实验上进展缓慢。”

“这就如同要求一个运动员同时具有刘翔的速度、姚明的高度和郭晶晶的灵巧度。在实际的材料中实现以上任何一点都具有相当大的难度,而同时要满足这三点对实验物理学家来讲是一个巨大的挑战。”课题组成员、清华大学王亚愚教授这样描述实验对材料要求的苛刻程度。

实验中,材料必须具有磁性从而存在反常霍尔效应;材料的能带结构必须具有拓扑特性从而具有导电的一维边缘态,即一维导电通道;材料的体内必须为绝缘态从而对导电没有任何贡献,只有一维边缘态参与导电。

2010年,课题组完成了对1纳米到6纳米(头发丝粗细的万分之一)厚度薄膜的生长和输运测量,得到了系统

的结果,从而使得二维超薄膜的生长测量成为可能。

2011年,课题组实现了对拓扑绝缘体能带结构的精密调控,使其其他材料成为真正的绝缘体,去除了其对输运性质的影响。

2012年初,课题组在准二维、体绝缘的拓扑绝缘体中实现了自发长程铁磁性,并利用外加栅极电压对其电子结构进行原位精密调控。

2012年10月,课题组终于发现在一定的外加栅极电压范围内,此材料在零磁场中的反常霍尔电阻达到了量子霍尔效应的特征值 $h/e^2 \approx 25800$ 欧姆——世界难题得以攻克。

课题组克服薄膜生长、磁性掺杂、门电压控制、低温输运测量等多道难关,一步一步实现了对拓扑绝缘体的电子结构、长程铁磁性以及能带拓扑结构的精密调控,最终为这一物理现象的实现画上了完美的句号。

“下一步我们主要的努力方向是全面测量材料在极低温下的电子结构和输运性质,寻找更好的材料体系,在更高的温度下实现这一效应。那时,也许我们能对其应用前景作更好的判断。”王亚愚告诉记者。

外界评说
这是凝聚态物理界一项里程碑式的工作

“实验成果出来以后,量子霍尔效应的发现者给我发了一封邮件。他写道:我深信拓扑绝缘体和量子反常霍尔效应是科学皇冠上的明星。”张首晟向记者展示了这封邮件。

《科学》杂志的一位审稿人说:“这项工作毫无疑问地证实了与普通量子霍尔效应不同来源的单向边缘态的存在。我认为这是凝聚态物理学一项非常重要的成就。”另一位审稿人说:“这篇文章结束了多年来对无朗道能级的量子霍尔效应的探寻。这是一篇里程碑式的工作。”

延伸阅读
霍尔效应与反常霍尔效应

霍尔效应是美国物理学家霍尔于1879年发现的一个物理效应。在一个通有电流的导体中,如果施加一个垂直于电流方向的磁场,由于洛伦兹力的作用,电子的运动轨迹将产生偏转,从而在垂直于电流和磁场方向的导体两端产生电压,这个电磁输运现象就是著名的霍尔效应。产生的横向电压被称为霍尔电压,霍尔电压与施加的电流之比则被称为霍尔电阻。由于洛伦兹力的大小与磁场成正比,所以霍尔电阻也与

量子霍尔效应的相关研究已3次获得诺贝尔奖

量子霍尔效应在凝聚态物理的研究中占据着极其重要的地位。它就像一个富矿,一代又一代科学家为之着迷和献身,他们的成就也多次获得诺贝尔物理学奖。

1985年,诺贝尔物理学奖颁给了德国科学家冯·克利青,他于1980年发现了整数量子霍尔效应。

1998年,诺贝尔物理学奖颁给了美国科学家:美籍华人物理学家崔琦以及施特默、劳弗林。前两人于

磁场成线性变化关系。

1880年,霍尔在研究磁性金属的霍尔效应时发现,即使不外加磁场也可以观测到霍尔效应,这种零磁场中的霍尔效应就是反常霍尔效应。反常霍尔效应与普通的霍尔效应在本质上完全不同,因为这里不存在外加磁场对电子的洛伦兹力而产生的运动轨道偏转。反常霍尔电阻是由于材料本身的自发磁化而产生的,因此是一类新的重要物理效应。

1982年发现了分数量子霍尔效应,而后者则对这一效应进一步给出了理论解释。

2010年,诺贝尔物理学奖颁给了英国科学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫。他们俩在2005年发现了石墨烯中的半整数量子霍尔效应。

此外,量子自旋霍尔效应于2007年被发现,2010年获得欧洲物理学奖,2012年获得美国物理学会巴克利奖。

寻找宇宙中那些最为隐蔽的粒子

当世界上最大的粒子加速器正忙于寻找希格斯玻色子的时候,物理学家们已经在深深地建造起了巨大的实验室。当然,这不是什么惊天阴谋,科学家的目标是寻找宇宙中那些踪迹最为隐蔽的粒子。

这些实验室建在地表以下1英里(约1.6公里)的地方,厚厚的岩石层中或许隐藏着某种新作用力的证据,另一方面也可以保护精密的实验免受宇宙射线和其他高能粒子的干扰,从而使一些极其罕见的粒子现出原形。以下介绍的,便是几种很可能在地下实验室被发现的粒子。

非粒子

物理学家们正在地幔中寻找一种新的基本作用力。非粒子没有固定的质量,其性质有些与无质量的光子相同,有些则与有质量的粒子一致。非粒子(unparticle)可能是粒子间长程自旋相互作用的原因,这是一种新形式的长程作用力,可以使原子中的电子在长距离自旋过程中对齐。

为了寻找这种新的作用力,研究者们绘制出了地

幔中的电子密度和自旋特征,研究这些地下电子如何影响实验室中的中子和电子自旋。科学家设想了两个实验组,其之间的距离为3000英里(约4828公里)。如果地幔中的电子对实验室中的粒子产生了作用,那么后者的自旋频率就会改变。通过这个实验,这种新的作用力就可以与重力、电磁作用以及强、弱核力一起讲述宇宙的行为方式。

暗物质粒子

宇宙中充满了称为“暗物质”的隐形物质,它们的引力被认为是保持各个星系不致分崩离析的原因。最新的理论提出,暗物质由弱相互作用大质量粒子(缩写为WIMPs)组成,这种粒子极少与普通粒子发生相互作用。

有些实验室,包括美国南达科他州霍姆斯特克的大型地下氦气探测实验室,依靠地壳保护实验免受宇宙射线的干扰,因而有望探测出WIMPs与普通原子极为罕见的相互作用。目前,WIMPs的痕迹还极其稀少,但有数个实验正在进行之中,未来几年之内或许我们就能得到WIMPs存在的证据。

太阳中微子

来自格拉萨索国家实验室的物理学家探测到了处于变化类型中的太阳中微子(solar neutrinos),该实验室位于意大利一座山下约1英里的地下。太阳的核反应产生了这些不带电的粒子,最新的理论指出,中微子在传播到地球的过程中会发生转换,即中微子振荡。正是由于中微子振荡的存在,使早期科学家测量太阳产生的中微子的流量时,发现大约只有根据标准太阳模型计算结果的三分之一。

太阳中微子很少与地球物质发生作用。从欧洲粒子物理实验室(CERN)发射的中微子束,经过731公里到达意大利的格拉萨索国家实验室,物理学家们成功捕获了处于转换状态的中微子。这一发现证实了中微子振荡现象。

反中微子

中微子来自太阳,但地幔之中的放射性元素也会产生“反中微子”(geoneutrinos)。格拉萨索国家实验室分离了一些这样的反中微子,它们是由钍、钍的放射性衰变形成的。这种新粒子或许可以解释地球内部

热量的积聚,以及这些热量驱使板块构造移动的过程。为了捕获这些从地幔中发出的反中微子,研究人员使用了一个包含有油基液体的探测器,当亚原子粒子撞到这种液体时会出现闪烁现象。反中微子会发射出一个正电子和一个中子,当这两个粒子撞到液体中的原子时,会发出一种特殊的闪光。研究人员据此确定了反中微子的存在。

核子衰变

虽然很多亚原子粒子都会衰变成其他粒子,但科学家至今还未发现质子和中子的衰变现象。这两种粒子组成了原子的原子核。在标准模型中中子数是守恒的,而大统一理论却预言了质子衰变。为了寻找这种罕见衰变的证据,超级神冈探测器(Super-Kamiokande)的科学家已经耗费了多年时间。该探测器位于日本神冈矿坑一个深达1000米的废弃矿洞中。在神冈探测器在水中探测切连科夫辐射的实验中,研究者指出如果质子完全衰变,半衰期至少长达 10^{34} 年。到目前为止,科学家还没得到一个有关质子衰变的确实证据。(任天)

一周趣图



“收割机版”变形金刚亮相南京

4月9日,参观者在南京国际博览中心观看“水稻收割机版”变形金刚。

据了解,这尊变形金刚高5.5米,是第七届中国(江苏)国际农业机械展览会的一家农业装备参展企业的创意展品,其40%以上的部件采用水稻收割机零配件组装而成。



四姑娘山再次发现野生大熊猫

4月8日下午18时20分许,四姑娘山景区管理局工作人员接村民报告,在双桥沟景区内沟5公里的左面山坡上发现一只野生大熊猫。经观察,这只大熊猫健康状况较差,反应迟缓,精神状态欠佳,没有进食反应,四姑娘山景区管理局随即对这只大熊猫进行救援。

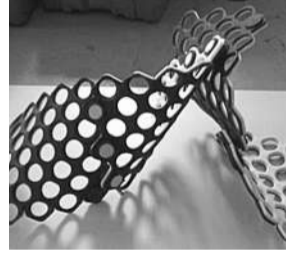
当日晚20时10分,大熊猫被护送到景区管理局,这是2012年2月之后又一次在该景区发现野生大熊猫。



荷兰在建全球最大“地球之舟”

荷兰东部小镇奥姆斯特正在开发一处别具特色的居民小区,形态各异的23栋环保“地球屋”将在此“落户”,成为全球规模最大的“地球之舟”。

“地球屋”核心是房屋实现能源自给和废物再利用,与大自然和谐相处。据介绍,这个建设项目于2011年底正式启动,预计2015年将全部竣工。“地球屋”居民小区占地1公顷。按照规划,房前屋后和道路两旁将种植树木和花草,后院亦可种植蔬菜,呈现回归大自然的田园美景。目前,全球类似的“地球屋”只有1000多座。



“爆米花”家具可自我塑形

比利时设计师卡尔·德斯梅特发明了一种自组家具,只要接通电源加热,它就能像爆米花一样,膨胀成任何你想要的形状。如果你对最终出现的椅子或者是桌子的设计不满,只要通过软件就能重新给它塑形。

这种家具由形状记忆聚氨酯制成,通过70摄氏度高温加热,它从体积不足最终体积的5%膨胀到最终大小。如果最终产品出现破损,可以重新熔化,并在几分钟内形成新物件,破损也将自动愈合。它有望在未来10年内进行大规模生产。

据了解该想法来自于为飞船设计天线的另一个项目,这种天线在受到阳光照射时,会慢慢膨胀到最终大小。

资讯

《钢铁侠3》中国之夜 TCL发布新品

科技日报讯(记者马爱平)4月6日,“漫威《钢铁侠3》电视产品全球合作伙伴”TCL,在《钢铁侠3》中国之夜发布了2013年火球新品。

据透露,TCL的智能云电视产品或成影片的重要道具或影响剧情的元素。TCL董事长兼CEO李东生介绍,TCL从《变形金刚3》《复仇者联盟》《蝙蝠侠》《云图》到《钢铁侠3》的合作中,努力用一系列年轻、时尚的文化娱乐元素助力品牌国际化,今年年初TCL还冠名了好莱坞地标性建筑好莱坞中国大剧院。

在活动现场,李东生与体验TCL火球新品的钢铁侠粉丝和嘉宾,一同为“钢铁无国界”活动助力。同时,宣布TCL近日将启动“你是我的英雄”大型主题活动,为中国钢铁侠的粉丝带来惊喜。