

纳米发电机：摩擦也能带来“正能量”

文·本报记者 游雪晴

摩擦生电,是个尽人皆知的事情,初中物理学部分的第一课就是摩擦起电,而干燥环境下由于摩擦而造成的静电常常让人头疼不已。既然生活中摩擦无处不在,如何让这个令人厌烦的问题变成人见人爱的“正能量”?

在不久前召开的以“纳米能源与压电(光)电子学发展前沿”为主题的第538次香山科学会议上,记者了解到,基于纳米能源与压电电子学理论上而研发出来的摩擦纳米发电机,让摩擦发电不再是幻想。

世上最小的发电机

这种摩擦纳米发电机,其机械能转化效率是50%—80%,可以为微小电子器件、纳米机器人提供电力,使之真正实现自驱动

纳米能源是指基于纳米技术和纳米材料的能源转换与能源存储技术。其实早在2007年4月出版的美国《科学》(Science)杂志上,就介绍了本次会议的执行主席、中科院北京纳米能源与系统研究所王中林研究员研制的由超声波驱动的直流感流发电机。而更早的2006年4月,一向对新方法、新理论十分热衷的《科学》杂志,也曾报道过王中林领导的小组首次在纳米(十亿分之一米)尺度范围内,将机械能转换成电能的研究成果。

王中林当时研制的这个世界上最小的发电机,巧妙地利用了纳米线的半导体性能和压电效应:通过外界环境震动,无论是超声波,还是人的行走、潮汐的运动,甚至心脏跳动(如果被植入人体内部的话),使得纳米线因机械运动所产生的动能传导,而产生微小的共振、摆动、变形,从而在表面积累起电荷,再由纳米线所附着的电极板输出电流。

据测算,当时这种纳米发电机的发电效率可达到17%—30%。要知道,现在最好的太阳能电池的实际发电效率也仅在20%上下。不过这样的发电效率依然不能令人满意。2011年,一个偶然的机遇,王中林团队发现表面上修饰着纳米结构的塑料薄膜,互相摩擦产生的静电电压电流是过去用压电产生的几十倍,这个发现让他们兴奋异常。之后经过一年多的研究,使得输出功率提高了五个数量级。通过实验验证,这种摩擦纳米发电机,其机械能转化效率是50%—80%,真是惊人啊!

由于摩擦这一现象很普遍,在生活中无处不在,由此团队发明了四种模式,可以把接触、滑动等四种不同的状态转化成电能。这种摩擦纳米发电机由特殊设计具有纳米结构的高分子材料及复合材料组成,辅以极少量的金属电极材料,造价低廉,成品轻盈,耐腐蚀,它可以为微小电子器件、纳米机器人提供电力,使之真正实现自驱动。

换个思路变身传感器

触发摩擦纳米发电机,它就能发出信号,那反过来,如果监测信号,就知道它触发的情况

近年来,尺寸微小、功耗低、反应灵敏的纳米器件和纳米机器人,一直是纳米学术界的前沿,因为它可以完成微观医疗以及遥感等普通人力难以企及的使命。但对于全球众多的研究者而言,最大的问题是:不管纳米器械做到多小,仍然不得不依赖庞大的外接电源。更不用说由于常

规电池多含有毒物质,使得一些医用纳米微型设备无法植入人体。如果不能同步实现器件和电源的小型化,让纳米器械进入微观世界,也许只能是纸上谈兵。现在,随着纳米发电机的出现,这一前景重新变得光明起来。哈佛大学化学系教授查尔斯·莱博

认为,这一发明为如何给纳米器件提供电力这一关键问题“提出了解决方案”。

除了完全无线、可生物植入、长时期甚至终生无需照管的纳米或微电子器件之外,将来每个人的衣服上、鞋子里等,都可以放置这样的电源,为身上携带的便携电子设备(包括MP3、手机等)提供能量。这样智能穿戴设备才能越来越流行。纳米能源另一个应用是自驱动传感系统,它解决了制约物联网发展的微电源问题,从而实现无线传感器在无人看护下,稳定、可靠、长时间低成本运行。而按另一种思路设计的传感器,还可以为医疗和安全提供解决方案。

王中林介绍说,触发摩擦纳米发电机,它就能发出信号,如果发电机是把电流收集起来,那反过来,如果我监测信号,就知道它触发的情况。他利用这一原理设计了一个小型传感器,贴在胸部、喉咙上,可以测量我们血压和血液在身体的流动状态。

这一思路还可以应用到安防方面。把这种传感器安装在门把手上,如果有人按上去就会产生信号从而实现立即报警。同样的原理还可以安装到地面上、屋子里,当无人进入时不会开启,但一旦有人踩上去,它就可以产生信号并启动监视状态。这种应用不仅节能而且节省数据。

纳米能源的巨大能量

海水流动昼夜不停,为摩擦纳米发电机提供了稳定的工作环境,根据粗略估算,在200公里乘以200公里的海面,利用5米深的水就可以产生相当于三峡的总电量

纳米能源可以解决的不仅仅是这些微小系统的问题,其产生的巨大能源可以诱发能源革命。利用海水波浪产生的摩擦效用,研究者们设计研发了水能摩擦纳米发电机,将其结成网状放置到海洋中,会使海水无规则的运动转变为源源不断的电能。据实验测算,每平方公里的海面将可以产生兆瓦级的电能输出。

王中林团队利用固液界面的摩擦起电现象研制的“水能摩擦纳米发电机”,可用于对河流、雨滴、海浪的动能收集。通过摩擦纳米发电机四种基本模式的组合应用,这种发电机可以高效地回收海洋中的动能资源,包括水的上下浮动、海浪、海流、海水的拍打。他说,“水能摩擦纳米发电机”首次实现固液界面摩擦发电。以前,一般认为只有在干燥条件下才能摩擦起电;该技术也实现了对水滴和波浪动能的同时收集。

王中林院士说,我国海域辽阔,海水流动昼夜不停,这为摩擦纳米发电机提供了稳定的工作环境。依托海洋,这种“蓝色能源”或将超越“绿色能源”,具有广阔市场前景。根据粗略测算,在200公里乘以200公里的海面,利用5米深的水就可以产生相当于三峡的总电量。

同时,利用人走路、汽车轮胎摩擦地面,也

可发电。例如,北京西单商业区一天的人流踩踏产生的电,相当于约2.5吨煤燃烧所发的电。同样的,利用纳米发电机也可以利用汽车车轮与地面的摩擦而在此前白白浪费掉的能源回收利用。据报道,美国威斯康星大学麦迪逊分校材料和工程学副教授王旭东(音译)和他的博士生进行了为期一年的研究。他们认为,纳米发电机可以从路面和车辆车轮之间电位差的变化来获得电能。经过研究确定,这种摩擦发电的效率与汽车的重量和速度有密切关系。根据车辆和其行驶状态不同,发电量会有相应变化,但总体估计,这种装置大约能将车辆的燃油效率提高至少10%。

记者从此次香山会议上了解到,目前以我国科学家为主体的研究团队已经对纳米发电机及压电(光)电子学的基础理论、材料的可控制备及新型电子学器件设计积累了基础,获得了一批具有自主知识产权的创新型研究成果,相关研究处于世界领先水平。去年9月,汤森路透集团发布了2015年度论文引用桂冠奖获奖名单,王中林位列其中。

我们期待着不久的将来我们可以受惠于这一研究引发的能源革命,使用上更干净而持续的能源,同时也可以享受这一技术带给我们的生活便利。

■ 越图



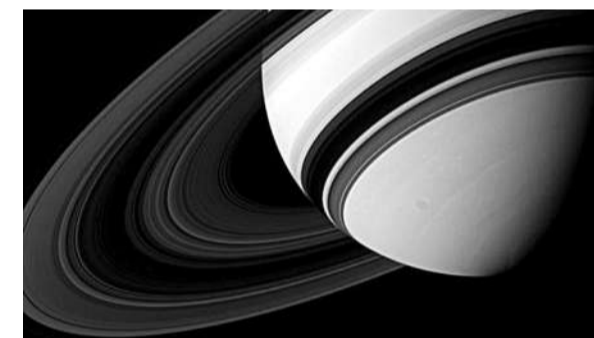
科学家立项研究交叉学科“打水漂”

小时候最熟悉不过的游戏了,然而这项被人们认为是最简单的儿童游戏也被科学家加入了研究课题,进了科学实验室。据中国青年网报道,美国犹他州立大学飞濺实验室的机械工程助理教授泰德·特拉斯科特就是做起了这个项目——研究打水漂!

提到“打水漂”的强大威力,还要说一下二战,二战期间,英军一种名为“水上漂”的炸弹摧毁了纳粹德国鲁尔区的水坝。其理论基础就是“打水漂”——让炮弹在水面跳跃,增加它的范围和影响。眼下,如何让物体在水面上蹦蹦跳跳已经成为一个非常重要的物理学分支。

科学家研究“打水漂”可是集几个科学理论于一体,物体的形状、材料、摩擦、流体力学、空气动力学以及旋转的相互作用都成为研究目标。教授和他的团队换着花样打水漂,并用高速摄像机记录下过程。他们的研究结果,除了有利于改进打水漂炸弹之类的武器,还能帮助充气艇和其他软壳船只增加安全系数,也能用于研制水面玩具。

手腕一甩,石子斜抛出去,在水面上弹跳几次,砸出一串涟漪,最终“咚”一声落入水中,“打水漂”是每个人在小时候最熟悉不过的游戏了,然而这项被人们认为是最简单的儿童游戏也被科学家加入了研究课题,进了科学实验室。据中国青年网报道,美国犹他州立大学飞濺实验室的机械工程助理教授泰德·特拉斯科特就是做起了这个项目——研究打水漂!



为了解土星年龄首次“称重”土星光环

在对土星B环质量进行的一次测算中,科学家们发现B环的一部分区域质量低于预期。一个研究组发现B环中透明度最差的部分并未如预期的那样质量更大一些。甚至B环整体的质量也低于科学家们预期。尽管B环的一部分区域的物质密度要远低于另一条光A环的密度要大10倍,但其质量只比对方多了2—3倍。

据英国广播公司(BBC)网站报道,相关结果已经发表在近期出版的科研期刊《伊卡鲁斯》上。为了理解B环的质量问题,科学家们对所谓“螺旋密度波”进行了分析。这种波的结构模式直接受到光环质量大小的影响,因此对这种波的结构进行测量将让科学家们能够反推出光环的质量,就像给光环“称重”。

对土星光环结构的深入了解将有助于精确估算其形成时间。美国宇航局喷气推进实验室(JPL)的琳达·斯皮尔克(Linda Spilker)指出:“通过首次对土星B环进行精确称重,我们朝着准确判断土星光环的年龄和起源又迈出了坚实一步。”他说:“土星的光环是如此巨大,令人赞叹。它究竟是如何形成的?我们无法抑制想要知道这个问题答案的渴望。”

(实习生 黄舒宁整理)

引力波探测器,为什么LIGO笑到了最后?

文·刘博洋

从2015年9月至今,“引力波之发现”的消息像一只调皮的幽灵,以形形色色的版本穿梭于天文和物理学界,它时隐时现,像剂量不断增强的兴奋剂,一次次激起人们的窥探欲。

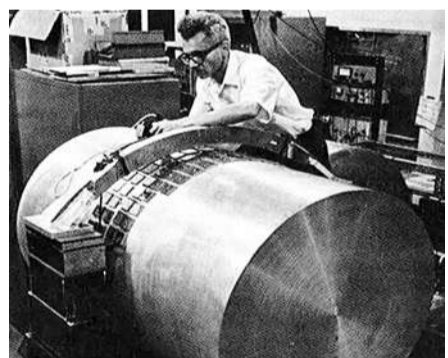
在北京时间2月11日晚11点30分,美国国家科学基金会就探测引力波的研究进展进

行报告。LIGO科学合作组织向全社会宣布,LIGO首次直接探测到引力波和首次观测到双黑洞碰撞与合并,科学家直接探测到了引力波!

五花八门的引力波探测器中,为什么是LIGO笑到了最后?

引力波探测器哪家强

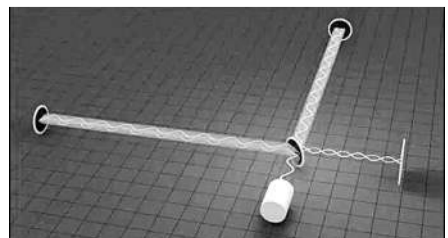
爱因斯坦1916年就提出引力波这茬儿了,到上世纪六十年代左右,就有人开始琢磨怎么探测引力波。最早的引力波探测器长这样:



一个大铝筒。基本原理是,如果引力波的频率跟铝筒的共振频率一致,会引起它的收缩一拉伸。旁边的人叫乔·韦伯(Joe Weber),公认的引力波探索先驱。他曾在1969年宣布,用这台机器测到了引力波。

但是同行重复他的实验,没有一个能重现这一结果的。所以大家认为他搞错了。这次测到的引力波的振幅是 10^{-21} 。很明显,用越大的数字去乘这个 10^{-21} ,会得到一个越大的结果。这个铝筒这么小,显然得不到什么结果。要知道LIGO的臂长就有4km,内部更是让光路反射了400次,激光光路长度达到1600km,这么大的数去乘那个 10^{-21} ,才勉强得到一个大约跟质子半径一个量级的变化。所以这种几十年前的棒状引力波探测器,显然不可能有什么结果。

后来人们发展出了激光干涉仪为原理的探测器。代表就是美国的LIGO和欧洲的VIRGO。

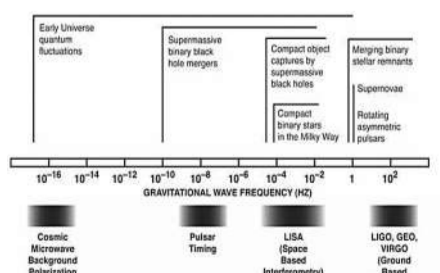


其基本原理是,把引力波扫过导致的长度变化,转变为激光干涉结果的光强变化。“干涉”几乎是精密测量的“作弊器”,不用什么别的工具,我们能够通过手机贴膜不均匀处的干涉条纹,直观看出贴合间距的微小变化。LIGO也能通过测量两束相干红外激光的干涉光强,判断激光臂长的极微弱变化。

同样的原理,放到天上,能得到更长的臂长:长达数万公里。这样引力波导致的变化将更加明显。所以美欧提出了LISA计划,中国也提出了“天琴计划”,都是打算发射空间卫星,组成干涉仪网络,进行长距离的干涉测量。

更长的臂长就只能靠天上本来就有的东西了:脉冲星、微波背景辐射。脉冲星的周期会受到经过的引力波的扰动,而微波背景辐射里,据信留有宇宙大爆炸时原初背景辐射的印迹。它们也可以用于探测引力波。

波速不变的话,波长与频率成反比。臂长越长,对越长的波长更敏感,也就是对更低的频率更敏感。所以LIGO、LISA、脉冲星、微波背景辐射,它们分别探测一系列不同频率的引力波信号,彼此互为补充,不能相互替代。



其中,LIGO这种几公里基线的激光干涉仪,对频率约为100的信号最敏感——这正是双黑洞、双中子星等双致密天体合并前的一瞬间发出的引力波的频率。这种双星合并事件的引力波最有独特特征,最容易识别,因此不难理解,是LIGO抢先探测到了引力波。

而LISA、“天琴”就要低频一些了,它们对频率为约为 10^{-2} 到 10^{-1} 左右的信号最敏感。因此它们更适合寻找银河系中相对慢速绕转的双致密星,以及因身材庞大而转不快的超大质量

双黑洞。脉冲星适合探测频率约为 10^3 的引力波,宇宙微波背景辐射更是只能探测约为 10^{-16} 次方这

LIGO的“黑科技”

就算LIGO的臂长对应的引力波频率跟双黑洞合并刚好一致,就算干涉原理吊炸天,凭什么LIGO可以测得出千分之一个质子半径的细微变化?

大陆板块在移动,大海在拍击着全球的洋底,大气呼号着,整个北美大陆的汽车轰鸣着,蚂蚁军团就在隔壁掀起了一场灭国之战……想要把所有这些噪声隔离开,专心倾听来自十几亿光年外,振幅为千分之一质子半径的波动?

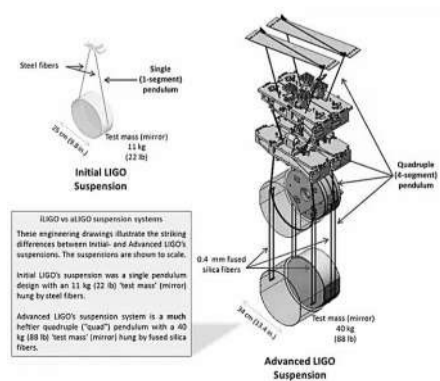
这就好比太平洋上台风肆虐时,我在上海的岸边扔了一颗石子,请在加州海滩上测出它的涟漪。但总的说来我们有这么几个办法。

隔离震动



发布会上,演示了LIGO隔离震动的基本原理:当你高频晃动一个摆的绳端,摆并不会跟你一起晃动,反而会维持稳定。

当你把这招用到极致,就是这样:



左图是升级改造前的LIGO:反射镜仅有25厘米直径,用两根钢丝吊起。而右图中,升级改造后的Advanced-LIGO,使用了更为复杂的机构,和更大、更重的反射镜,来最小化反射镜本身的晃动。

干涉

两束光,峰谷对应,得到的光峰谷分别加强,总光强更强;峰谷错位相消,则最后什么光都没有剩下。这样,光强极为灵敏的显示了两束光的峰谷之间的细微差距。

功率倍增器

激光越强,干涉产生的图样越清晰易测量。为了保证效果,LIGO需要750千瓦的激光功率——但LIGO激光功率其实只有200瓦——为此功率倍增,LIGO入射的激光首先在多个镜面之间来回反射,并将反射后强度叠加后的光原路输回原光路,形成所谓“能量循环”,满足了LIGO的功率要求。

镜子



纯二氧化硅打造,每300万个光子入射,只有1个会被吸收。一个字,亮。

真空

LIGO的激光臂全部在真空腔内,其真空腔体积在地球上仅次于LHC(欧洲的大型强子对撞机),气压仅为万亿分之一大气压。

反射

如上所述的强激光、超洁净的镜片和真空环境,LIGO才能无所畏惧的让激光在4km臂中反射了400次再进行干涉——这极大地增加了LIGO的有效臂长,让它能以1600km的臂长,探测更低频的信号,并且得到更显著的测量结果。

发布会上,美国人表示“LIGO是世界上最精密的测量仪器”,减载。

(稿件来源:微信公众号天文八卦学,作者系国家天文台在读博士)

■ 简讯

中原地区最大地下管廊工程正式开工

科技日报讯 第十一届中国(郑州)国际园林博览会暨双鹤湖中央公园项目建设动员会日前顺利举行。这标志着该项目的先期工程由中铁四局承建的中原地区最大的地下管廊工程正式开工。

中国(郑州)国际园林博览会暨双鹤湖中央公园项目,位于郑州航空港区南部双鹤湖片区核心区域,占地面积2295亩,主要包括地下空间、水系、桥梁、道路、景观绿化等,是郑州市都市区南部新城的重要组成部分,也是郑州市航空港区南部综合服务区和实验区融合发展的先导区。该项目总投资约50亿元,预计将在2017年9月底竣工投入使用。中铁四局主要承建该项目地下车库联络道以及城市综合管廊工程,其中,城市综合管廊建筑面积约3.7万平方米为中原地区最大的地下管廊工程。

城市地下综合管廊,是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道,是城市基础设施的重要组成部分。形象地说,就是将现在直埋在地下的各种市政管线统一安放到一个共同的“房子”里,维修和管护转入地下,管线得到更安全的保护。该项目建成后,将进一步提高郑州市航空港实验区空间资源利用效率,完善航空港实验区基础设施配套建设。

(桂瑞 文良诚)