

大亚湾中微子振荡新发现

反物质消失之谜有望破解

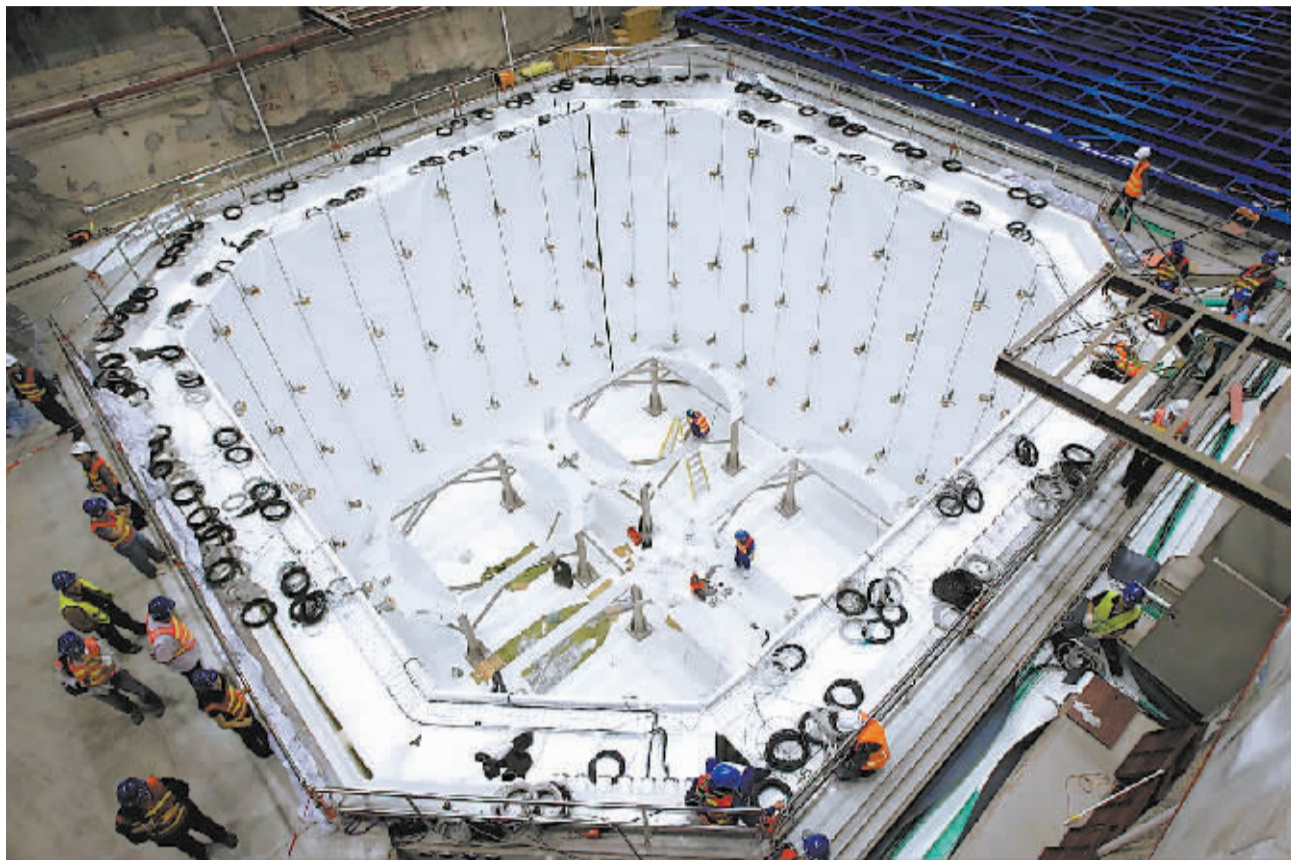
曹俊

新闻背景

3月8日下午,大亚湾反应堆中微子实验国际合作组中方发言人、中国科学院高能物理研究所所长王贻芳研究员向全世界宣布:大亚湾实验以5.2倍标准偏差的置信度(>99.9999%)测得中微子混合角 θ_{13} 不为零,首次实验发现了中微子的第三种振荡模式。

这项来自中国的物理学发现在世界上引起了轰动,在不到一天的时间里,即有1000多条海外网络报道和评论,掀起了一股中微子的热潮。

那么,中微子是什么?这项发现为什么让科学家激动不已呢?



科研人员在广东大亚湾反应堆3号中微子实验厅内紧张忙碌(资料图片)。

“宇称不守恒”原来是中微子“捣鬼”

1956年,华人物理学家李政道和杨振宁提出了宇称不守恒定律,宇称就是左右方向性。在微观世界中,“左”和“右”是不对称的。比方说,一辆汽车沿着公路向右方行驶,如果对着镜子做一辆一模一样的车,这样所有零部件都反过来设计,方向盘换到右边,发动机也左右对称地反过来,然后向左开,那会怎么样?在日常生活中,当然没有任何问题,反过来的汽车也会在镜子里看第一辆车一样,开得好好的。可是到了微观世界,这辆车居然开不动了,因为它违背了基本的物理规律,这个规律就是宇称不守恒。这么匪夷所思的规律,当然引起了人们的极大兴趣和怀疑。华人女物理学家吴健雄因此马上改变了去欧洲度假的计划,夜以继日地进行实验,花了几个月时间,终于清楚地证明,钴60同位素的衰变过程,确实是左右不对称的。李政道和杨振宁也因此获得了1957年的诺贝尔物理学奖,这是诺贝尔奖史上获奖最快的一次。

微观世界的左右为什么会不对称呢?就在李杨提出宇称不守恒的同一年,两个美国人柯万和雷因斯找到了中微子。后来人们才渐渐意识到,这实际上是中微子捣的鬼。

1930年,奥地利物理学家泡利为了解释贝塔衰变中能量似乎不守恒,提出可能存在一种看不见摸不着的粒子,是它偷走了能量。这种粒子不带电,没有质量,几乎不与物质发生相互作用,因此捕捉不到它。泡利自己说:天啊!我预言了一种永远找不到的粒子。人们想尽了办法,终于在26年后,柯万和雷因斯在反应堆附近第一次找到了中微子存在的实验证据。雷因斯获得了1995年的诺贝尔奖。

中微子极难探测,曾被人称为“鬼粒子”,它却像一只看不见的手,控制着微观世界的基本规律,甚至是宇宙的起源和演化。它具有很多奇怪的性质,宇称不守恒,本质上是因为不存在右旋的中微子,只有左旋的中微子。既然右旋的中微子都不存在,如果一个反应涉及到了中微子,当然就不能发生它的左右镜像过程了。

“中微子消失”缘由是中微子振荡,第三种模式却一直找不到

在找到中微子后,人们发现总共有三种不同的中微子,分别是电子中微子、缪中微子和陶中微子。很多物理过程都能产生中微子,比如太阳能够发光,是因为太阳内发生着核聚变,这些核聚变同时也产生着中微子。太阳中微子跟太阳光一样,向四面八方飞出,地球上指甲盖大小的地方,每秒就会落下600亿个太阳中微子。反应堆发电的能量来自核裂变,它同样产生大量的中微子,大亚湾核电站的6个反应堆,每秒产生35万亿个中微子。宇宙起源于137亿年前的一次大爆炸,在第一秒钟就产生了无穷多的中微子,它们一直存留到现在,地球上指甲盖大小的地方,每秒就会落下10万亿个宇宙大爆炸残留的中微子。

当柯万和雷因斯在反应堆边寻找中微子的时候,另一个美国科学家戴维斯开始在地下1500米的一个废旧金矿中寻找来自太阳的中微子。去这么深的地底下,是为了屏蔽地面上宇宙线对实验的干扰。由于太阳离我们太远,所以到达探测器的中微子远不如在反应堆附近的多,戴维斯比雷因斯晚了很多才看到太阳中微子。不过他发现了一个奇怪的现象,太阳中微子的数量只有预期的三分之一,这个困扰科学家几十年的问题,称为“太阳中微子失踪之谜”。在宇宙中,有很多能量非常高的宇宙射线,它们进入地球的大气层后,会打出中微子,称为大气中微子。从上世纪80年代起,人们就发现大气中微子似乎没有我们预计的多,称为“大气中微子反常”。

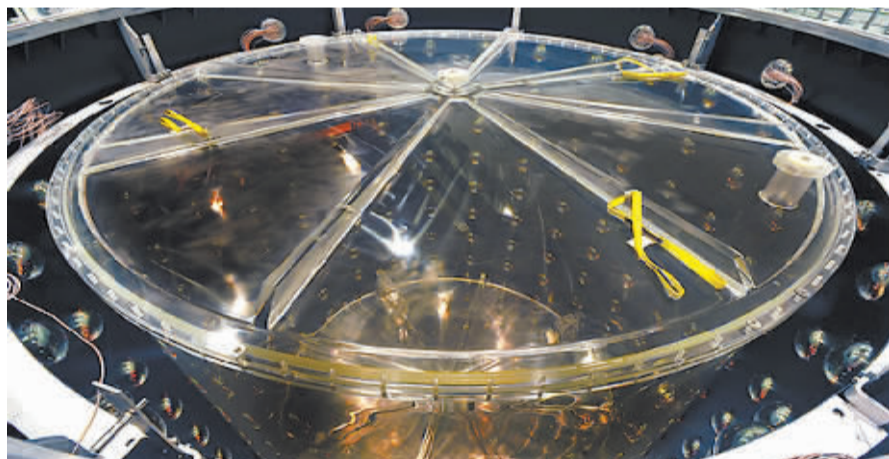
1998年,日本的超级神冈实验以确凿的证据,证明中微子存在振荡现象,一种中微子,能够在飞行中变成另一种中微子,然后再变回来。太阳中微子和大气中微子的丢失,都是因为变成了其它种类的中微子。更多的实验也证实了这个发现。戴维斯和超级神冈的领导者小柴昌俊获得了2002年的诺贝尔奖。

根据中微子振荡理论,大气中中微子振荡和太阳中微子振荡,对应着两个中微子混合角 θ_{23} 和 θ_{12} ,还应该存在第三种振荡模式,对应中微子混合角 θ_{13} 。这个振荡小得多,因此一直没有找到,但是它关系到中微子物理的未来发展,也跟宇宙起源相关,因此引起了科学界的极大关注。

大亚湾场地佳精度高,引来众多合作者

从2003年起,中国的物理学家就开始规划利用大亚湾核电站发出的中微子来寻找这第三种振荡模式,测出 θ_{13} 。由于科学意义重大,世界上先后有7个国家的8个小组提出了类似的计划。大亚湾核电站的总功率世界第二,能发出更多的中微子,同时紧邻高山,适合建立地下实验室,排除来自宇宙线的干扰,是世界上测量 θ_{13} 的最佳场所。中科院高能所提出的实验方案,是世界上精度最高的,因此吸引了众多的国际合作者。美国也放弃自己的两个方案,转而加入大亚湾实验。

经过八年的准备和建设,挖了3公里的隧道,建立了三个地下实验厅,研制了8个110吨重、却异常精密的中微子探测器,放置在实验厅内巨大的水池中。大亚湾实验的第一个实验厅于2011年8月15日开始运行。四个月后,三个厅全部投入运行,开始获取有意义的物理数据。又过了三个月,研究人员不分昼夜地分析实验数据,只用了55天的数据,就发现远厅的



大亚湾中微子实验在洁净间中组装的中心探测器。新华社发

新发现为破解“反物质消失之谜”开辟路径

大亚湾实验的发现让所有研究中微子的科学家都感到兴奋。即使是它的竞争对手、日本T2K实验的发言人小林隆和郑章基教授也来信祝贺,表示:“中微子振荡实验的光明前景令人激动不已。有了这个大的 θ_{13} 混合角,若上天继续眷顾我们,或许在我们有生之年可以揭开物质层次和CP破坏的奥秘。”

美国《科学》杂志在线版“科学此刻”栏目发表文章《中国物理学家揭露中微子测量的关键》,评价:“此次成果完成了一幅中微子的概念图”,并称“这为‘中微子与反中微子行为不对称’的实验铺平了道路。其将可以解释为何现在的宇宙中有如此多的物质,却只有那么一丁点儿的反物质这一问题”。

原来,宇宙起源中的物质与反物质不对称很可能与它有关。当宇宙大爆炸发生时,根据粒子物理规律,正反物质应该成对产生,是一样多的。可是我们现在的宇宙中,并没有发现大量反物质存在的迹象。

那么反物质哪里去了?

中微子存在振荡现象,同时意味着可能存在另一种不守恒,即电荷-宇称不守恒,就是上文说到的CP破坏(电荷用C表示,宇称用P表示)。李政道和杨振宁发现了宇称不守恒后,人们发现电荷和宇称乘起来一般来说是守恒的,但也有很少的例外,称为CP破坏。如果存在大的CP破坏,那么在宇宙早期,反物质就有可能衰变得更快,导致现在的宇宙中只剩下正物质。不过CP破坏很难测,现在还没有发现中微子的CP破坏现象。如果 θ_{13} 很大,那么我们就可以设计实验,去测量CP破坏的大小,破解宇宙的奥秘。

当然,这个发现对中微子研究的其它方方面面也有着重要影响。比如,我们将更容易确定三种中微子哪个最轻,哪个最重,也许会更容易确定中微子是不是它自己的反粒子,等等。

(作者为中国科学院高能物理所研究员)

延伸阅读

中微子能不能走进我们的生活?



通往大亚湾中微子实验厅的隧道。

奇妙的中微子,现在我们能够产生它,探测它,那么能不能在日常生活中用上它呢?几天前,美国费米实验室的科学家宣布,利用一个试验装置,成功地用中微子实现了通讯,带宽为0.1bps(位/秒),误码率百分之一。由于中微子可以几乎不受阻碍地直线穿过物质,这种通讯不会受海水和地层的阻挡,也无法干扰、拦截和破解。也许有一天,它能变成实用的通讯方式。

不过在科学家眼中,基础研究的重要性要远远大于它的实用性。四百年前,丹麦科学家第谷仰望星空三十年,积累了大量的天文数据,由他的弟子总结成开普勒三定律,这是牛顿提出牛顿力学的重要依据。谁能想到,天天盯着星星看而窥得的行星运动的奥秘,几百年后却成为我们建造高楼大厦、桥梁、飞机、汽车、发射飞船卫星的根本?当我们窥探到了宇宙运行的奥秘,也许几十年或一百年后,中微子带给我们的知识,会同样融进我们生活的方方面面。

极限实验

奥地利勇士

2.18万米高空跳伞

荆晶



奥地利高空跳伞运动员费利克斯·鲍姆加特纳15日从美国新墨西哥州2.18万米高空纵身跳下,成功完成第一次试跳。

不久的将来,他将从3.65万米高空跳下,挑战包括“最高海拔自由落体运动”在内的多项世界纪录。

鲍姆加特纳当天乘坐氦气球升至2.18万米高空,随后纵身从气球吊篮中跃下,平安着陆。鲍姆加特纳下落最高时速达到586.4公里,自由坠落大约3分43秒后,打开降落伞,整个下降过程持续8分8秒。

从2万米跳伞说起来容易,做起来危险重重。普通客机的飞行高度约为9000米,曾经辉煌一时的“协和”飞机巡航高度也只有1.8万米。2万米高空温度极低,鲍姆加特纳面临缺氧、出现幻觉等多重风险。他穿加压外套,背负氧气装置,设备的任何破损或故障都可能导致灾难性的后果。如果减压服气密性出现问题,可能导致血液汽化。

第一次试跳成功后,鲍姆加特纳计划在今年7月至10月初之间尝试第二次试跳,挑战2.7万米新高度,然后是挑战3.65万米的全新世界纪录。

当前世界纪录由美国军人乔·基廷杰1960年创造,那时,他从升至3.1万米的气球吊篮中跳下。

创新发明

“风力茎秆”系统 形如麦田无噪音发电

悠悠



传统风力涡轮叶片存在很大的噪音,有时蝙蝠和鸟类会意外撞击导致死亡。目前,美国纽约一家设计公司最新提出了一种“风力茎秆”,当风流吹拂这些“茎秆”产生波浪状弯曲时就会发电。

这项最新设计需要1203根风力茎秆,每根茎秆高60米,带有一个直径11~22米混凝土地基,风力茎秆顶端直径仅5厘米。它采用碳纤维材料制成,每根茎秆都包含着电极和压电材料制成陶瓷盘的交替层,当受到压力时将产生电流。对于风力茎秆而言,当风力茎秆受到摇摆风流的压缩作用时,进而形成电流。

基于粗略的评估,风力茎秆农场的电能输出量相当于覆盖在相同面积的传统风力发电系统。风力茎秆是完全静音的,模拟图像显示它颇似一片麦田或者是沼泽中的芦苇。

奇思妙想

神奇口罩 用呼吸为手机充电

秋凌



据国外媒体报道,巴西里约热内卢的发明家乔柯-保罗-拉莫格里亚发明了一款神奇的装置,能够将呼吸产生的风能转化成电能,为iPad、手机等电子设备充电。这种装置名为“AIRE口罩”,装有微型风力涡轮机,所发的电通过电缆传输给电子设备。

拉莫格里亚表示,AIRE口罩可以在跑步、睡觉或者进行其他活动时使用。他说:“我希望这款装置能够大批量生产,帮助减少碳足迹。它可以在室内或者室外使用。除了节省能源和帮助保护环境外,这款装置也能鼓励人们加强体育锻炼。AIRE口罩可以每天24小时提供电量。”