
物理学家首次观测到夸克间的量子纠缠

作者：writer 来源：科学网

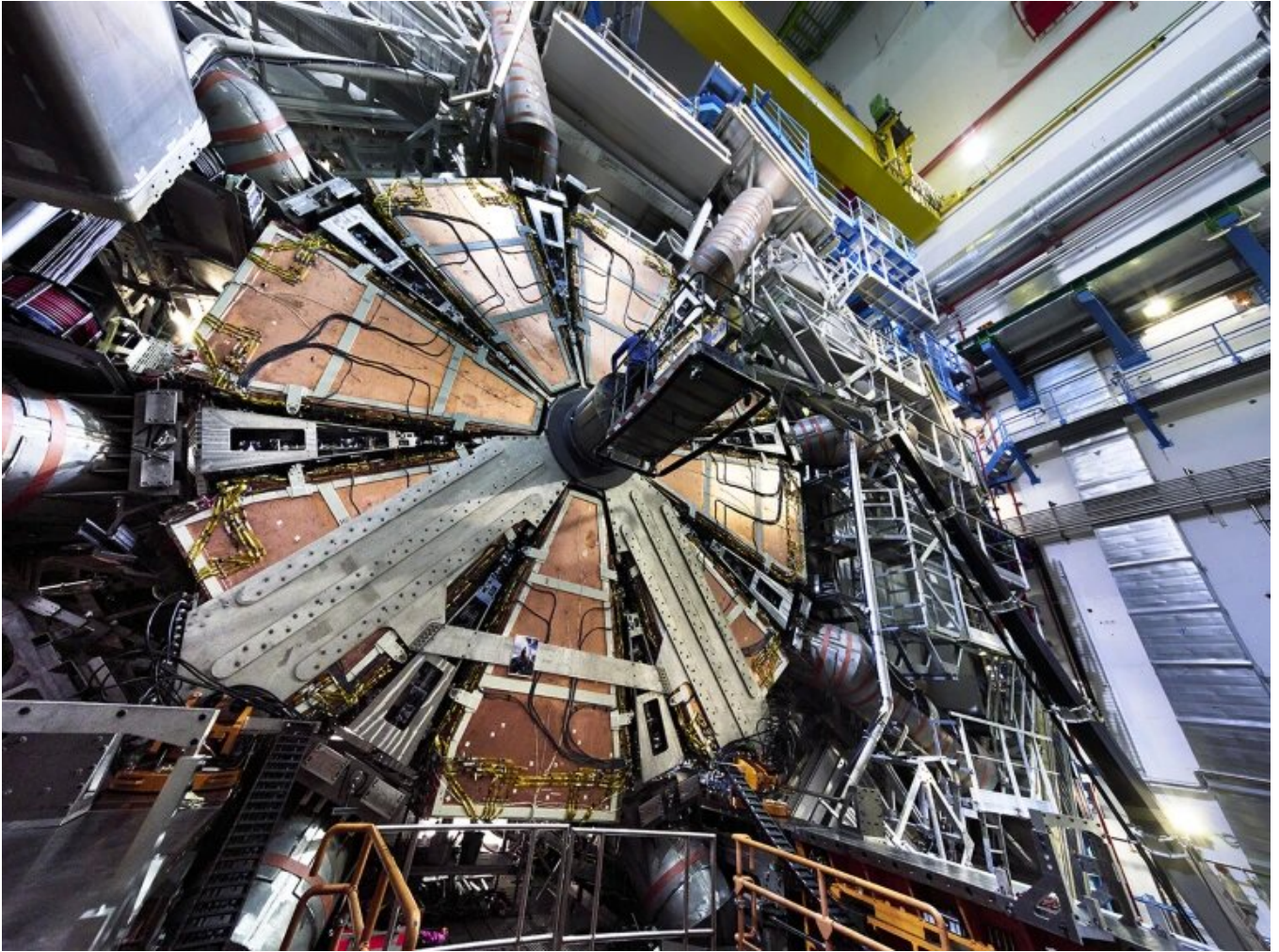
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/29524.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

物理学家首次观测到夸克间的量子纠缠。科学家首次观察到夸克之间的量子纠缠——一种粒子相互混合、失去个性从而无法再单独描述的状态。在瑞士日内瓦附近的欧洲粒子物理实验室——欧洲核子研究中心（CERN）获得的这一重要发现，可能为进一步探索高能粒子中的量子信息打开大门。

几十年来，人们一直在测量电子和光子等粒子的纠缠，这种微妙的现象在安静或低能量的环境中容易测量，比如在存放量子计算机的超冷冰箱中。而粒子碰撞所在环境相对嘈杂和高能量，如在CERN的大型强子对撞机（LHC）中质子之间的碰撞，这使得测量纠缠变得更加困难——就像在摇滚音乐会上听悄悄话一样。

为了在LHC上观察纠缠，物理学家通过ATLAS（超环面仪器实验）探测器分析了大约100万对顶夸克和反顶夸克，它们是已知最重的基本粒子及其反物质对应物。他们发现了纠缠的关键证据，并于去年9月宣布了这一消息，今年9月18日又在《自然》杂志对其进行了详细描述。6月2日，预印本平台arXiv公布的一份报告中，研究LHC另一个主要探测器CMS（紧凑渺子线圈）的物理学家也证实了这一纠缠观测结果。



位于地下100米的ATLAS探测器是LHC的一部分，用于测量高能粒子的各种性质。

图片来源：Maximilien Brice/CERN

?

这真的很有趣，因为这是第一次在LHC获得的最高能量下研究纠缠。美国普渡大学从事CMS分析的粒子物理学家Giulia Negro说。

科学家毫不怀疑顶夸克对可以纠缠。几年前，美国芝加哥大学的实验物理学家Yoav Afik和西班牙马德里康普顿斯大学的凝聚态物理学家Juan Muñoz de Nova曾讨论称，有无可能在对撞机上观察到纠缠。他们的谈话内容最终以论文形式发表，并提出了一种使用顶夸克测量纠缠的方法。

质子碰撞后产生的顶夸克和反顶夸克对寿命极短，仅持续10至25秒，之后，它们又衰变成寿命更长的粒子。

此前研究发现，在它们短暂的生命周期内，顶夸克可以具有相关的自旋特性——一种类似于角动

量的量子特性。Afik和Muoz de

Nova定义了一个参数D来描述自旋的相关程度。如果D小于-1/3，则顶夸克会纠缠在一起。

英国格拉斯哥大学的实验物理学家James Howarth一同参与了ATLAS分析。他表示，夸克不喜欢被分离，所以仅仅10至24秒后，它们就开始相互混合形成强子，如质子和中子。但顶夸克衰变得足够快，以至于没有时间强子化，并通过混合失去自旋信息。相反，所有这些信息都被转移到其衰变粒子上。这意味着研究人员可以测量衰变产物的性质来推断出母顶夸克的性质，包括自旋。

在对顶夸克自旋进行实验测量后，研究小组将实验结果与理论预测进行了比较。但是，顶夸克产生和衰变的模型与探测器的测量结果不符。

为应对不确定性，ATLAS和CMS的研究人员都以不同的方式展开实验。CMS团队发现，在分析中添加拓扑子——一种假设的顶夸克和反顶夸克结合在一起的状态，有助于理论和实验更好地达成一致。

最后，这两个实验都很容易达到 $2/3$ 的纠缠极限——ATLAS测量的D为 0.537 ，CMS测量的D为 0.480 。

成功观测到顶夸克纠缠可以提高研究人员对顶夸克物理学的理解，并为未来的高能纠缠测试铺平道路。希格斯玻色子等其他粒子，甚至可以用来进行贝尔测试，这是一种更严格的纠缠探测。

Afik说，顶夸克实验可能会改变物理学家的想法，这项研究是值得花时间去探索的。毕竟，纠缠是量子力学的基石，并且已经一次又一次地被证实。Howarth补充说：人们已经意识到，现在可以使用强子对撞机和其他类型的对撞机进行这些测试。（来源：中国科学报 李惠钰）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07824-z>

作者：Giulia Negro 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发