

---

# 正一反物质不对称性有了新证据

作者：倪思洁 来源：中国科学报

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/topnews/4459.html>

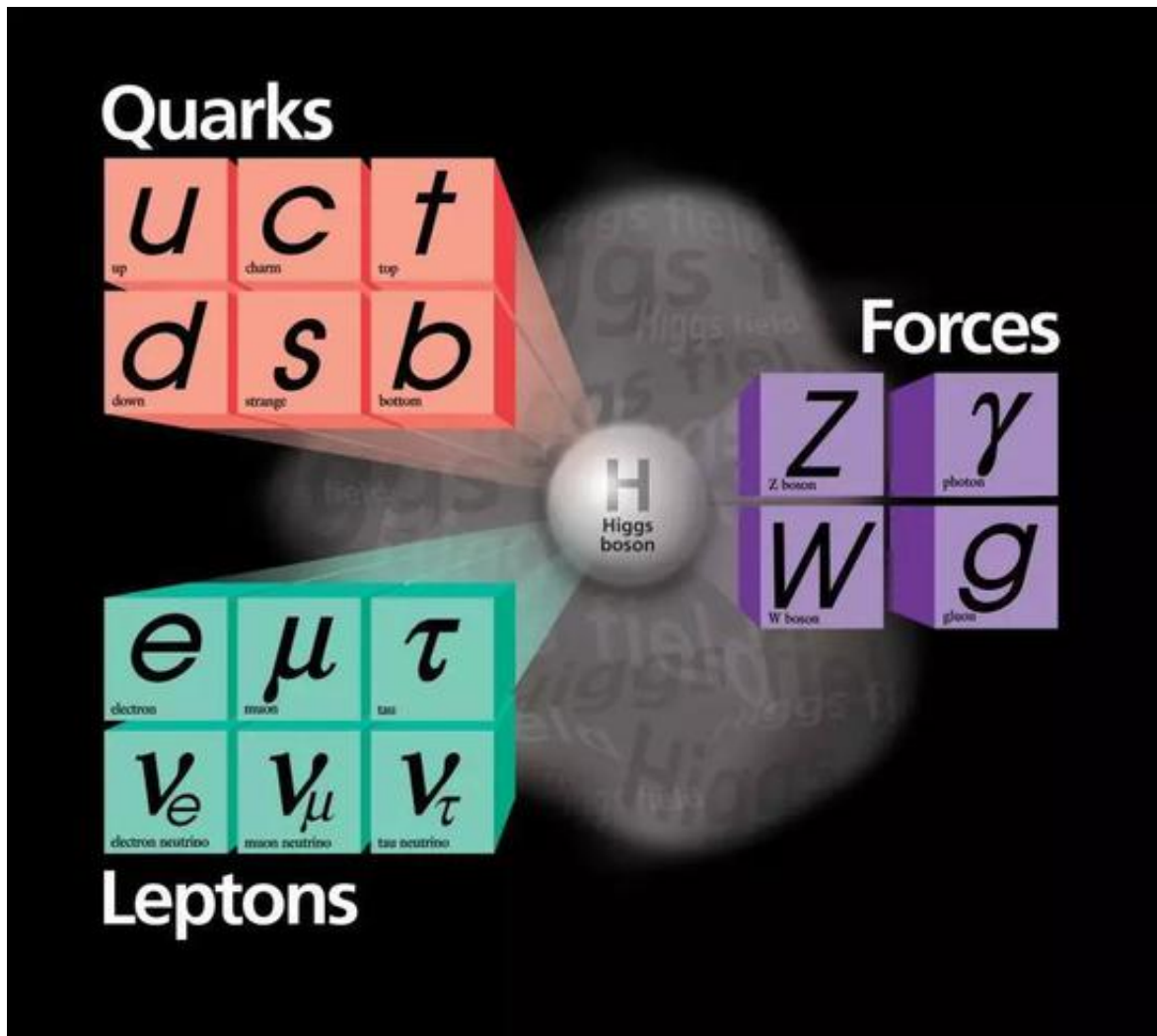
*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

正一反物质不对称性有了新证据。近日，欧洲核子研究中心(CERN)宣布，大型强子对撞机(LHC)上的LHCb实验发现了D介子的正一反物质不对称性，并表示这项发现“绝对会被写进粒子物理的教科书”。这一发现被CERN研究和计算主任Eckhard Elsen称为“粒子物理学历史上的一个里程碑”。

科学家到底发现了什么?这次发现为什么这么重要?为了解开这些问题，《中国科学报》专访了中国科学院高能物理研究所副研究员李一鸣和意大利核物理研究院博士后陈缮真。

“地图”与“不对称”

虽说科学研究是一个依赖想象力的工作，但粒子物理学家也并非天马行空。他们手上有一张“地图”——粒子物理标准模型，描述了强相互作用、弱相互作用及电磁力这三种基本力及组成所有物质的基本粒子。然后，他们按图索骥解释未知，并将这张地图越画越细。



粒子物理标准模型示意图(来源：中科院高能物理研究所官网)

按照这张“地图”，科学家解释了“世界是怎么形成的”。

陈缮真告诉记者，在宇宙大爆炸之初，宇宙是一个炽热的纯能量奇点。随着宇宙的膨胀与冷却，宇宙中的能量转化成了大量的正反粒子对，此时正反物质总量一样多。接着，大量的正反粒子重新彼此结合，湮灭为光子，这个过程经过了长久的反复，其能量最终成为了至今遍布宇宙中的微波背景辐射。然而在这个过程中，正反粒子的行为出现了些许不同，每十亿个正反粒子湮灭的过程中，有一个正物质粒子被留了下来，并最终组成了当今宇宙中所有的物质。

或许，这起初只是科学家的一种想象，不过，随后他们真的找到了证据。

1956年，30岁的李政道和34岁的杨振宁在《质疑弱相互作用中的宇称守恒》一文中提出“宇称不守恒定律”，质疑了传统的宇称守恒定律，认为宇称在弱相互作用中是不守恒的。

“宇称不守恒”是指在微观世界中“左”和“右”居然不对称。“比方说，微观粒子都有一种属性叫螺旋度，可以分为左旋和右旋。然而，一种叫做中微子的微观粒子却全是‘左撇子’，世界上只有左旋中微子，没有右旋中微子。”陈缮真说。

---

在李政道和杨振宁之前，粒子物理学家确实已证实强相互作用和电磁力中的宇称守恒，不过，弱相互作用中宇称守恒一直没能得到证实。这篇质疑传统的论文，让李杨二人在第二年就登上了诺贝尔物理学奖的领奖台。

“李—杨假说”得到验证后，科学家开始研究“电荷—宇称不守恒”（又称CP破坏），深入探索正反物质之间到底存在怎样的差别。

“电荷—宇称不守恒是说某个粒子衰变的行为居然和它的反粒子不一样，比方说左旋中微子和右旋反中微子之间的差异。”陈缮真说。

## 期待已久

在粒子物理学家的“地图”上，有一类参与弱相互作用的基本粒子名为“夸克”。夸克共分6种，按照理论预期，在其中3种组成的强子系统中，可以观测到电荷—宇称不守恒现象，这3种夸克分别是奇夸克、粲夸克、底夸克。

上世纪60年代，科学家在含有一个奇夸克的K介子中最早观察到了电荷—宇称不守恒；本世纪初，美国和日本的B工厂又发现了含有一个底夸克的B介子中的电荷—宇称不守恒，证实了导致世界上存在六种夸克的机制。

“介子就是一种由一个正夸克和一个反夸克组成的粒子，标准模型中有很多种由不同夸克组成的介子。”陈缮真说。

这两次发现分别获得了1980年和2008年诺贝尔物理学奖。

于是，含粲夸克介子的电荷—宇称不守恒成了预料之中、却迟迟得不到实验检验的现象。

LHCb实验的目的之一，就是研究电荷—宇称不守恒现象，深入理解宇宙中正反物质不对称性的来源。

“与奇夸克和底夸克比起来，粲夸克组成强子系统中的电荷—宇称不守恒效应实验验证困难得多。”李一鸣说。

正因如此，一直以来，B工厂、LHCb等有条件的实验组，都在苦苦寻找蛛丝马迹。

终于，LHCb的科学家通过研究中性D介子，找到了粲夸克系统中物质—反物质不完全对称的证据。

中性D介子由一个粲夸克和一个反上夸克粒子构成，是最轻的含有粲夸克的介子。“从发现D介子至今已有40年，粒子物理学家早就怀疑D介子系统中也存在电荷—宇称不守恒，但直到现在，通过充分的实验数据样本，LHCb合作组才最终看到这种不对称效应。”Elsen在宣布新成果时说。

为了观察到电荷—宇称不守恒现象，LHCb研究人员使用LHC在2011年至2018年期间提供给LHCb的所有数据，寻找D介子和它的反粒子的衰变。

---

“ LHCb经过数年积累，以前所未有的大量数据和实验精度，首次发现粲夸克组成中性介子衰变中的电荷—宇称不守恒现象。可以说，这是个物理学家期待已久的发现。”李一鸣说。

## 看不见的世界

LHCb研究组表示，此次发现的研究结果具有5.3标准偏差的统计显著性，超过了粒子物理学家用于声明发现的5个标准偏差的阈值。

在粒子物理领域，新发现成立的阈值一般在5个标准偏差，或称“5—西格玛”，这个数值越高，就说明发现的证据越坚实。5个标准偏差表示新发现的置信度可以达到99.9999%。

“该测量将激发理论学家的工作，并为未来利用粲夸克粒子寻找电荷—宇称不守恒起源的研究打开大门。”陈缮真说。

不过，陈缮真也表示，迄今为止发现的弱相互作用中的电荷—宇称不守恒，似乎仍然不足以解释宇宙中的正反物质的总量差异，所以，可能还会有新的物理根源，这将会是留给未来物理学家的问題。

目前，尽管粒子物理标准模型一直凭借着强大的洞察力，成为粒子物理学家最值得信赖的“地图”，但长期以来，特别是在希格斯粒子被发现之后，粒子物理学界一直在试图寻找超出粒子物理标准模型的新现象，尝试重新打造一张更好用的“地图”。

“我们现在提到的基本粒子和粒子物理标准模型，是在一定条件下对客观世界规律的科学描述，描述了一些已知现象，进而预言新的现象，并被一个个地验证。”李一鸣说。

有趣的是，关于模型中所提到的“夸克”“介子”是否真实存在，粒子物理学家还是愿意选择相信。

“每一个带电粒子在穿过探测器的时候都会留下相应的径迹，并被探测器记录下来。我们认为，探测器记录下的径迹是真实存在的，这些粒子及其衰变也是真实存在的。”陈缮真说。

“它们也许离日常生活经验有些远，但其衰变产物在粒子探测器里一次次击中硅微条产生的电信号，或在晶体里留下的闪光，却是再真实不过了。”李一鸣说。

更多 科研头条 请访问 <https://www.iikx.com/news/topnews/>

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