

动规律形式和总的电荷宇称 C 与宇称 P 的乘积保持不变。只有 K^0_2 是由弱相互作用和电磁相互作用的混合效应引起的,它破坏 CP 的守恒。因此,弱相互作用绝大部分遵守 CP 复合反演不变性定律。

4. 时间反演不变性定律

绝大部分弱相互作用中,粒子体系的运动规律形式在时间反演变换 T 下保持不变。其正过程和逆过程都是自然界可能发生的可逆过程。1970 年发现 K^0_2 这极少的弱作用,时间反演不变性受到破坏,该基本物理过程是不可逆过程。因此,弱相互作用绝大部分遵守时间反演不变性定律。

三、弱相互作用不遵守的守恒规律

1. 电荷共轭定律

电荷宇称 C 是表征粒子与其共轭反粒子的波函数的符号异同关系的量子数。若其符号相同,则 $C_n = +1$;若其符号相异,则 $C_n = -1$ 。绝对中性粒子(如 π^0 、 η^0 等)和中性粒子体系(如 e^-e^+ 、 $\mu^+\mu^-$ 、 pp^- 等)才有确定的电荷宇称。电荷共轭定律表明:在强相互作用和电磁相互作用中,粒子体系的电荷宇称保持不变。它意味着粒子和反粒子的强作用或电磁作用及其运动规律完全相同。例如,由质子、中子和电子构成的原子在强作用和电磁作用中所遵从的规律,也将适合由反质子、反中子和正电子构成的反原子(若其存在的话)。又如,在质子-反质子湮灭反应: $p\bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \dots$ 这样的强作用中,实验证实电荷共轭定律以高于 1% 的精确度成立。再如,强作用中的 ρ 介子衰变:

$$C_n = -1 = (-1) \cdot (+1)$$

电磁作用中的 ρ 介子衰变

$$C_n = +1 = (-1) \cdot (-1)$$

在电荷共轭变换下,参与弱相互作用的粒子体系的运动规律的形式将发生变化,其电荷宇称不守恒,弱相互作用不遵守电荷共轭定律。缘由在于:中微子具有永远纵向极化(其自旋角动量与动量方向平行)的手征性。自然界实际存在的,是自旋角动量与动量方向相反的左旋中微子 $\bar{\nu}_L$ 和自旋角动量与动量方向相同的右旋反中微子 $\bar{\nu}_R$ 。电荷共轭变换只是将粒子变为它的共轭反粒子,而不改变粒子的手征性。将电荷共轭算符作用到实际存在的正反中微子态上: $C|\bar{\nu}_L\rangle = |\nu_L\rangle$ 、 $C|\bar{\nu}_R\rangle = |\nu_R\rangle$,所得到的电荷共

轭态——左旋反中微子 $\bar{\nu}_L$ 和右旋中微子 ν_R ,在自然界中并不存在;中微子的存在不具有电荷共轭对称性。因此,一切有中微子参与的弱相互作用也就不遵从电荷共轭定律。中微子不参与的强相互作用和电磁相互作用也就遵从电荷共轭定律。

2. 宇称守恒定律

宇称是表征粒子体系的波函数在空间坐标反演 ($Y \rightarrow -Y$) 时符号改变或不变的奇偶性质的量子数。在空间反演变换下,若波函数不变号,则宇称 $P = +1$;若波函数变号,则宇称 $P = -1$ 。粒子相对于相对运动的宇称,称为轨道宇称或运动宇称;粒子轨道角量子数为 l 的态的轨道宇称 $P = (-1)^l$ 。粒子本身固有的宇称,称为内禀宇称或内宇称 P 。粒子的宇称等于其内禀宇称和轨道宇称的乘积;粒子体系的总宇称等于其中所有粒子宇称的乘积。宇称守恒定律揭示:在强相互作用和电磁相互作用中,粒子体系的总宇称保持不变。

1956 年,美籍中国物理学家李政道、杨振宁提出:“现有的实验确以很高的精确度显示出在强相互作用和电磁相互作用中宇称是守恒的,可是在弱相互作用(即介子和超子的蜕变相互作用,和各种费米相互作用)中,宇称守恒却至今不过是一个没有得到实验证据支持的推论而已。”他们对弱相互作用中宇称是否守恒提出了质疑。

1956 年底,美籍中国女物理学家吴健雄根据李政道、杨振宁提出的检证性实验方案,在美国哥伦比亚大学进行了钴 60 极化核 β 衰变实验,发现射出方向和原子核自旋角动量方向所夹的出射角 $> 90^\circ$ 的电子比 $< 90^\circ$ 的电子多,即 β 衰变中电子角分布具有空间不对称性。从而证实了弱相互作用不具有镜像对称性,不遵守宇称守恒定律,参与弱相互作用的粒子体系的运动规律的形式在空间反演变换下将发生变化。李政道、杨振宁因此共获 1957 年诺贝尔物理学奖。

1957 年,李政道、杨振宁和巴基斯坦的萨拉姆及前苏联的朗道不约而同地分别独立提出“中微子二分量子理论”:中微子永远纵向极化。自然界中实际存在的左旋中微子 ν_L 和右旋反中微子 $\bar{\nu}_R$ 的镜像态——右旋中微子 ν_R 和左旋反中微子 $\bar{\nu}_L$ 都在自然界中不存在,从而中微子的存在不具有镜像对称性即空间反演不变性,违反宇称守恒定律。以致一切有中微子参与的弱相互作用中的粒子体系的宇称不守恒,弱相互作用不遵守宇称守恒定律。没有中微子参与的强相互作用和电磁相互作用遵守宇称守恒定律。