



弱作用宇称不守恒的启示

—— 贺 恭 ——

从二十年代算起到 1956 年夏,被认为神圣不可违犯的字称守恒定律在物理界统治数十年后,终于被美籍中国物理学家李政道和杨振宇教授发现在弱作用过程中宇称不守恒定律所打破了.今天,我们在纪念这两位物理学家的卓越贡献时,回顾一下它对基本粒子物理的深远影响,是很能给人以启示的.

早在三十年代初期,人们就已经注意到:把空间直角坐标系中的三条轴的方向同时改变,即: $X \leftrightarrow -X$; $Y \leftrightarrow -Y$; $Z \rightarrow -Z$, 则后者无论用任何转动方式都无法与前者一致.就是说:原来的左手坐标系无论用任何转动方式都无法与右手坐标系一致;如果只把一条坐标轴反向:如 $X \leftrightarrow -X$ 而其它两轴保持不变,也不能通过转动相互变换.把两条轴反向,另一条轴保持不变能和原来的坐标系通过转动相一致.鉴于把一条轴反向或三条轴同时反向的变换就象是把原来坐标系变成它在平面镜里的像一样,因而这种坐标变换称为镜像反演.由于当时物理学中发现的运动规律的对称性和镜像反演具有同样的特征.因此在量子力学中把这种坐标轴向变换视为一种运算,记为 P 并称其为宇称算符.

由于连续施行两次镜向反演与原坐标系是等效的,即 $P^2 = 1$,故,宇称 P 只能有两个数值 ± 1 .

在量子力学中,一个体系可以用坐标 x, y, z 的波函数 $\Psi(x, y, z)$ 来描述其状态.当 Ψ 在它的坐标都改变符号之后,势能函数 $V(x, y, z)$ 仍然保持不变的行为称为具有偶宇称或奇宇称,即 $P\Psi(x) = \Psi(-x) = \Psi(x)$ 时称为偶宇称(或正宇称); $P\Psi(x) = \Psi(-x) = -\Psi(x)$ 时称为奇宇称(或负宇称).

在二十年代,人们总结了当时各种运动规律后,发现宇称是守恒的,进而引伸出宇称守恒定律:“由许多个粒子组成的体系,无论经过怎样的相互作用或变换,它的总宇称始终是保持不变的”.但五十年代,人们发现了用当时理论无法解释的两种基本粒子:一种是 τ 介子,它以 $\tau \rightarrow \pi + \pi + \pi$ 的形式衰变;另一种是 θ 介子,它以 $\theta \rightarrow \pi + \pi$ 的方式衰变.由于 π 介子的本征宇称为“-”,故对结果的分析可以有这样的选择:要么,承认宇称仍然守恒,而 τ 和 θ 是两种根本不同的粒子;要么, τ 和 θ 是同一种粒子,但宇称定律在这一过程中根本不适用.但实验结果表明: τ 和 θ 不但具

有相同的质量,而且在其它性质上也极为相似.李政道和杨振宇教授在对弱相互作用现象作了认真细致的分析之后,于 1956 年夏大胆地提出了宇称守恒定律在弱相互作用过程中不适用的光辉论断,成功地解决了 τ - θ 的困惑.原来, τ 和 θ 实际上是同一种介子(K 介子),它的本征宇称为-1,由于在弱衰变过程中宇称并不守恒,故它既可以衰变为-1的三个 π 介子,也可以衰变为两个 π 介子.

李政道和杨振宇对待科学十分严肃认真.他们不仅具有科学勇士的气魄.敢于大胆地对旧的传统理论提出挑战;而且设计了用以证实这一科学论断的种种实验.到 1957 年,吴健雄等人用“极化核 β 衰变”的实验证实了宇称不守恒在弱作用过程中的正确性.

宇称不守恒的发现至今已整整三十年了.它不仅推动了基本粒子物理理论的发展,而且在科学界,李政道与杨振宇的研究方法以及他们对待科学的求实精神已成为每个科学工作者应当效仿的楷模.他们在科学上的成功也给每个从事科学工作的人以深刻的启示:

1.任何物质的运动都具有稳定性的一面,稳定性从物理学角度看,就是守恒性.宇称(P)守恒反映了空间反演的不变性;时间(T)反演守恒反映了时间倒转的不变性;电荷共轭(C)守恒反映了电荷正反变换的不变性,这些守恒定律,都是撇开了各种具体粒子运动的过程而抽象出来的规律性,从一开始就在物质、运动、时间、空间这些最根本的范畴上反映了基本粒子可以认识的一面.因此,它们是对基本粒子运动规律的更加高度的概括.

2.基本粒子物理发展的历史也是人们探索自然奥秘的历史,对基本粒子运动的认识,从宇称守恒定律的建立到弱相互作用中宇称不守恒定律的提出,就是科学研究层层深入的历史.宇称(P)守恒打破了,电荷共轭(C)守恒也打破了,又建立起了 CP 的守恒,但 CP 的守恒又被 K^0 介子的衰变实验打破了.可以说,守恒本身就蕴藏着不守恒.这是宇称不守恒发现告诉我们的一条物理学必须遵循的辩证规律.

3.和其它自然科学一样,基本粒子中的守恒定律是不能随心所欲去打破的.对于已有的定律,人们总是希望它能推广到尚未被证实的领域中去,但必须得

到实验的确证。如果实验结果与原有定律不符，则新的定律就有可能重新建立起来。

宇称不守恒的创立告诉我们，用肉眼无法分辨的小小空间内，是一个错综复杂的微观世界，组成微观世界的基本粒子的运动规律千变万化，但人们对它的认识也在逐步加深。经过无数科学家的努力探索，已找到了它们之间的一些相互关系与变化规律，但它永远不会停止在一个水平上，相信今后人类对基本粒子的认识仍将继续深入发展。