

# 一九八〇年物理学 诺贝尔奖金揭晓

东方晓

一年一度的物理学诺贝尔奖金又揭晓了，一九八〇年物理学诺贝尔奖金由两位美国物理学家获得，他们是芝加哥大学的克朗宁 (James W. Cronin) 和普林斯顿的费池 (Val Fitch)。由于他们所作的中性  $K^0$  介子衰变的  $CP$  不守恒实验，而使他们得到这项科学上的最高奖赏。

多年来，物理学家们一直相信，电荷共轭 ( $C$ ) 不变、宇称 ( $P$ ) 守恒和时间反演 ( $T$ ) 不变是物理世界中三条基本定律，从来没有人怀疑

过它们的正确性。首先对物理学中这样一个重大理论问题大胆提出怀疑的是李政道和杨振宁。一九五六年，他们在分析研究了当时存在的大量弱作用实验材料和各种理论以后指出：实验上没有任何证据表明，在弱相互作用中宇称是守恒的，而  $\theta$ - $\tau$  之谜可能是弱作用中宇称不守恒的证据，并同时推断，在极化核的  $\beta$  衰变中，宇称可能是不守恒的。这一结论很快在实验上被证实。实验是由吴健雄等人完成的。这就是著名的验证宇称不守恒的钴 ( $Co^{60}$ ) 极化核的衰变实验。李政道和杨振宁因此获得了一九五七年物理学诺贝尔奖金。

由于强反演定理 ( $CPT$  定理) 普遍成立，故  $P$  不守恒，一定有  $C$  不守恒或  $T$  不守恒，或者两者都不守恒。实际上，吴健雄等人的实验证明了电荷共轭 ( $C$ ) 和宇称 ( $P$ ) 都不守恒。然而，科学家们仍然相信  $CP$  联合作用是守恒的。并且，一直到一九六四年为止，所有的实验都与这一结论一致。

在弱相互作用对称性的研究中，中性  $K^0$  介子具有特殊的作用。它是不带电荷的奇异粒子。在强相互作用中，奇异数是个好量子数。所以在强相互作用中，中性  $K^0$  介子和它的反粒子  $\bar{K}^0$  可以很好地区分开来。然而在弱相互作用中，奇异数不是好量子数，但由于  $CP$  联合反演守恒，所以这时中性  $K^0$  介子和它的反粒子  $\bar{K}^0$  必须组合成  $CP$  本征态来进行弱衰变。这就是说，做为强相互作用粒子，它们是  $K^0$  和  $\bar{K}^0$ ，而做为弱相互作用粒子，它们变为短寿命  $K_S^0$  (即  $\theta$  粒子) 和长寿命  $K_L^0$  (即  $\tau$  粒子)。  $K_S^0$  和  $K_L^0$  都是  $CP$  的本征态，而且是  $K^0$  和  $\bar{K}^0$  的线性组合。长寿命  $K_L^0$  的寿命约为  $10^{-8}$  秒，而短寿命  $K_S^0$  约为  $10^{-10}$  秒。如果  $CP$  严格守恒，那么短寿命  $K_S^0$  只能衰变到两个  $\pi$  介子末态，而长寿命  $K_L^0$  则不能衰变到两  $\pi$  末态，它可以衰变到三  $\pi$  末态。如果我们能够设计一个实验，可以观察到长寿命  $K_L^0$  衰

(下转第 29 页)

变到两  $\pi$  末态,那就证明  $CP$  不守恒. 克朗宁-费池实验就是为了观察长寿命  $K_L^0$   $CP$  不守恒衰变而设计的,虽然这种破坏很小,还不到  $1/300$ ,但仍然被他们观察到了.

克朗宁-费池实验是一九六四年在布鲁克海汶交变梯度回旋加速器上做的. 他们用双臂谱仪同时探测两个带电粒子——长寿命  $K_L^0$  的衰变产物. 探测器放置在离开束流源足够远的地方,使得束流中短寿命  $K_S^0$  全部死光,而只剩下长寿命  $K_L^0$ ,因此保证探测到的一对带电粒子是长寿命  $K_L^0$  的衰变产物. 长寿命  $K_L^0$  的衰变方式可能是: (1)  $\pi$  介子加电子和中微子(中性粒子探测不到)、(2)  $\pi$  介子加  $\mu$  子和中微子、(3) 三个  $\pi$  介子(包括三个  $\pi^0$  介子方式)以及可能的、(4) 两  $\pi$  介

子方式等. 利用运动学关系,可以把这些事例中的 (1)、(2) 类(含有  $e$ 、 $\mu$  的)事例排除掉. 这样便只剩下三  $\pi$  和两  $\pi$  事例,当然大多数是三  $\pi$  事例. 为了找出两  $\pi$  事例,可以把探测到的一对带电  $\pi$  介子的动量合成方向与束流方向比较,与束流方向一致者是两  $\pi$  事例,不一致者是三  $\pi$  事例. 当然多数不一致,因为丢失的  $\pi^0$  介子带走了一部分动量. 他们发现,在 22700 个典型事例中,有 45 个是两  $\pi$  事例,虽然这是一个很小的效应,但这足以破坏  $CP$  守恒. (当然时间反演 ( $T$ ) 不变也被破坏了).

这个  $CP$  不守恒的实验证实,改变了人们长期以来坚持的物理观念,对微观物理学的发展起了重大的推动作用.