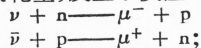


基本粒子物理发展史年表(八)

实验

两种中微子存在的发现: G. Danby et al., 1962, Conf. at CERN., 809. Danby 等人利用 A. G. S. 15GeV 的质子束打在 Be 靶上产生 π 介子束流, π 介子在飞行中衰变 $\pi \rightarrow \mu + \nu_\mu$ 产生中微子 ν_μ 然后将这种中微子打入火花室, 发生了反应



而没有发生反应 $\nu + n \rightarrow e + p$; $\bar{\nu} + p \rightarrow e^+ + n$, 即只能产生 μ 介子而不能产生电子。因此, 证实了 π 衰变中微子 ν_μ 与 β 衰变中微子 ν_e 是两种不同的中微子。e 与 μ 的相似性: S. M. Berman, 1962 Conf. at CERN., 869. 大量实验证明, 电子和 μ 介子除质量外所有其他性质是相同的。亦即 μ 介子的性质就象一个重电子, 完全符合于量子电动力学的预言, 特别是这一年比较准确地测量了 μ 介子的反常磁矩值:

$$\left(\frac{g-2}{2}\right)_{\text{exp.}} = (1.162 \pm 0.005) \times 10^{-3},$$

$$\text{与量子电动力学预言值: } \left(\frac{g-2}{2}\right)_{\text{theo.}} =$$

1.165×10^{-3} 相差只有 0.42%。

理论

质量公式: S. Okubo., Prog. Theor. Phys., (Kyoto), 27(1962) 949., M. Gell-Mann., 1962 Conf. at CERN., 805. 在 SU_3 对称性严格成立的条件下, 属于同一个 SU_3 多重态的粒子应该具有相同的质量。但是, 实验上粒子之间是具有质量差的, 如果略去同一 TY 多重态内粒子间的电磁质量差, 那末不同的 TY 多重态的粒子间的质量差基本上是按超荷分类的。因此 Gell-Mann 等, 假定在保持同位旋守恒、超荷守恒的条件下, “最小”地破坏 SU_3 对称性, 即考虑 T_3^2 的一级效应, 则导出同一 SU_3 多重态的质量公式: $M(T, Y)a + bY + c(T(T+1) - \frac{1}{4}Y^2)$ 它与赝标介子、矢量介子和 $1/2^+$ 重子

质量很好地符合[对于介子将 $M(TY)$ 改为 $m^2(TY)$] 对于 $3/2^+$ 重子, 不但与已发现的九个重子($\Delta\Sigma^*\Xi^*$)的质量符合, 而且可以预言还未发现的 Ω^- 重子的存在。Gell-Mann 等预言 Ω^- 的质量等于 1685MeV, $S = -3$, $T = 0$, 按弱作用衰变为 $k^- + \Lambda, \pi^- + \Xi^0, \pi^0 + \Xi^-$, 而且利用动量 $\geq 3.5\text{GeV}/c$ 的 k^- 束, 通过反应 $k^- + p \rightarrow k^+ + k^0 + \Omega^-$, 可以产生 Ω^- 。Pomeranchuk 定理: V. N. Gribov, I. Ya. Pomeranchuk, Phys. Rev. Lett., 8(1962) 343. 所谓 Pomeranchuk 定理是指总截面具有如下渐近行为:

$$\sigma_t \rightarrow \text{const. } \sigma_t^{ab} = \sigma_t^{ba} (s \rightarrow \infty)$$

靴带 (Bootstrap) 理论: G. F. Chew. 1962 Conf. at CERN. 525. Chew 在会议上提出 Bootstrap 观念: Chew 等人认为基本粒子是最基本的, 不存在更基本的粒子了。于是根据么正性——解析性条件和交叉对称性, 认为基本粒子是“你中有我, 我中有你”的, 粒子 a 由粒子 b, c, ……组成; 粒子 b 由粒子 a, c, ……组成, 这可以称之为团团转理论, 这种观念在 1960 年 Mandelstam, Chew 等人应用过 (Phys. Rev., 119 (1960) 467; Nuo. Cim, 19 (1961) 19)

实验

Ω^- 重子的发现: V. E. Barnes, et al., Phys. Rev. Lett., 12 (1964) 204. 1964 年

Barnes 等在 Brookhaven 观察到一个超荷等于 -2 的超子, 质量是 $1685 \pm 12\text{MeV}$, 它是用 $5.0\text{GeV}/c$ 的 k^- 介子入射 80 英寸氢气泡室, 在反应过程 $k^- + p \rightarrow \Omega^- + k^+$ 中找到的。它通过弱作用衰变为 $\Xi^0 + \pi^-$, $\Lambda + k^-$, 寿命是 0.7×10^{-10} 秒, 这些数据与 1962 年 SU_3 对称理论的预言相符, 有力地支持 SU_3 对称理论。CP 不守恒的发现: J. M. Christenson, et al., Phys. Rev. Lett., 13(1964) 138. 1964 年在 Dmbna 高能会议上, 报告了长寿命的中性 k 介子衰变为 π^+, π^- 的实验, 结果是

$$k_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-, \quad k_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

$(2.0 \pm 0.4) 10^{-3}$ 。
由于 k_L^0 的 $CP = -1$, 而玻色子系统 $\pi^+ \pi^-$ 的 $CP = 1$, 所以这个实验的直接解释是 CP 破坏。这种衰变过程的事例数只占全部衰变事例的千分之一、二、三, 于是 L. Wolfenstein 指出了超弱作用存在的可能性 (Phys. Rev. Lett., 13 (1964) 562), 其后由 T. D. Lee, L. Wolfenstein 进行了一般较深入的讨论 (Phys. Rev., 138 (1965) B1490)。微观因果律的验证: K. J. Foley et al., 1964 Conf. at Dubna. 418; Phys. Rev. Lett. 19 (1967) 193; Phys. Rev. 181 (1969) 1775. 1964 年 Dubna 国际高能会议上, Foley 报告了测量 $\pi-N$ 小角度散射, 利用朝前色散关系整理数据, 验证微观因果律的情况。实验结果表明在能下, 振幅的实数部分是存在的, 但是还不足以证明微观因果律的成立。直到 1967 年 Foley 等人又在 Brookhaven 利用 A. G. S. 高精度地测量了 $\pi-N$ 小角度散射, π^+ 介子的入射动量是 $8-20\text{GeV}/c$, π^- 介子的入射动量是 $8-26\text{GeV}/c$ 。实验结果表明: 至少高至 $20\text{GeV}/c$ 实验室动量朝前色散关系是有效的, 进而推出微观因果律在大于 10^{-13} 厘米的区域中是成立的。

理论

夸克模型: M. Gell-Mann, Phys. Lett., 8 (1964) 214. Gell-Mann 等根据 SU_3 对称的成功, 提出了夸克模型。按照夸克模型, 所有的强相互作用粒子都是由更基本的三个基础粒子——夸克组成的, 这三个夸克属于 SU_3 群的基础表示, 质量很大, 电荷是分数, 而介子由一个夸克和一个反夸克组成, 重子由三个夸克组成。 SU_3 对称: F. Gürsey, L. Radicati, Phys. Lett., 13(1964) 173; B. Sakita, Phys. Rev. 136 (1964) B 1765. Gürsey 等将夸克看成自旋为 $1/2$ 的粒子, 在非相对论条件下, 将自旋变换 SU_2 与么正变换 SU_3 结合起来, 形成一个更大的 SU_6 么正变换群。按照 SU_6 么正对称, 它将赝标介子与矢量介子纳入同一个 SU_6 多重态 (35 维表示) 之中, 又将 $1/2^+$ 重子与 $3/2^+$ 重子纳入同一个 SU_6 多重态 (56 维表示) 之中。 SU_6 理论的成功表明: 在介子和重子内部运动的夸克是近似非相对论性的, 而超强相互作用是 SU_6 不变的。Para 统计: O. W. Greenberg, Phys. Rev. Lett., 13 (1964) 598. 根据传统的观念, 自旋为 $1/2$ 的粒子是费米子。由于夸克是自旋为 $1/2$ 的粒子, 所以夸克也是费米子, 因此重子波函数应该是全反对称的。但是在 SU_6 理论中重子波函数是全对称的, 这是一个矛盾。为了解决这个问题, Greenberg 等假定夸克不满足通常的费米统计, 而满足另一种“反常统计”即“Para”统计。