

超子結構假設*

唐 孝 威

本文的目的是提出一种可能的超子結構模型。在第一节中首先叙述本模型的基本假設。然后在第二节、第三节中分別討論超子結構和超子反应。最后在第四节中討論強作用粒子的分类問題。

一、基本假設

在討論核子构造問題时,作者提出了“核子由一个中性費米子和許多 π 介子組成”的假設^[1]。在此基础上还粗略地推出了核子内部电荷分布及介子密度分布。在本文中,超子結構图象是从核子結構假設发展而来的。

第一,假設超子由中性費米子、反 K 介子和許多 π 介子組成。中性費米子的自旋及同位旋均为 $\frac{1}{2}$,带重粒子荷 $+1$ 。反 K 介子是玻色子,同位旋值 $\frac{1}{2}$,重粒子荷零。反 K 介子包括了 $\bar{K}^0$ 介子和 K^- 介子,其奇异量子数为 -1 , K 介子奇异量子数为 $+1$ 。

假定反 K 介子、中性費米子和 π 介子互相吸引,它們可以形成亚稳定状态的复合粒子即超子,而 K 介子(正粒子)則不能。

第二,假設在強作用过程中 K 介子和反 K 介子必須成对产生,而不能单独产生。在后面可以看到,成对产生的反应是各种有关反应的基础。

Goldhaber^[2]曾經提出过超子的复合模型,但是他沒有注意到核子本身有細緻的結構。本模型則把核子結構和超子結構連系起来,从而討論超子内部 π 介子的分布和电荷分布,所以本模型是 Goldhaber 模型的进一步发展。

二、超子結構

根据基本假設,超子(以后有时統称为 Y)在很多方面和核子(以后有时写作 N)很相象。如同核子結構的情形一样,超子内部每个介子在所有其他粒子所貢獻的平均場中作独立粒子运动;超子内部不存在所謂硬核心。

Λ 超子和 Σ 超子由中性費米子、許多 π 介子和一个反 K 介子所組成。 Ξ 超子則有二个反 K 介子。它們的电荷、自旋、同位旋都能用这个图象解說。超子奇异量子数 S 的物理意义,即是它内部反 K 介子的数目 $n_{\bar{K}}$ 。

$$S = -n_{\bar{K}} \quad (1)$$

还可以定性討論超子内部 π 介子的分布。以 Σ^+ 超子为例,它和質子的内部結構^[1]

* 1960 年 6 月 6 日收到。

相同,只是 Σ^+ 超子多了一个 $\tilde{K}^0$ 介子.如果 $\tilde{K}^0$ 对原来 π 介子的分布影响不大,则有下面的结果:

π 介子的分布:

$$\rho_{\pi}(r)_{\Sigma^+} \sim \exp \left[-\frac{3}{2} \frac{r^2}{\langle r^2 \rangle} \right] \quad (2)$$

$$\langle r^2 \rangle = (0.7 \times 10^{-13} \text{ 厘米})^2$$

电荷分布也是:

$$\rho_c(r)_{\Sigma^+} \sim \exp \left[-\frac{3}{2} \frac{r^2}{\langle r^2 \rangle} \right] \quad (3)$$

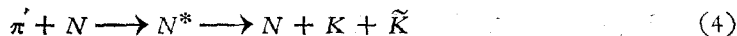
$$\langle r^2 \rangle = (0.7 \times 10^{-13} \text{ 厘米})^2$$

显然,这种“摊开”的结构,对 Σ^+ 超子衰变过程会有影响(不同于点粒子的衰变).

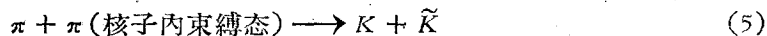
Σ^+ 超子的电荷半径和质子一样.同样地还可以预言 Λ^0 超子的电荷半径将是很小的.需要做实验来研究超子内部电荷分布的状况,以验证这些预言是否正确.

三、超子反应

高能 π 介子和核子碰撞时,入射 π 介子可与核子形成复合核子 N^* .复合核子衰变时,衰变道之一便是产生 K 介子对:



但入射 π 介子又可以和核子内部束缚态的 π 介子直接相互作用而产生 K 介子对:



这个反应所生的反 K 介子如处于束缚状态则得到



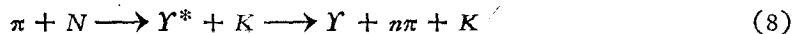
即是超子和 K 介子协同产生的分枝.如反 K 介子及 K 介子自由飞出,则得到



即是产生 K 介子对的分枝.利用这种图象能够粗略地分析所生超子和 K 介子的角分布和能谱.显然,反应(4)和(7)虽则产物完全相同,但因机构不同, K 介子对的角分布及能谱也会不同.

在强作用中 $K, \tilde{K}$ 介子必须成对产生的基本假设,自然而然地规定了在所有上述反应中,奇异量子数都是守恒的.

超子反应中还可以产生激发态的超子 Y^* .高激发态的 Σ 超子和 Λ 超子,和高激发态的核子很相象.它们都是高热的 π 介子气体,不过超子内部多个反 K 介子而已.它们都可以蒸发出几个 π 介子.从 Y^* 和 N^* 蒸发出的 π 介子,应当有相似的能谱和角分布.以反应(6)为例,在协同产生同时,可有多重 π 介子产生:



目前有关的实验材料极少^[3].今后积累大量数据,和上述种种推论进行比较,是很有兴趣的.

四、粒子分类

根据这个模型,种类繁多的强作用粒子,并不全部是基本粒子.只有中性费米子、 K

介子和 π 介子是“真正的基本粒子”, 它们是构成所有其他强作用粒子的基石。这样, 基本粒子的数目便大大减少了。

这种图象和流行的坂田 (Sakata) 模型根本不同。后者认为: 真正的基本粒子是 Λ , n , p 及其反粒子, 而其他粒子则由它们所合成。

按本模型, 不同性质的粒子, 内部包含的反 K 介子数目和费米子数目 (假定不会大于 1) 不同, 所以可以用这两个数目来标志不同的复合粒子。于是强作用粒子, 包括 π 介子、 K 介子 (统称为 B), 核子和超子 (统称为 Y) 排列成下面的周期表 (对于反粒子, 有相应的周期表)。表中 n_0 代表内部中性费米子数目, $n_{\bar{K}}$ 代表内部反 K 介子数目。

$n_{\bar{K}} \backslash n_0$	0	1	2
0	${}_0B^0$	${}_0B^1$	
1	${}_1Y^0$	${}_1Y^1$	${}_1Y^2$

每个粒子有二个参数: 左下角为 n_0 , 右上角为 $n_{\bar{K}}$ 。可以看到, 在周期表中, 所有现在已知的粒子, 正好完全有适当的位置。即 ${}_0B^0 = \pi$, ${}_0B^1 = \tilde{K}$, ${}_1Y^0 = N$, ${}_1Y^1 = \Lambda$, Σ , ${}_1Y^2 = \Xi$, Y

内部 π 数目还可不同, 这相当于激发态超子 (及核子): ${}_1Y^{0*}$, ${}_1Y^{1*}$, ${}_1Y^{2*}$ 。

这种分类的结果基本上和其他分类系统相同, 但是这里周期性更为明显。而且, 这里排斥 ${}_1Y^{-1}$ 的存在 ($S = +1$ 的 Z^+ 超子, Gell-Mann 系统预言它的存在)。这周期表并不排斥 ${}_0B^2$ ($S = -2$ 的 D 粒子) 和 ${}_1Y^3$ ($S = -3$ 的 Ω 超子) 的存在。

最后, 作为一种可能的设想, 由若干个 π 介子组成的玻色子系统, 在一定条件下可以具有某种集体运动形式。倘若 K , $\tilde{K}$ 介子正是这种集体运动的状态, 则 K 介子也成了 π 介子的复合粒子, 而“基本粒子”只剩下中性费米子和 π 介子二种了。

本工作是在联合原子核研究所完成的 (参见文献 [1])。虽则任何模型只能局部地近似地反映实际情况, 这种探索仍是必要的。作者深深感谢联合原子核研究所很多位苏联专家的关心、支持和帮助。他们是: 巴拉仙科夫同志 (Барашенков)、卡札里诺夫同志 (Казаринов)、西那也夫同志 (Синаев)、苏略也夫同志 (Суляев) 和賈卜金同志 (Тяпкин)。

参 考 文 献

- [1] 唐孝威, Отчет ОИЯИ р-427 (1959).
- [2] Goldhaber, *Phys. Rev.* **101** (1956), 433.
- [3] Proceeding of Annual International Conference on High Energy Physics, Kiev, (1959).