

粒子有哪些种类?

宛 夏

一些年来,实验上发现了不少粒子,理论上也预言了不少粒子。到底粒子有哪些种类呢?请看封三的表。

表的最下面是轻子,右上方是传递相互作用的几种粒子,在本刊的前两期都已介绍过,这里就不多说。

表中轻子的上面是层子和反层子,再上面是种类繁多的强子。强子包括重子、反重子和介子,是由层子和反层子组成。具体来说,重子是由三个层子组成,反重子是由三个反层子组成,介子是由一个层子和一个反层子组成。

层子目前只有很强的间接的证据证明它的存在,但还没有在实验上找到自由的层子,所以表上画着浅色影子(右上方胶子、 W^+ 、 W^- 、 Z^0 也都还没有在实验上找到,是在实验基础上所作的理论的推测,所以也都画上浅色影子)。层子有几类?目前还不能肯定,要由今后的实验来判断。按照目前流行的一种理论,有四类层子,它们具有如下表所列的性质:

层子	电荷	奇异数	粲数	轻子	电荷
n	$-e/3$	0	0	电子(e^-)	$-e$
p	$2e/3$	0	0	电子型中微子(ν_e)	0
λ	$-e/3$	-1	0	μ 子(μ^-)	$-e$
p'	$2e/3$	0	1	μ 子型中微子(ν_μ)	0
反层子				反轻子	
\bar{n}	$e/3$	0	0	阳电子(e^+)	e
\bar{p}	$-2e/3$	0	0	电子型反中微子($\bar{\nu}_e$)	0
$\bar{\lambda}$	$e/3$	1	0	反 μ 子(μ^+)	e
\bar{p}'	$-2e/3$	0	-1	μ 子型反中微子($\bar{\nu}_\mu$)	0

这里我们把轻子的电荷和层子的电荷列在一个表上,可以看到轻子和层子之间似乎有一种一一对应的关系,电荷都是相差 $2e/3$ (在 n 和 e^- 之间, p 和 ν_e 之间,……)。另外,层子的自旋和轻子一样,也是 $\hbar/2$ 。

轻子可能不止四种,可能还有更重的轻子,叫做重轻子;层子也可能不止四种。目前有些高能实验只用这四种层子还不能解释。不过表上没有列出这些性质更加不清楚的粒子。

现在来看强子,首先看重子。因为要表现出来三个不同的量子数(电荷、奇异数和粲数),强子的表必须是立体的格子点式的,和普通的元素周期表不同。图中最上面的一个正四面体代表一族重子,它下面一个去了尖的正四面体代表另一族重子。

在正四面体里,四个尖端是 $p'p'p'$, ppp , $\lambda\lambda\lambda$, nnn (三个 p' 层子,三个 p 层子……),显示出来 p' 、 p 、 λ 、 n

是对称的。 p' 带有粲数1,因此重子 $p'p'p'$ 的粲数是3。下面一层三个重子都只有两个 p' 层子,因此粲数是2。再下面一层六个重子都只有一个 p' 层子,因此粲数是1。最下面一层十个重子都不包含 p' 层子,粲数是零。这一族重子中粲数不为零的成员在实验上还没有发现,但理论上预言其存在,所以表上画了浅色影子。再看 Ω^- , λ 带有奇异数-1,因此重子 $\Omega^-(\lambda\lambda\lambda)$ 的奇异数是-3。它前面一层三个重子 Ξ^{*-} 、 Ξ^{*0} 和 $p'\lambda\lambda$ 都只有两个 λ 层子,因此奇异数是-2。再前面一层六个重子 Σ^{*-} 、 Σ^{*0} 、 Σ^{*+} 和 $p'p'\lambda$ 、 $p'p\lambda$ 、 $p'pn\lambda$ 都只有一个 λ 层子,因此奇异数是-1。最前面一层十个重子 Δ^- 、 Δ^0 、 Δ^+ 、 Δ^{++} 和 $p'pp$ 、 $p'p'p$ 、 $p'p'p'$ 、 $p'p'n$ 、 $p'nn$ 、 $p'pn$ 都不含 λ 层子,奇异数为0。与此相仿,可以看到,从尖端 $\Delta^{++}(ppp)$ 到尖端 $p'p'p'$ 一条线上的四个重子的电荷为 $2e$,从尖端 $\Delta^-(nnn)$ 到尖端 $\Omega^-(\lambda\lambda\lambda)$ 一条线上的四个重子的电荷为 $-e$ 。

去了尖的正四面体的情况是类似的,读者可以把它和正四面体对照,并找出每个粒子的电荷、奇异数和粲数。其中 P 就是大家熟知的质子, N 是中子。表上列出的两个多面体的不同在于:正四面体的下层十个重子的自旋是 $3\hbar/2$ (三个层子的自旋方向相同),去了尖的正四面体的下层八个重子的自旋是 $\hbar/2$ (一个层

子的自旋和另两个层子的自旋反方向)。(pnλ)可组成不止一种粒子,例如这里列出了 Λ 、 Σ^0 ,它们属于同一个族。由于对称, $p'p\lambda$, $p'pn$, $p'n\lambda$,也可在同一个族中组成不止一种粒子。

此外,有些族的重子里层子与层子之间还有相对角动量(轨道角动量)。实验上发现了近百种较重的重子,它们的自旋都是 $\hbar/2$ 的奇数倍,其中层子与层子之间就是有相对角动量的。这些重子都不带粲数,都可以和表上已画出的自旋为 $\hbar/2$ 和自旋为 $3\hbar/2$ 的重子相仿,有规则地排列在表上两个多面体的底层。但为了避免累赘,不把它们列在表中。

表中没有列出反重子,其实,只要把所有的层子都换成反层子,就可以得到反重子的表。读者可试一试画出这个表,并算出这些反重子的电荷、奇异数和粲数。

在去了尖的正四面体里,上面两层也蒙上了浅色影子。不过据报导,去年国外找到了一个新的反重子,可能是一个反粲重子 $\bar{p}'\bar{p}$,命名为 $\bar{\Lambda}_c$ 。

然后看介子,可以看到类似的对称性质。从上到下: D^0 、 F^+ 、 D^+ 都含有一个 p' 层子,粲数是1(这一层蒙上了浅色,不过据国外报导找到了 D^0 、 D^- 和 D^+);中间一层 π^- 、 K^0 、 K^+ 、 π^+ 、 \bar{K}^0 、 K^- 都不含 p' 层子,粲数是0(ρ 和 K^* 也一样); \bar{D}^0 、 F^- 、 D^- 都含有一个反层子 \bar{p}' ,粲数是-1(这一层也蒙上了浅色)。再从下方到上后方来看: K^- 、 \bar{K}^0 、 F^- 都含有一个 λ 层子,奇异数是-1; D^- 、 \bar{D}^0 、 π^+ 、 D^+ 、 D^0 、 π^- 都不含 λ 层子,奇异数是0; F^+ 、 K^0 、 K^+ 都含一个反层子 $\bar{\lambda}$,奇异数是1。……比较特殊的是中心点,从对称性来看,这个点要求电荷=0,奇异数=0,粲数=0,而 $p'\bar{p}'$ 、 $p\bar{p}$ 、 $\lambda\bar{\lambda}$ 、 $n\bar{n}$ 都恰好满足这个要求(正反层子的量子数恰好抵消),所以每一族介子在这个中心都有四种粒子(它们并不都恰好是 $n\bar{n}$ 、 $p\bar{p}$ 、 $\lambda\lambda$ 、 $p'\bar{p}'$,而是它们的一定的组合)。表中标出的 ρ 、 ω 、 ϕ 、 J/ψ 、 K^* 等是一族自旋为 \hbar (层子与反层子自旋同方向)的介子, π 、 η 、 η' 、 η_c 、 K 等是一族自旋为0(层子与反层子自旋反方向)的介子。其中 J/ψ 是 $p'\bar{p}'$,它就是前两年发现的新粒子。正由于它的发现,才肯定有 p' 层子的存在。此外 η_c 也是 $p'\bar{p}'$ (自旋和 J/ψ 不同),国外个别研究所宣称发现了它,但还有不同意见。

实验上也发现了上百种更重的介子,它们的自旋都是 $\hbar/2$ 的偶数倍,层子与反层子之间有相对角动量。这些介子不带粲数,可以有规则地排列在中间一层,和表上已列出的自旋为 \hbar 和自旋为0的介子相仿。也是为了避免累赘,不把它们列在表中。

读者可以看到,我们目前已有的知识,还不足以描画出一个比较完备的粒子表。随着今后高能物理实验的进展,这个表肯定会有很多改进、补充、以至很大的更动,更不用说轻子、层子、胶子、光子、中间玻色子也一定有内部结构,也一定可以进一步分割。