

质子会衰变吗？



近年来，关于弱相互作用和电磁相互作用统一的理论，引起了人们的注意，并被认为是基本粒子研究中的一个重要进展。

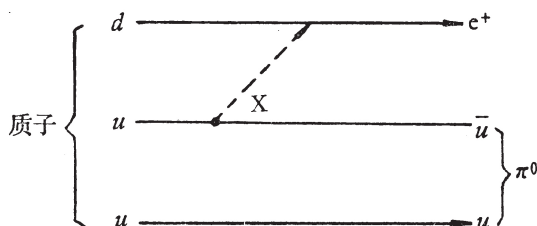
在这个统一理论中，传递电磁相互作用的电磁场和传递弱相互作用的中间玻色子场都是规范场。因此这个统一理论是一种规范场理论。每一种规范场理论都和一定的“群”（也叫规范群）相关。例如早先的量子电动力学（QED）就是一种规范场理论，它与 $U(1)$ 群密切相关。上述弱相互作用和电磁相互作用统一的理论则是和 $SU(2) \times U(1)$ 群密切相关。

人们认为，传递强相互作用的胶子场可能也是规范场，并提出了量子色动力学（QCD）理论，它与 $SU(3)$ 群密切相关。在这个理论里，胶子场是在带色的粒子（例如层子）之间传递强相互作用的。（参看本刊1977年第1期，1978年第3期，1979年第1、2、3期）

人们还尝试把强相互作用和电磁相互作用、弱相互作用统一起来。这就需要更大的群，现在讨论较多的是 $SU(5)$ 群（也有人讨论 $SO(10)$ 群），它包括了与弱电统一理论有关的 $SU(2) \times U(1)$ 群，也包括了与强作用QCD理论有关的 $SU(3)$ 群。与 $SU(5)$ 群相联系的规范场理论又叫做“大统一”理论。按照这个理论，在我们周围常见的能量范围中，强作用力（与 $SU(3)$ 有关）要比电磁作用力（与 $U(1)$ 有关）强，这是与实验事实符合的。

“大统一”理论中的规范场除包括电磁场、胶子场等外，还包括一种过去所不知道的场。这种场传递一种过去不知道的超弱相互作用，可以使层子变轻子，也可以使轻子变层子。例如，“大统一”理论中有一种 X

场，它的量子是 X 粒子。 X 粒子的电荷是 $e/3$ 。一个 u 层子（电荷是 $e/3$ ）可以放出一个 X ，自己变成 \bar{u} 反层子（电荷是 $-e/3$ ）。放出的 X 再被 d 层子（电荷是 $-e/3$ ）吸收，后者就转变成成为 e^+ 。通过 X 场的这种机制，一个质子（由 uud 组成）可以衰变成为 e^+ 和 π^0 （ $u\bar{u}$ 是 π^0 的组成部分）。这种与 X 场相联系的相互作用可能非常之弱，所以衰变寿命极长，理论估计质子的衰变寿命是 $10^{31} - 10^{33}$ 年。



目前正在计划一些实验来验证这个理论。其中有一个实验已在美国蒙大拿州进行。这种实验需要在地下深处（为了减少宇宙线本底）建造蓄水至少几千吨以上的地下水库，一般可利用废矿井。探测方法是用契伦柯夫探测器来探测质子衰变后向两个相反方向放出的粒子，一个是能量约500 MeV的电子，另一个是能量约500 MeV的 π^0 （ π^0 衰变成两个光子，光子再变成正负电子对，实际探测的是正负电子对）。

有希望在一年左右做出一些初步结果，到那时就可以较有把握地回答质子会不会衰变了。

（李平供稿，翁以文改写）

（题头：陈世铮）