

新粒子客塞是黑格斯粒子吗？

吴 丹 迪

两年一度的国际轻子光子会议是粒子物理界最重要的国际盛会之一。去年的国际轻子光子会议是于8月份在法国的巴黎召开的。也许，在这次会议上最大的新闻莫过于一个起名为客塞（ξ）的新粒子的发现。有人评论它的重要性不亚于当年（1974）里西特和丁肇中发现的粲偶素。我们知道，粲偶素的发现推动了强子结构的定量研究，对色动力学和弱电统一理论的发展也助了一臂之力。

为什么客塞粒子特别引起关注？这是因为在会上著名物理学家 J. 艾利斯评论说这个粒子有点象黑格斯粒子。黑格斯粒子是格拉肖、萨拉姆和温伯格弱电统一理论中的一个成分。它的自旋是零。黑格斯场能够造成规范理论的对称性自发破坏。那么，什么是对称性自发破坏？关于一头聪明的驴子的故事，很能说明问题。据说在布列斯坦有一只十分聪明的驴子，如果让它自己干一件事情，它总要从几个可供选择的办法中挑一个最好的办法；没有充分的理由它决不去做。有一次，它的主人把它引到两块完全相同的豆饼的正中间，就走开了。现在两块豆饼同它的关系是完全对称的。这下可难坏了布列斯坦的驴子，它好象会因为找不到先吃哪一块豆饼的理由而活活饿死。幸好它的身体随机地颤动了一下，使得某一块豆饼离它略近了一点，它随即向较近的豆饼迈出了一步，彻底破坏了两块豆饼同它的对称关系。于是它就先吃了离它较近的豆饼，剩下的一块豆饼当然也是属于它的。规范理论中的 Higgs 同这个例子中使驴子发生颤动和不对称性扩大的因素非常相似。

在宏观物理中也可以找到对称性自发破坏的例子。把一块铁磁针（一端涂红）加热到适当温度，它就会失去磁性。这时将它放在真空球形磁屏蔽腔的正中心冷却。在磁屏蔽腔内没有任何磁场，也没有任何特殊的方向。但是我们用电子束来探测腔中的磁场，我们会发现开始铁磁针没有磁性，足够长时间以后铁磁针就有磁性了，并且磁针的一端成为南极，另一端成为北极。铁磁针在两种可能的南北极的安排方法中（红端为北极或红端为南极）挑选一个同布列斯坦的驴子在两块豆饼中挑一个很相似，都是随机进行的。这里也需要随机破坏对称性的因素和扩大不对称性的因素。这些例子听来十分玄妙，但是利用适当的数学语言，就可以把黑格斯场造成对称性破坏的过程十分清楚地描写出来。按照弱电统一理论，电磁作用和弱作用的差别，是由于对称性自发破坏引起的，就如同磁针磁化以后，在顺着磁场的方向与垂直磁场的方向上运动的电子行为有差别（一个不拐弯，一个拐弯）一样。

而黑格斯场的存在是造成对称性自发破坏的原因。

自从提出了黑格斯的理论，全世界的实验家们就开始了寻找黑格斯粒子的工作。他们在电子-正电子对撞机上，在电子直线加速器上，在质子打靶实验中，在高能中微子实验中，也在正反质子对撞机上进行了寻找黑格斯的工作，甚至尝试了在天体现象中寻找黑格斯存在的证据。经过十几年的努力，却没有发现一点黑格斯的踪迹，真可以说是“踏破铁鞋无觅处”。现在很多科学家都在考虑如下问题：到即将建成的更高能量的加速器上去开辟新的园地，包括进一步寻找黑格斯。Mark-III 组一批科学家们却想到利用在斯坦福大学的旧的电子-正电子对撞机来多收集一些粲粒子偶素的资料。这个旧机器名叫 SPEAR，当年它曾为里西特发现粲夸克偶素立下汗马功劳。后来因为有更大的对撞机 PEP 建成，而人们也都急于想知道在更高的 PEP 能区会出来什么新东西，SPEAR 就被人们冷落了。谁也没想到，就在这台低能量（最大质心能量为 7 GeV）的加速器上，而且就在粲偶素的衰变道中发现了新粒子客塞。颇有点“得来全不费功夫”。客塞有大约十分之一的几率衰变成正负 K 介子对 K^+K^- 。实际上是在 K^+K^- 的不变质量谱上发现了一个很窄的共振峰，其质量在 $2.22\text{GeV}/C^2$ 。

不过要科学地判断客塞是否是黑格斯粒子，并不是一件容易的事。科学家们虽然常常作出正确的预言。例如：他们用弱电统一理论预言了带电中间玻色子 W^\pm 的质量和衰变行为，也预言了它的中性伴侣 γ 的性质。1982 年底在西欧中心大加速器上的实验证实了这些预言基本上是对的。然而，科学家们也经常发现自然界超出他们的想象，因此有必要经常从实验的发现来获取灵感。象规范理论中的黑格斯粒子，就是使理论家们最伤脑筋的。到现在为止，谁也没有充分的理由说出黑格斯应该多重，或者有几种。新粒子客塞衰变宽度之窄（可能远小于 $30\text{MeV}/C^2$ ）与黑格斯的行为很相似，但是它的质量之轻（ $2.22\text{GeV}/C^2$ ）是同科学家设想的黑格斯质量下限不符的。另外客塞粒子在粲偶素衰变中产生的几率很小，每万个粲偶素衰变事例中才产生一个客塞的事例，尽管这样小的产生比例同它的窄宽度一样，使它较难被辨认为强子（包括普通强子，胶球等），这个产生率仍然比按照魏尔柴科公式所计算的黑格斯产生率大了十倍。如果将来真的证明客塞是黑格斯粒子，那么物理学家们一定可以从中学到许多新东西。对于判断黑格斯，最关键的是测出自旋为 0 和测出宽度很窄，窄于一个 keV/C^2 。第二件事是很难做到的，因为缺少直接测量几个 eV/C^2

到 $1\text{MeV}/C^2$ 的宽度的好方法。不过科学家们正在努力设计间接的办法来判断。让我们拭目以待。看看客塞是不是自发破坏的规范理论所需要的黑格斯粒子。