

# 伴随轨道电子俘获的内韧致辐射的

## 实验测量与重中微子的实验探索

唐孝威

重中微子问题是粒子物理学和天体物理学的重大问题之一。最近国外许多实验室正在进行寻找重中微子的实验。

在弱相互作用过程中，实验上观察到电子中微子  $\nu_e$  和  $\mu$  子中微子  $\nu_\mu$ ；此外，相应于  $\tau$  子还有  $\tau$  子中微子  $\nu_\tau$ 。

理论预期中微子可以有静止质量。一般说，中微子的弱本征态是和质量为  $m_i$  的质量本征态不同的。例如中微子弱本征态  $\nu_e$  和  $\nu_\mu$  可能是质量本征态  $\nu_1$  和  $\nu_2$  的混合；而  $\nu_1$  和  $\nu_2$  分别具有确定质量  $m_1$  和  $m_2$ 。其中  $m_1$  很小， $\nu_1$  称为轻中微子， $m_2$  较大， $\nu_2$  称为重中微子。（这里未讨论  $\nu_\tau$ ）。

通常寻找重中微子的方法，是分析原子核  $\beta$  衰变的能谱。 $\beta$  能谱的苟里标绘是一条直线。如果有重中微子混合，则在能量相应于发射重中微子处， $\beta$  能谱的苟里标绘的直线将会出现转折。因此，通过测量和分析  $\beta$  能谱的形状，可以发现重中微子的存在，并且确定其混合强度。

1985 年辛普生用测量  $\beta$  能谱方法寻找重中微子。他宣称，在氚的  $\beta$  衰变中发现质量 17.1 keV、混合强度 3% 的重反中微子的证据。后来一些实验室测量  $^{35}\text{S}$  的  $\beta$  能谱，否定辛普生的结论。

1985 年我们在实验上第一次用测量伴随轨道电子俘获的内韧致辐射方法寻找重中微子。在这实验中测量  $\gamma$  能谱，避免了测量低能  $\beta$  能谱时能谱畸变的困难。这实验研究的是重中微子；与此相比，国外实验室测量  $\beta$  能谱寻找的实际上是重的反中微子。

我国老一辈科学家王淦昌先生曾在 1942 年提出

用轨道电子俘获过程研究中微子的建议。现在我们的实验也是用轨道电子俘获过程研究中微子。因此我们把这个实验看作是王淦昌先生研究工作的继续。

在  $\beta$  衰变过程中有内韧致辐射产生。伴随轨道电子俘获过程，也会产生内韧致辐射。在这个过程中，原子核俘获原子轨道上的一个电子，放出一个中微子和一个  $\gamma$  射线。

利用伴随轨道电子俘获的内韧致辐射寻找重中微子的原理是这样的：这种内韧致辐射的  $\gamma$  射线能谱不是单能的，而是由三体衰变运动学所决定的连续谱。如果在这过程中放出一个质量为零的中微子，当  $\gamma$  射线能谱  $N(E)$  采用函数  $\sqrt{N(E)/E}$  后，它对于  $\gamma$  能量  $E$  的标绘是一条直线。

但如果电子中微子是轻中微子和重中微子的混合，则在能量相应于发射重中微子处， $\gamma$  射线能谱的上述标绘的直线将会出现转折。因此，通过测量和分析伴随轨道电子俘获的内韧致辐射  $\gamma$  射线能谱，也可以发现重中微子，并且确定其混合强度。

我们用高分辨率的高纯锗  $\gamma$  谱仪，测量了伴随  $^{59}\text{Fe}$  原子核轨道电子俘获产生的内韧致辐射。我们给出了  $^{59}\text{Fe}$  内韧致辐射  $\gamma$  能谱  $N(E)$  的实验数据，并且证实了， $\sqrt{N(E)/E}$  对于  $\gamma$  能量  $E$  的标绘是一条直线。这直线与  $E$  轴的截距等于  $223.4 \pm 1.6$  keV。

我们还考察了在  $^{59}\text{Fe}$  原子核轨道电子俘获中、质量在 30 keV 至 90 keV 范围内重中微子混合，未见到有混合的迹象，从而给出了混合强度的上限。我们正在继续进行实验，以期给出更精确的实验结果。