

## 穿透介质的光子能量的精密测量

李士 王克斌 唐孝威  
(中国科学院高能物理研究所)

### 摘 要

我们用由无反冲原子核  $\gamma$  射线和共振吸收体组成的谱仪测量能量为 14.4keV 的  $\gamma$  光子穿过介质前后的能量,比较这两种情况下谱线峰的位置,来确定光子的能量变化。实验测量结果表明,穿过介质后的光子能量和原来光子能量很好符合,二者在  $4 \times 10^{-10}$  电子伏的精确度以内相等。

为了研究光子穿过介质后是否发生极微小的能量变化,我们进行了测量穿透介质后的光子能量的精密实验。实验用由无反冲原子核  $\gamma$  射线和共振吸收体组成的谱仪,测量光子穿过介质前后的能量变化。

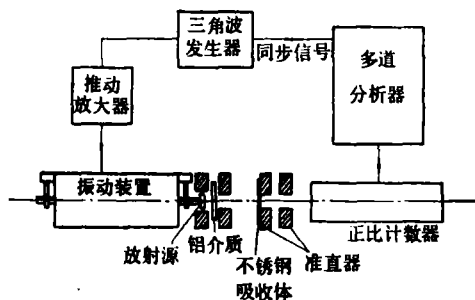


图1 精密测量穿透介质后光子能量的实验装置

本实验所用的实验装置见图1,整套谱仪由放射源、介质、不锈钢共振吸收体、探测器、准直器,多道分析器和振动装置组成。由放射源辐射的14.4千电子伏  $\gamma$  光子,经过准直器后穿过介质(最大厚度为0.32克/厘米<sup>2</sup>的一系列铝片)。穿过介质后的  $\gamma$  光子再穿过共振吸收体。穿出吸收体的  $\gamma$  光子被探测器和多道分析器记录。振动装置使放射源相对吸收体做等加速度运动,因而放射源辐射的  $\gamma$  光子产生多普勒能量位移。在放射源运动速度变化的同时,测量记录各个速度下的  $\gamma$  光子强度变化,这样得到的就是穿过介质和共振吸收体后  $\gamma$  光子透射强度与放射源速度(也是  $\gamma$  光子能量)的关系曲线,即穆斯堡尔谱。

实验中采用的放射源是强度约为50毫居里的以钐为衬底的<sup>57</sup>Co放射源。铝片与放射源相距2厘米。共振吸收体是厚度25微米的不锈钢吸收片,放在铝片后面9厘米处。在铝片和不锈钢片前面都加铅准直器。记录  $\gamma$  射线的探测器是端窗流气式正比计数器,直径为2厘米,长度为30厘米。计数器内充90%氩气和10%甲烷混合气体。多道分析器以多路定标方式工作。振动装置由三角波发生器和驱动线路控制。为使振动装置精确跟踪三角波形,将放射源运动速度与三角波信号进行比较,这样得到的误差信号再经放大去推动振动装置的驱动线圈,通过负反馈线路保持速度信号按所要求的三角波波形变化,

使得放射源速度与多道分析器多路定标同步。

表 1 加各种厚度不同铝介质和不加介质时  $\gamma$  光子共振吸收峰强度和线宽

介质片数	介质厚度 (克/厘米 <sup>2</sup> )	测量时间(小时)	强度(计数)	线宽(道数)	位置(道数)
0	0.00	0.5	5284	$2.32 \pm 0.05$	$125.32 \pm 0.03$
1	0.08	1.0	4656	$2.36 \pm 0.07$	$125.27 \pm 0.04$
2	0.16	2.0	5240	$2.53 \pm 0.13$	$125.45 \pm 0.09$
4	0.32	10.0	6641	$2.36 \pm 0.11$	$125.40 \pm 0.07$

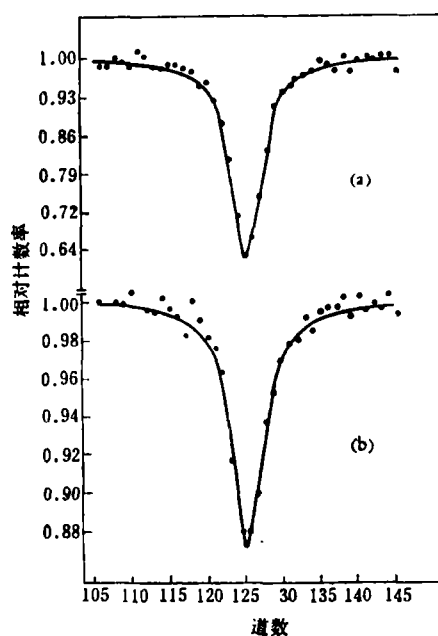


图 2

(a) 不加铝片时室温下所测不锈钢的穆斯堡尔谱 (b) 加 0.32 克/厘米<sup>2</sup>厚度的铝片时室温下所测不锈钢的穆斯堡尔谱

实验中分别测量无铝片时和加不同厚度铝片时的谱线。所测谱线均经计算机用最小二乘法拟合。其拟合优度用  $\chi^2$  值检验。比较这两种情况下谱线峰的位置, 来确定  $\gamma$  光子的能量变化。实验结果表明, 穿过各种不同厚度(最厚达到 0.32 克/厘米<sup>2</sup>)的铝片后的  $\gamma$  光子能量和原来不加铝片时的  $\gamma$  光子能量很好符合。二者在  $4 \times 10^{-10}$  电子伏精确度以内相等。而且  $\gamma$  共振吸收峰的谱线宽度和形状也不发生变化。实验测量结果见表 1 和图 2。

从图 2 中看, 加上铝片后穆斯堡尔谱线强度的减弱是由于能量高于 14.4keV 的  $\gamma$  射线经过铝片散射后向低能部分移动造成的。这些成分包括  $^{57}\text{Fe}$  的 136keV 和 121keV 的两

支 $\gamma$ 射线及衬底Pd的K $\alpha$ 线。正比计数器的分辨率为20%，这相当于张了一个窗，一旦高能成分散射后落入此窗，便会导致基线的升高。而且铝片越厚多次散射就越显著，从而基线降低得就越缓慢。提高探测器的分辨率，可以改善这种情况。

作者感谢赵忠尧教授的关心指导和计桂泉、邵涵如同志的帮助。

## THE PRECISION MEASUREMENT OF THE ENERGY OF THE SURVIVAL PHOTON PASSED THROUGH A MEDIUM

LI SHI WANG KE-BIN TANG XIAO-WEI

(*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

The initial photon energy 14.4 keV and the energy of the survival photons passed through a medium were measured with a  $\gamma$  ray spectrometer composed of a recoilless nuclear  $\gamma$  ray source and a nuclear resonant absorber. The peak positions of the  $\gamma$  ray spectrum lines of these two measurements were compared and the energy change of the photon was determined. The experimental results show that for a 0.4 g/cm<sup>2</sup> Al absorber two peak positions coincide with each other within the accuracy of  $3 \times 10^{-10}$  eV.