

用位置灵敏探测器探测14.7MeV中子在铁样品上的小角度弹性散射截面

戴运生 万代蓉 梁学才 曹建华

(四川大学原子核科学技术研究所)

用快中子位置灵敏谱仪和伴随粒子飞行时间技术测量了14.7MeV中子在Fe样品上的小角度弹性散射微分截面,给出了 3.76° — 7.98° 角区的测量结果,与所发表的实验数据相比较,在误差范围以内一致,从而证明利用长液闪快中子位置灵敏谱仪这一新技术测量小角散射是可靠的。

关键词: 位置灵敏谱仪 蒙特卡罗方法

一、引言

快中子在Fe上的小角度弹性散射截面有很广泛的应用,但对其要求是统计性好、长时间测定数据稳定,即数据稳定可靠、而且比较精确。

散射截面中除核力作用外,还有非核力的影响,如史温格力等。非核力的贡献大多集中在小角区。所以,小角散射实验对于探讨新现象及完善核模型理论具有重要价值。

本实验以好的统计、为14.7MeV的入射能量对Fe的中子弹性散射以 0° 为对称点作了小角度测量。采用的是ST-1701长液闪位置灵敏谱仪。数据获取用二维多道 S_{88} 。

二、实 验

14.7MeV中子由400kV高压倍加器加速200keV氘以 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应产生。经Fe的弹性散射中子能谱是散射在 0° 附近上的,以快中子位置灵敏谱仪,伴随粒子飞行时间技术测出。中子飞行距离从散射样品到中子探测器是2787mm。 α 探测器是0.05mm厚的塑料闪烁体。通过20mm光导对56-AVP光电倍增管作光耦合,并放在离T靶200mm处。闪烁体前面有屏蔽光与散射氦用的 $3\text{mg}/\text{cm}^2$ 铝箔。

中子探测器是ST-1701长液体闪烁体,直径 $\phi 50\text{mm}$,长800mm,以两个光电倍增管直接耦合,充分注意两个管子的对称性。电子学线路采用快-慢符合的专用类型,系统的时间分辨为0.87ns,有关细节请参阅文献[1]。

在屏蔽与准直中子上作了新的尝试。屏蔽体采用高3000mm、宽3000mm、厚1200mm的水泥砖墙,以隔开中子源与探测器,只有准直中子束才能通过准直孔道,以达到同时屏蔽源与探测器的目的。准直器采用双层合起来的铁准直器,使其在水泥墙中不变形,又便于加工;其长1200mm,水平张角 0.5° ,垂直张角 1° 。此种方法优点是透射中子极少,缺点是多重散射中子本底增强,而且不可调。

铁样品是 $\phi 4 \times 3(\text{cm})$ 圆柱形。样品直接吊在准直器出口处,样品圆截面正对中子束。

位置灵敏谱仪的长期稳定性,主要指它的核心部分——长液体闪烁体性能的稳定性。长

液闪的 n - γ 分辨率, 经过存放两年以后, 性能明显下降, 影响谱仪的正常工作。为此, 这轮实验, 我们自己灌装了 ST-1701 长液闪, 确保了实验顺利进行^[2]。

对中子与 α 粒子的关联角作了测量: 由于运动学的原因, 中子与相关的 α 粒子不能精确地发射在相对的方向上, 而在 $180^\circ-\Delta$ 相关联。随 E_α 增加给出的角分散增加。因此, 实验中对束流品质作了相应的要求。

光电倍增管在测试中应注意: 电源应稳定, 特别是高压电源应具有0.01%或更好的稳定度。纹波和噪声应不大于几个mV。

为了避免磷光效应, 光电倍增管在测量之前应在黑暗中储存若干小时, 预热1小时以上才作测量。还应充分注意光电倍增管的玻璃和管座的清洗, 以防外部的噪声效应。

对用半导体探测器与光电倍增管取 α 信号作了比较, 结果仍然采用56-AVP, 原因是光电倍增管时间响应快, 放大倍数高。由阳极引出快的负信号, 作为时间幅度变换器的起始信号, 由联极引出线性信号, 利用单道, 取适当的阈的宽度, 选出需要的 α 粒子作能量路的符合信号。

三、结果与讨论

本实验采用Fe样品(样品截面大于中子束流截面)。

探测效率是在 0° 度时探测 $T(d, n)^4\text{He}$ 的中子时得出。对 0° 的确定是靠长液闪上的对称性测量来完成的。

对于水平张角为 0.5° 的入射中子, 位置路时间分辨0.87ns, 能谱路1.09ns。

平均效应与本底比为20:1。

微分截面计算公式如下:

$$\sigma(\theta) = \frac{N(\theta)}{N_1} \frac{M_1}{M} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon(\theta)} \left(\frac{lL}{l+L} \right)^2 \frac{1}{N \cos^2(\theta)}$$

式中, $N(\theta)$ 为对应于 θ 角单元的弹性散射中子净计数; N_1 为对应于一个单元的入射中子通量; M_1 为对应于 N_1 的 α 监视计数; M 为对应于 $N(\theta)$ 的 α 监视计数; ε_1 为入射中子探测器效率; $\varepsilon(\theta)$ 为散射中子探测器效率; l 为样品至靶距离; L 为样品至探测器距离; N 为散射样品有效核数; $\cos(\theta)$ 为散射中子与

表1 14.7MeV中子在铁上的弹性散射微分截面
Table 1 Elastic scattering differential cross sections of 14.7 MeV neutrons on Fe

角度 $\theta_{cm}(\text{deg.})$ Angle	3.76	4.78	5.83	6.90	7.98
微分截面 $d\sigma/d\Omega$ (mb/sr) Differential cross sections	2632	2924	2619	2329	2559
误差 $\Delta d\sigma/d\Omega$ (mb/sr) Error	184	205	183	163	174

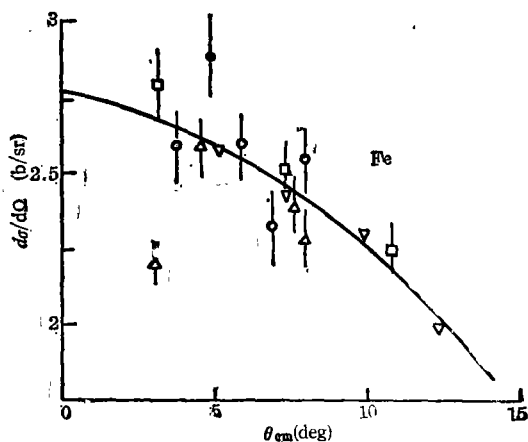


图1 14.7MeV中子在Fe样品上弹性散射角分布
Fig.1 Angular distribution for elastic scattering of 14.7MeV neutrons on Fe sample
▽ [3] □ [6] △ [5] — [4] ○ This work

入射中子夹角余弦。

准直孔口及内壁散射的贡献按初级中子谱的形状作了修正,同时也扣除了非弹性散射中子的贡献。用蒙特卡罗方法对通量衰减、多次散射和角分散也进行了修正。

全部数据以Pb的对照测量数据作了比较与归一(见表1和图1)。

四、结 论

本实验结果在大于 3° 的角区间与已发表的各家数据吻合得较好。对于小于 3° 的角区间所测数据我们还在进一步分析研究之中。

参 考 文 献

- [1] 万代蓉等, 四川大学学报(自然科学版), 3(1985), 89.
- [2] 戴运生等, 核技术, 11(1988), 2:55.
- [3] J. H. Coon *et al.*, *Phys. Rev.*, 111(1958), 250.
- [4] F. Bjorklund *et al.*, *ibid*, 109(1958), 1295.
- [5] G. Deconninck *et al.*, *J. Aero/Space Sci.*, 75(1961), 10°.
- [6] W. P. Bucher *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 35(1975), 1419. *Phys. Lett.*, 58(1975), 277.

Measuring elastic scattering differential cross sections of 14.7 MeV neutrons on Fe at small angles by means of a large position-sensitive detector

Dai Yunsheng Wan Dairong Liang Xuecai Cao Jianhua

(Institute of Nuclear Science and Technology of Sichuan University)

Abstract

The elastically scattering differential cross sections of 14.7 MeV neutrons on Fe at angles between 3.76° and 7.98° are measured. The associated particle time-of-flight method is used to select 14.7 MeV neutrons, which originated from $T(d, n)^4\text{He}$ reaction at the angle near 40° with respect to a 200 keV deuteron beam. The scattering angles and spectra of neutrons are simultaneously determined with a position-sensitive detecting system.

The corrections for neutron flux attenuation, multiple scattering and finite geometry were performed by Monte Carlo method. The experimental results were compared with the available data from other work.

Keywords: Position-sensitive detecting system Monte Carlo method

(1988年1月20日收到)