

14MeV 中子在氘核上引起的 三体破裂反应截面测量

万代蓉

(四川大学原子核科学技术研究所)

摘要:在 n-D 破裂反应中,中子-中子准自由散射测量,可以研究三核介限内末态相互作用和准自由散射过程,确定核子-核子低能散射参数,提供实验和计算之间量的比较,它是实验和理论研究的重要课题。本文着重叙述 $E_n = 14\text{MeV}$ 时, $D(n, nn)P$ 反应,共平面并对称排列的中子-中子准自由散射测量及其意义。

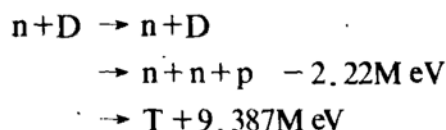
一、引言

在中子参数测量工作中,中子引起的反应,例如: (n, t) 、 (n, n) 、 (n, n') 、 (n, f) 和 (n, γ) 都是探测一个粒子。Fadder 等⁽¹⁾于 1961 年对三体核反应作出重要解释之后,三体核系统在理论上有着较广泛的研究。但是各个作者在各自的计算中,核子-核子相互作用的参量取舍不同,分歧较大,加之三体破裂反应 $a+b \rightarrow 1+2+3$ 的实验安排困难、实验数据甚少、精度差,理论和实验数据不能满意地符合。所以,开展三体反应的实验研究,有助于进一步了解其机制,寻求与实验符合较好的计算方法,以补充和完善三体理论模型。

目前,能量在 10—50MeV 间,在不同角度上探测两粒子符合,实验装置都是对 p-p、D-D、 α - α 或 n-p 反应破裂能谱或对准自由散射的研究。D(n, nn)p 反应的中子能谱和自由散射的实验资料甚少:Jermie 测量了 14MeV, 20° 的能谱⁽²⁾; Messelt 测量了 14MeV, 10°、13°、16°、28° 的能谱⁽³⁾; Caykob 测量了 14MeV, 20°、45°、60°、90° 的能谱⁽⁴⁾; Brullmam 测量了 14.1MeV,

7.5°—75° 间八个角度的能谱⁽⁵⁾; Slaus 测量了 14MeV, 40° 准自由散射⁽⁶⁾; E. Bovet 测量了 14.1MeV 中子, 30°、40° 准自由散射⁽⁷⁾; H. GURATZSCH 测量了 25MeV, 40° 准自由散射⁽⁸⁾。这就是迄今关于破裂中子测量的全部实验资料,这些数据的实验误差均较大,从而反应了破裂中子能谱和准自由散射的测量是困难的。我们的工作将是对这一领域的补充。

快中子引起氘核可能发生的反应:



其中俘获截面只有几十 μb , 实际上弹性散射和三体破裂两个反应道占主要。氘的弹性散射角分布和破裂中子截面是核的重要参数。本工作的目的在于获得 14.3MeV 破裂中子准自由散射截面,为此,首先在截面绝对值比较大的 $\theta = -\theta = 30^\circ$ 的基础上,用伴随粒子飞行时间技术,对其进行散射测量。

二、实验几何安排和测量方法

1. 几何安排

图 1 可见, $^3\text{H}(D, n)^4\text{H}$ 反应产生的 14MeV 中子,经准直后入射到 $(\text{C}_2\text{D}_4)_n$ 氟化聚乙烯圆柱体靶上,用放在 $\theta = \pm 30^\circ$ 上的两个 $\phi 50 \times 40\text{ST}-451$ 液体闪烁体将出射的破裂中子光学地耦合在 56AVP 光电倍增管上组成的中子探测器 PM_1 和 PM_2 中,采用伴随粒子飞行时间技术,同时测量对称发射

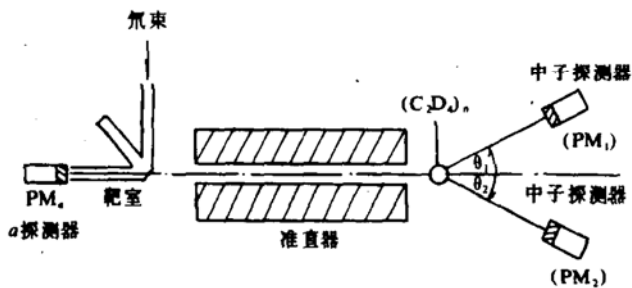


图1

的准自由散射中子。对每个破裂中子，其破裂时间的参考点是用厚 $50\mu\text{m}$ 耦合在 56AVP 光电倍增管上的塑料闪烁体进行探测。该探测器置于相对入射氦束 90° 方向上，通过与中子探测器电路的符合关系，在相对入射氦束约 82° 方向上可测到一个宽度约 $\pm 3^\circ$ 的伴随中子束，其能量为 14.3MeV 。

我们的实验安排是研究两个共平面并对称的排列。因此，质子能量近似为 0 ，可不采用探测破裂质子来扣除本底，而用 $n-\gamma$ 脉冲形状甄别技术消除本底。

2. 测量方法

图2显示了本实验测量谱仪线路框图。

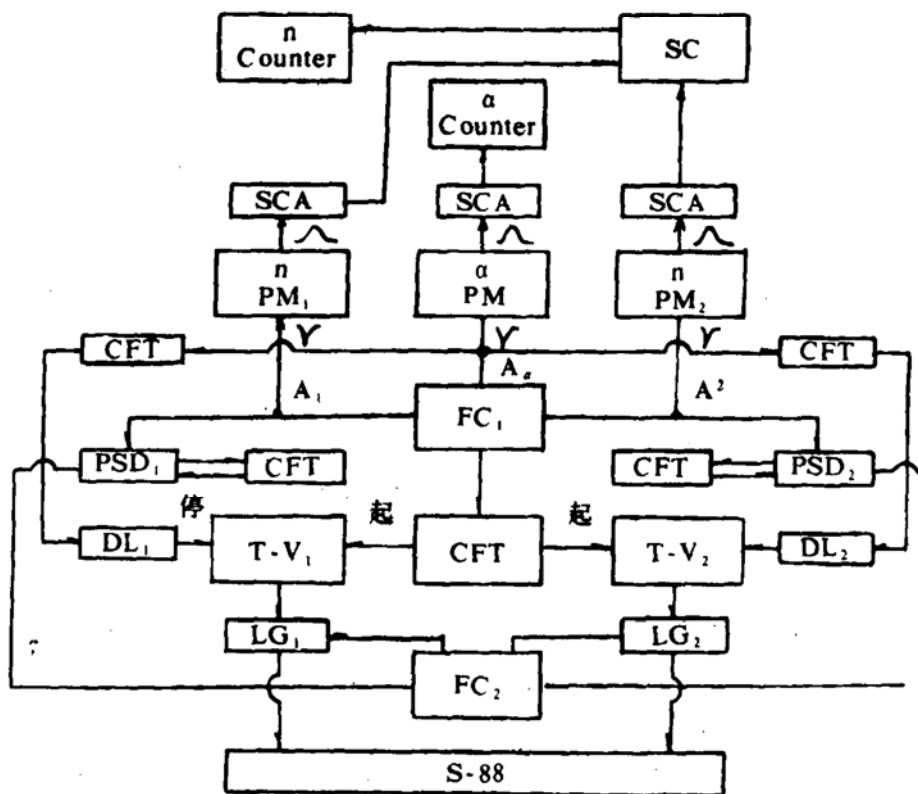


图2

中子探测器分别有两个输出：相极输出 A_1 、 A_2 作快定时信号及 $n-\gamma$ 脉冲形状甄别；打拿极输出 D_1 、 D_2 用来确定反冲质子能量，定谱仪最佳甄别阈。

α 探测器的阳极信号 A_2 分三路：一路与 A_1 、 A_2 一并送入快符合 FG ，消除房间隔偶然本底，其输出经快甄别 CFT 后作 T-V_1 、 T-V_2 起始信号；另外两路经快甄别 CFT 后适当延迟作 T-V_1 、 T-V_2 的停止信号。脉冲形状甄别器 PSD_1 和 PSD_2 的输出信号经快符合后开线性门 LG_1 和 LG_2 ，这时，时-幅变换器 T-V_1 、 T-V_2 的输出送入 LG_1 、 LG_2 ，以消除能谱路的关联 γ 本底。这样由 LG_1 、 LG_2 输出的两个破裂事件 TOF_1 、 TOF_2 信号同时送入 S-88 二维分析器被记录显示。

PM_1 、 PM_2 输出的中子慢信号 D_1 、 D_2 分别经定时单道 SCA 切阈后送慢符合 SC ，它的输出作中子计数。 PM_2 输出的慢信号 D_2 经定时单道 SCA 切阈后作 α 计数。实验在 10^5 计数秒的 α 计数率水平下进行，全部测量按 α 计数归一化。

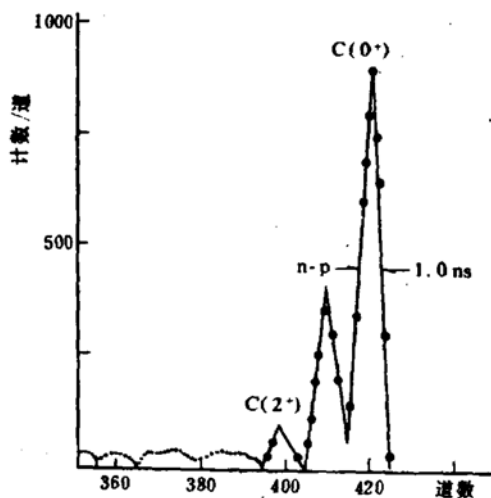


图3

本底测量用与氘化聚乙烯样品等体积, $\phi 4 \times 3.5 \text{ cm}$ 的石墨样品交替进行。图3显示了飞行距离为300cm、 0° 角处石墨样品的飞行时间谱。谱仪的时间分辨, 对14MeV的中子约1ns。

三、结 束 语

从上述可见, 对n-D 破裂反应实验研究的意义调研比较充分, 设备条件基本具备。模拟石墨样品测量结果量检验了谱仪稳定性和

可靠性, 测量精度令人满意。我们将拟用另外的方法与本文测量方法同时对比进行三体反应实验测量, 希望从中对少体核反应机制进一步得到某些了解; 另一方面, 基于14MeV的能点仅有两家测量结果(6, 7), 并存在一定偏离, 三体理论计算由于各自所取相互作用近似不同, 分歧也较大, 不能满意地与实验数据符合。因此, 再作测量寻求与实验符合较好的计算方法仍是必要的。

参考文献

- (1) L.D.Faddeev, JETP (Sov. Phys) 12 (1961) 1014
- (2) H. Jérémie Nucl. Phys. 47 (1963) 225
- (3) S. Meesselt Nucl. Phys. 48 (1963) 512
- (4) А. И Сауков и др. Ядерная физика 6 (1967) 242
- (5) M. Brallmann et al., Nucl. Phys. A117 (1968) 419
- (6) I. Slaus, J. W. Sunier G. Thompson Phys. Rev. Lett. 26 (1971) 789
- (7) E. BOVET Nuclear Physics A304 (1978) 29
- (8) H. GURATZSCH Nucl. Phys. A 342 (1980) 239