

Nd 和Sm的快中子辐射俘获截面的测量

李业祥 向正瑜 徐海珊 牟运山 王世明

(四川大学原子核科学技术研究所)

在2.5MeV脉冲化质子静电加速器上,用 $T(p,n)^3\text{He}$ 中子源,使用大液体闪烁探测器和飞行时间技术,以 ^{197}Au 为标准样品,采用相对测量法,在入射中子能量为0.34—1.68MeV能区测量了 ^{146}Nd 和 ^{152}Sm 的辐射俘获截面。测量结果与其它数据进行了比较。

关键词: ^{146}Nd ^{152}Sm 辐射俘获截面 大液体闪烁探测器

一、引 言

keV能区的快中子辐射俘获截面不仅是核工程设计的重要参数,而且在核反应理论研究和核天体物理学中关于元素核合成的动态计算中也是十分有用的。尤其是像 ^{146}Nd 和 ^{152}Sm 这一类稀土核素,它们是裂变产物,具有较大的俘获截面,对快堆设计的影响较大。一般说来,如果裂变产物核的俘获截面存在 $\pm 30\%$ 的误差,就会使计算的快堆反应率产生1%的误差^[1]。此外,稀土核素的俘获截面对超星爆发时中子的快速俘获(即 γ 过程)的研究也很有用,因为它们正好位于 γ 过程的丰度峰内^[2]。

用大液体闪烁探测器测量 keV 能区的快中子辐射俘获截面, 在世界上许多国家普遍采用^[3-10]。其优点是探测效率高, 相对测量的精度好。

^{146}Nd 和 ^{152}Sm 这两个元素, 在我们所测能区, 仅有美国Argonne国家实验室W. P. Poenitz一家数据^[11]。

二、实验装置与测量

本工作由2.5MeV脉冲化质子静电加速器(脉冲宽度10ns, 重复频率2MHz、平均束流2—4 μA)提供脉冲质子束、经 $T(p,n)^3\text{He}$ 反应产生脉冲中子, 在相对于束流方向 10° 角上, 用大液体闪烁探测器(6801)探测 (n,γ) 反应的瞬发 γ 射线, 并采用飞行时间技术和两个半球之间的三组脉冲信号的三重符合来降低本底。在中子源大厅和大液体闪烁探测器的管道末端适当位置各用一套长中子计数器监测中子通量。实验装置的详细情况可以参考文献[10]。在实验中, 用CANBERRA公司S-85多道分析器获取数据, 并将数据送入微机多道系统储存和处理, 实验阈值调定在1.58MeV。

中子能量由质子能量按反应动力学公式计算, 并用飞行时间法进行了校验。

两个样品均为氧化物, 其纯度 Nd_2O_3 为99.5%, Sm_2O_3 为99.9%, 样品采用机械加压的方法挤压成直径为9cm的圆片状, 封入壁厚为0.08mm的铝箔盒内。样品厚度为0.0022—0.0045核/ 10^{-24}cm^2 。

每个样品的测量时间为4000s, 分两轮测。每轮2000s。由于Nd的俘获截面较小, 故延长

至6000s。

测量以 ^{197}Au 为标准样品,对待测样品进行相对测量。 ^{197}Au 的俘获截面值取自 蒋淦生的编评。

三、测量结果

实验结果列于下表。

表Nd 和Sm 的俘获截面测量结果(单位 10^{-24}cm^2)

Table The measured results of capture cross section for Nd and Sm

样品 Samples	能 量 (MeV) Energy					
	0.34 $\pm$ 0.05	0.78 $\pm$ 0.06	1.02 $\pm$ 0.09	1.19 $\pm$ 0.09	1.43 $\pm$ 0.08	1.68 $\pm$ 0.07
Nd	48.9 $\pm$ 6.4	41.9 $\pm$ 5.4	45.1 $\pm$ 5.8	41.8 $\pm$ 5.4	34.7 $\pm$ 4.5	38.7 $\pm$ 5
Sm	213.7 $\pm$ 25.6	164.1 $\pm$ 19.7	161.2 $\pm$ 19.3	139.9 $\pm$ 16.8	108.3 $\pm$ 13	102.9 $\pm$ 12.3

对实验结果用Monte-Carlo方法进行了多次散射修正。

实验的主要误差是:

(1)标准截面误差7%; (2)阈以下部分谱的外推误差4—10%; (3)多次散射修正的误差2—5%; (4)对不同样品的俘获 γ 探测效率的不一致 $<3\%$; (5)空气散射中子产生俘获的事件 $\leq 2\%$; (6)统计误差 $\leq 2\%$; (7)样品质量的误差 $<0.1\%$; (8)样品纯度的误差 $<0.5\%$;

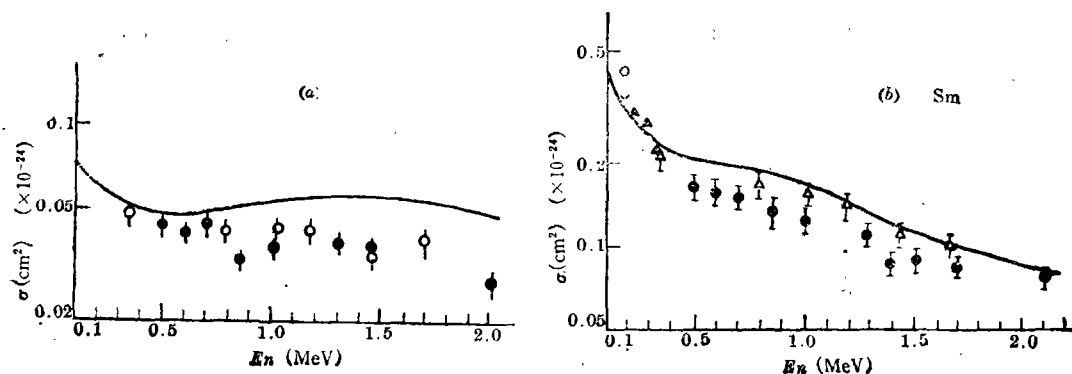


图 实验结果的比较

(a) ○本工作 ●W. P. Poenits—RCN-3

(b) △本工作 ●W. P. Poenits RCN-3 × J. H. Gibbons ○J. R. D. Lepine △Kononov

Fig. Comparison of experimental results

(a) ○Present work ●W. P. Poenits—RCN-3

(b) △Presentwork ●W. P. Poenits—RCN-3 × J. H. Gibbons ○ J. R. D. Lepine
△Kononov

(9)总误差9—14%;

实验结果同其它数据的比较见图。从图可以看出:

- 1)我们的结果略高于W. P. Poenitz的结果,但在误差范围内相符。
- 2)截面随能量变化的趋势与W. P. Poenitz的基本一致。
- 3)我们的结果与W. P. Poenitz的结果都低于RCN-3编评值。

感谢02室的同志在供束方面所做的工作。

参 考 文 献

- [1] J. L. Rowlands, Proc. Conf. Neutron Physics, Harwell, 1978, p.7.
- [2] H. Mach *et al.*, Phys. Rev. Lett., 56 (1986), 1547.
- [3] B. C. Diven, Phys. Rev., 120 (1960), 556.
- [4] J. H. Gibbons, Phys. Rev., 122 (1961), 182.
- [5] E. Haddad, Nucl. Instr. Meth., 31 (1964), 125.
- [6] P. Kompe, Nucl. Phys., A133 (1969), 513.
- [7] G. de Saussure, Nucl. Sci. Eng., 5 (1973), 385.
- [8] W. P. Poenitz, Nucl. Sci. Eng., 57 (1975), 300.
- [9] Z. M. Bartolome, Nucl. Sci. Eng., 37 (1969), 137.
- [10] 徐海珊等,核技术, (1986), 9:5.
- [11] W. P. Poenitz, Conf. 79 Bologna, 1979, p.85.

Fast neutron-capture cross section measurements of Nd and Sm

Li Yexiang Xiang Zhengyu Xu Haishan Mu Yunshan Wang Shiming

(Institute of Nuclear Science and Technology, Sichuan University)

Abstract

The fast neutron-capture cross sections of elemental neodymium and samarium were measured in energy range of 0.34–1.68 MeV relative to the standard capture cross section of gold. The $T(p,n)^4\text{He}$ reaction was used as neutron source and the primary proton beam was accelerated, pulsed and bunched by 2.5 MeV Van de Graaff. A large liquid scintillation detector (680 liter) and time-of-flight technique were used.

Keywords: Nd Sm Capture cross section Large liquid scintillation detector

(1987年8月31日收到)