

$^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 非弹散射

谢宽仲 陈学诗 周生墨

(中国科学院上海原子核研究所)

摘 要

本文测量了满壳缺一个中子的 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$, $E_n < 2\text{MeV}$ 的非弹散射截面, 把原有的激发曲线延伸到了低能部分, 构成了一条完整的激发曲线。

一、引 言

1981年3月杨立铭等在“巨共振在中子-核散射中的作用”一文中^[1], 研究了靶核结构对巨共振在散射中的作用随入射粒子能量的变化。就 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 和 $^{89}\text{Y}(n, n')^{89m}\text{Y}$ 这两个反应来说, $^{87}\text{Sr}_{49}$ 是中子满壳缺一个中子的核, 而 $^{89}\text{Y}_{50}$ 是中子满壳核。当能量为 E_n 的入射中子和靶核组成 $^{88}\text{Sr}_{50}$ 和 $^{90}\text{Y}_{51}$ 的复合核系统时, 它们的激发能为 $E_n + B_n$, 其中 B_n 为中子分离能, 对于 ^{88}Sr 和 ^{90}Y 分别为 11.10 和 6.87 MeV^[2]。这两个核的四极巨共振 (GQR) 能量, 分别为 14.16 和 14.06 MeV^[3]。因此当中子入射能量 $E_n \approx 3\text{MeV}$ 时, ^{88}Sr 将被激发到 GQR 能区内, 而 ^{90}Y 则不处于 GQR 能区, 可期望在 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 反应中 GQR 将起一定的作用。这样低能量中子入射的 GQR 还没有被研究过。对 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ ($\frac{9^+}{2} \rightarrow \frac{1^-}{2}$) 的非弹性散射, 杨立铭等根据复合核的统计理论计算了复合核机制对截面的贡献值, 也用唯象方式及 RPA 振动模式计算了 GQR 对截面的贡献值, 但是至今还没有可以与这些理论值直接相比的实验值。

$^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 的非弹性散射截面, E_n 小于 2 MeV 没有实验数据。大于 2 MeV 已经有些数据^[4,5]是用活化法测定的, 因此这些实验值, 并不是单一的到同质异能态 (第一激发态) 上的非弹性散射截面, 而是同时包含了到同质异能态以上的可能达到的所有激发态, 且衰变时经过此同质异能态的非弹散射截面之和。

我们的工作是用活化法测定 $E_n < 2\text{MeV}$ 的非弹性散射截面, 与 J. K. Temperley^[6] 等人的实验数据一起构成一条较为完整的激发曲线。并打算从总截面中抽取出单一激发 ($\frac{9^+}{2} \rightarrow \frac{1^-}{2}$) 同质异能态的截面值, 并与杨立铭等人的理论结果进行比较。

靶厚
影响
量中
薄
止粉
为 10
忽略。
1-2
4
没有

关
度。
准源大
影响的
吸收曲
5.
为一段

N,
M
R

二、实 验

1. 中子源 在静电加速器上用 $T(p, n)^3\text{He}$ 反应获得单色中子源. 钼衬底的氚靶, 靶厚一般 $\sim 0.5\text{mg}/\text{cm}^2$. 束流为 $20\text{--}25\mu\text{A}$. 靶子的冷却水尽量薄以减少对中子源的散射影响. 用经过含氢正比管, 半导体反冲质子望远镜和光中子源校刻过的 BF_3 长计数器测量中子通量, 为了观察中子通量的变化每隔 5 分钟测一次, 其精度好于 5%.

2. 样品 同位素浓度为 $\sim 62\%$ 的 $^{87}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 粉末, 用模具直接压制成直径为 10mm 的薄圆片, 重量为 200—500mg, 用万分之一克的天平称量后, 封装在薄的尼龙袋内, 以防止粉末脱落.

3. 辐照 辐照前后用 BF_3 长计数器各测量一次通量, 样品架是用铁丝做成的直径约为 10cm 的圆圈, 用三个小弹簧把样品固定在圆圈中心, 这样, 样品架的散射中子影响可忽略. 作为中子通量测量和监视用的两个长计数器分别放在 0° 和 45° 处, 离靶 1.2m.

辐照时为了屏蔽热中子, 样品放在 0.3mm 厚的镉盒内, 离中子源 $\geq 5\text{cm}$, 照射时间为 1—2 小时.

4. 产物核的测量 终核的 γ 射线谱用 130cm^3 的 $\text{Ge}(\text{Li})$ 谱仪测量, 证实 388keV 附近没有其他能量的 γ 射线, 且完全来自 ^{87m}Sr , 见图 1.

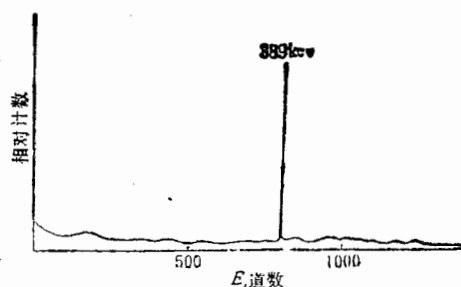


图 1 ^{87m}Sr 的 γ 谱

为了提高测量灵敏度, 用 $\phi 80 \times 80\text{mm}$ 的 $\text{NaI}(\text{Tl})$ γ 谱仪测定 388keV γ 射线的强度. 该谱仪的全能峰探测效率用 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 符合方法刻度过. 由于样品直径和厚度远较标准源大, 所以对探测效率随源几何地变化进行了修正. 样品本身对 388keV γ 射线自吸收影响的校正, 是用适当强度的 $^{119}\text{Sn}391\text{keV}$ γ 射线对天然 Sr 的不同厚度的 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 样品作吸收曲线来得到的.

5. 结果: 辐照中, 中子通量会有变化, 采用分段的方法把中子通量基本稳定的部分作为一段, 来计算截面^[7].

$$\sigma = \frac{N_r R^2}{M \epsilon_\gamma f_i f_{\text{std}} \frac{1}{1 + \alpha} \sum_{i=1}^L \phi_i (1 - e^{-\lambda T_i}) e^{-\lambda t_i}}$$

N_r : 样品照射完毕后所得到的 388keV γ 射线全能峰单位时间计数.

M : 样品中的 ^{87}Sr 核数目.

R : 样品到中子源的距离.

ϵ_γ : 谱仪对 388keV γ 射线的全能峰效率.

f_s : 样品对 388keV γ 射线的自吸收系数.

f_R : 谱仪 γ 射线全能峰效率对样品的径向修正.

f_d : 分支比. $f_d = 99.35\%$ ^[5]

α : 内转换系数. $\alpha = 0.28$ ^[7]

ϕ_i : 照射过程中第 i 段时间的平均中子通量, 中子数/单位立体角、单位时间.

T_i : 样品的第 i 段照射时间.

t_i : 第 i 段照射到测量时的冷却时间.

λ : 衰变常数.

L : 分段数, 视中子通量的稳定情况而定. 实验结果如下表:

$E_n(\text{MeV})$	0.683 ± 0.035	0.997 ± 0.030	1.509 ± 0.060
$\sigma(n, n')(\text{mb})$	12.8 ± 0.9	34.6 ± 2.4	194.7 ± 13.6

三、实验结果

根据我们的实验结果和 J. K. Temperley 等人的实验结果, 可以得到一条较为完整的 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 活化激发曲线见图 2.

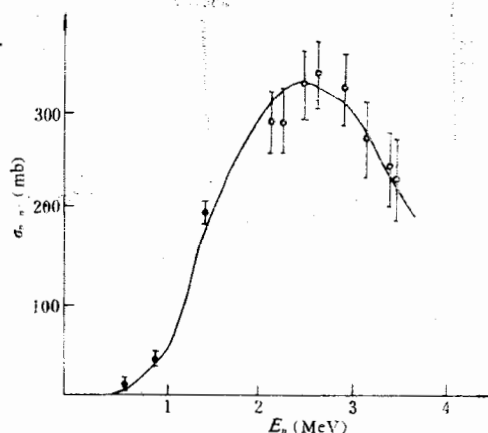


图 2 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 激发曲线

■ 本文 □ Temperley 等^[5]

其中 $E_n = 0.68\text{MeV}$ 一点是单一激发到同质异能态的截面值.

四、讨论

本文打算用实验方法来检验 $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ 中是否存在四极巨共振, 由于我们实验无

条件测量各能级的激发曲线(截面), 故难以从所获得的总激发曲线中推算出 $\left(\frac{9^+}{2} \rightarrow\right)$

1-
2
能
如

[1
[2
[3
[4
[5
[6
[7

rol
eve
'n'
GR
me
wh
me
Ter

$\frac{1^-}{2}$) 同质异能态的截面。也可利用 H-F 理论计算 $^{87}\text{Sr}(n, n')$ 反应在 $E_n = 1-4\text{MeV}$ 间各能级的激发曲线(截面), 再利用纲图算出总的 ^{87m}Sr 退激活截面激发曲线与实验比较。如有差异则可以定性地讨论新机制(GQR)的存在。

卢涵林等同志参加了部分工作, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 杨立铭等, 高能物理与核物理, 5(1981), 255.
- [2] J. H. E. Mattauch et al., *Nucl. Phys.*, 67(1965), 1.
- [3] M. B. Lewis et al., *Nucl. Phys.*, A196(1972), 337.
- [4] S. Pearlstain, 私人通讯.
- [5] J. K. Temperley et al., *Nucl. Science and Engineering*, 32(1968), 195-200.
- [6] 卢涵林等, 原子能科学技术, 2(1975), 113-126.
- [7] L. G. Mann and P. Axel, *Phys. Rev.*, 84(1951), 221.

$^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ INELASTIC SCATTERING

XIE KUAN-ZHONG CHEN XUE-SHI ZHOU SHENG-MO

(Institute of Nuclear Research, Shanghai)

ABSTRACT

The theoreticians¹⁾ have found that the virtual excitation of GR plays an important role in $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ inelastic scattering, the target with a hole in a neutron close shell, even when the incident neutron energy is around 3 MeV. The cross section of $^{87}\text{Sr}(n, n')^{87m}\text{Sr}$ ($9^+/2\ 1^-/2$) is calculated, for compound nucleus' with H-F formula, for GR'S with phenomenological as well as microscopical method, but there are no experimental data that could compare with them directly yet.

We measure the total inelastic cross section with activation method for $E_n < 2\text{MeV}$, which lead to those levels that decay through the first excited state ($1/2^-$), i.e. the metastable state with a half live of 2.83 hours. Together with the data given by J. K. Temperley et al.⁵⁾, we present the total excitation curve.

整

实验无

$\frac{9^+}{2} \rightarrow$
 $\frac{1^-}{2}$