

研究简报

同质异能素截面比的测定与研究

马惠芳 杨振国 葛凌霄

(中国科学院近代物理研究所)

摘 要

中子能量为 $14.8 \pm 0.4 \text{ MeV}$, 用直接测定产物核活性的方法, 测定了 $^{45}\text{Sc}(n, 2n)^{44}\text{Sc}$ 反应和 $^{86}\text{Sr}(n, 2n)^{85}\text{Sr}$ 反应中产生的 ^{44m}Sc , ^{44g}Sc , ^{85m}Sr 和 ^{85g}Sr 的绝对截面, 总截面及其比值. 用 Huizenga 和 Vandenbosch^[1] 统计模型的方法进行理论计算, 从而得到产物核的自旋切割因子 σ .

一、实 验

1. 靶子和辐照

对于钪, 使用的靶子是光谱纯的 Sc_2O_3 , 重量为 $\sim 50 \text{ mg}$. 而对于锶, 我们首先将光谱纯的 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 放入马福炉中, 在 1000°C 时灼烧 1 小时, 将得到的 SrO 做成靶子, 重量为 $\sim 100 \text{ mg}$. 靶片直径都为 11 mm , 夹在大小与其相同, 厚度为 $48 \mu\text{m}$ 的高纯铝箔中, 靶子放置在与入射氦束成 0° 角的位置, 中子能量为 $14.8 \pm 0.4 \text{ MeV}$, 辐照 10—20 分钟后, 测定产物核的活性.

2. 截面的测定与计算

本实验用 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反应做为监测反应, 在此中子能量时, 它的反应截面为 $115.7 \pm 3.0 \text{ mb}$ ^[2]. 将照射过的靶子直接用聚碳酸酯薄膜封在铝环中, 用灵敏体积为 140.7 cm^3 的 $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器与 BA163 脉冲高度分析器相连, 测定其产物核的活性. $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器的能量分辨为 2.4 keV (对 ^{60}Co 的 1332 keV).

(1) $^{45}\text{Sc}(n, 2n)^{44m,g}\text{Sc}$ 反应.

图 1 为 $^{44m,g}\text{Sc}$ 的 γ 活性谱. 对于 ^{44m}Sc 选用 271 keV , ^{24}Na 选用 1368 keV 进行光电峰面积分析, 并对探测效率、 γ 射线强度等进行修正后计算亚稳态的生成截面 σ_m .

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_p} = \frac{C_m \epsilon_p I_p n_p \lambda_m}{C_p \epsilon_m I_m n_m \lambda_p} \times \frac{1 - e^{-\lambda_p T}}{1 - e^{-\lambda_m T}} \times \frac{e^{-\lambda_p t_1} - e^{-\lambda_p t_2}}{e^{-\lambda_m t_1} - e^{-\lambda_m t_2}}$$

式中 t_1 和 t_2 是在照射时间 T 之后的时间间隔, C 是用 $\text{Ge}(\text{Li})$ 谱仪记录的 γ 射线光电峰

本文 1982 年 2 月 15 日收到.

计数, I 和 ε 是被探测 γ 射线的强度及探测器效率, n 是靶核数, λ 是衰变常数, 角标 m 指亚稳态, p 为监测反应相应的量。

对于截面比 σ_m/σ_g 的测定, 当样品照射结束之后, 每隔 1 小时测量一次基态的 1156 keV γ 射线的衰变数, 一直跟踪测量 24 小时以上。在 t_1 和 t_2 之间基态的衰变总数 Y 为:

$$Y = M \frac{\lambda_m \lambda_g}{\lambda_g - \lambda_m} \left[\frac{1 - e^{-\lambda_m T}}{\lambda_m^2} (e^{-\lambda_m t_1} - e^{-\lambda_m t_2}) - \frac{1 - e^{-\lambda_g T}}{\lambda_g^2} (e^{-\lambda_g t_1} - e^{-\lambda_g t_2}) \right] + G \frac{1 - e^{-\lambda_g T}}{\lambda_g} (e^{-\lambda_g t_1} - e^{-\lambda_g t_2})$$

这里 $M = n\sigma_m\phi$, $G = n\sigma_g\phi$, n 为靶核数, σ_m 和 σ_g 为亚稳态和基态截面, ϕ 为中子通量。对跟踪测量的基态衰变数做最小二乘法处理, 求得上式中的系数 M 和 G , 由 M/G 进而求得同质异能态截面比 σ_m/σ_g 。测得的基态衰变曲线见图 2。

(2) $^{86}\text{Sr}(n, 2n)^{85m, g}\text{Sr}$ 反应:

由于 ^{85m}Sr 与 ^{85g}Sr 中基态的半寿命甚长, 因此在照射结束后 70 小时开始测量 ^{85g}Sr 的活性, 这样采用文献 [3] 的公式计算得到 σ_m 、 $\sigma_m + \sigma_g$ 与 σ_g 的值。

3. 测量结果

上述两个反应的实验结果列在表 1 与表 2 中, 同时给出文献值以便比较。

表 1 $^{41}\text{Se}(n, 2n)^{40m, g}\text{Se}$ 反应的实验结果

	$\sigma_m(\text{mb})$	$\sigma_g(\text{mb})$	σ_m/σ_g	$\sigma_m + \sigma_g(\text{mb})$
本工作	139.2 ± 7.0	190.7 ± 9.5	0.73 ± 0.04	329.9 ± 11.8
文献值	$131.2 \pm 6.2[4]^a$	$188.0 \pm 9.4[4]$	$0.698 \pm 0.011[4]$	$319.2 \pm 11.3[4]$
	$141 \pm 9[5]^b$	$181 \pm 13[5]$	$0.78[5]$	$322 \pm 16[5]$
	$139 \pm 7[6]^c$			$382[9]^e$
	$151 \pm 8[7]^d$	$204.3 \pm 7.7[8]^f$	$0.71 \pm 0.05[8]$	$328[10]^f$

a. $E_n = 14.61\text{MeV}$, b. $E_n = 15.1 \pm 0.3\text{MeV}$, c. $E_n = 14.80\text{MeV}$, d. $E_n = 16.23\text{MeV}$, e. $E_n = 15.1\text{MeV}$, f. $E_n = 14.8\text{MeV}$, g. $E_n = 14.7\text{MeV}$.

表 2 $^{86}\text{Sr}(n, 2n)^{85m, g}\text{Sr}$ 反应的实验结果

	$\sigma_m(\text{mb})$	$\sigma_g(\text{mb})$	σ_m/σ_g	$\sigma_m + \sigma_g(\text{mb})$
本工作	219.2 ± 13.6	909.4 ± 56.4	0.241 ± 0.02	1128.6 ± 58.0
文献值	$311 \pm 25[11]$	$1150 \pm 124[11]$	$0.270[11]$	$1461 \pm 126[11]$
	$222 \pm 25[12]$	$910 \pm 80[12]$	$0.244[12]$	$1132 \pm 84[12]$
	$312 \pm 50[13]$	$280 \pm 10[13]$	$1.11[13]$	$592 \pm 51[13]$

二、理论计算和讨论

我们用 Huizenga 和 Vandenbosch 的统计模型理论, 并采用改进了的 Hafner^[14] 计算程序, 在 DJS-6 机上完成了自旋切割因子 σ 从 2—6, 多极性 l 为 1, 蒸发两个中子以后发

射 1—5 个 γ 时 σ_m/σ_g 的理论计算, 结果看表 3, 表 4, 图 3 和图 4.

表 3 ^{44}Sc 的 σ_g/σ_m 的理论计算值

$N_r \backslash \sigma$	2.0	2.5	2.7	2.9	3.0	4.0	5.0	6.0
1	6.13	2.11	1.66	1.36	1.22	0.68	0.52	0.44
2	8.40	2.56	1.96	1.47	1.38	0.71	0.52	0.44
3	12.05	2.89	2.19	1.70	1.52	0.74	0.53	0.43
4	14.08	3.58	2.47	2.00	1.67	0.76	0.52	0.43
5	18.52	4.12	2.85	2.04	1.81	0.80	0.53	0.42

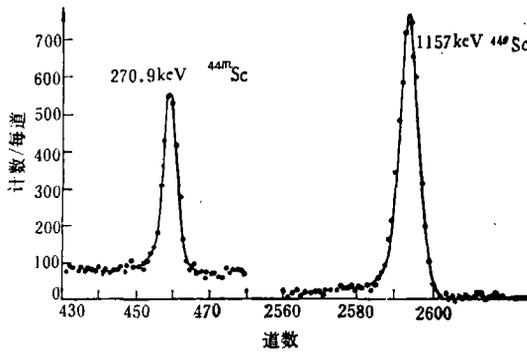


图 1 ^{44m}Sc 的 γ 活性谱

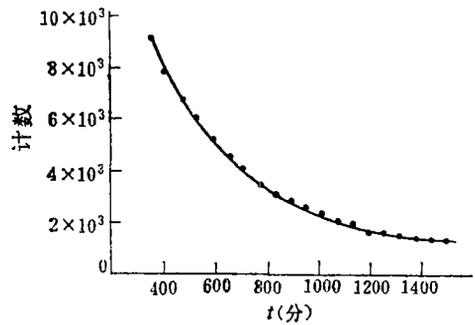


图 2 ^{44}Sc 基态衰变曲线

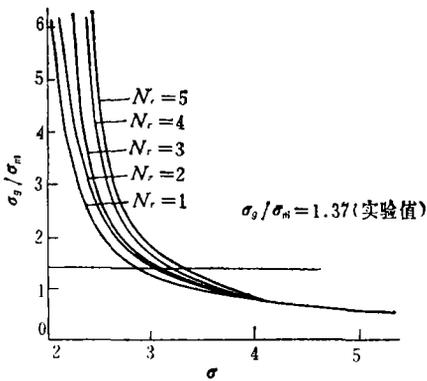


图 3 ^{44}Sc 的 σ_g/σ_m 随 σ 及 γ 变化的理论曲线

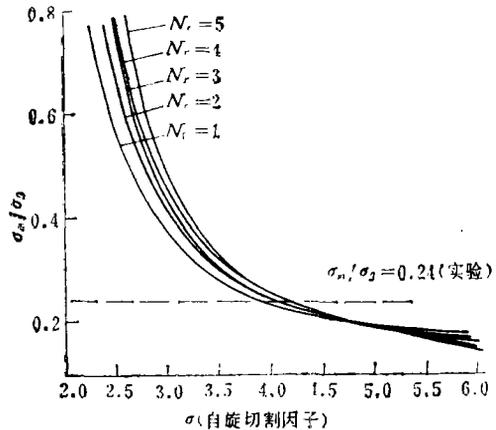


图 4 ^{85}Sr 的 σ_m/σ_g 随 σ 及 γ 变化的理论曲线

分别将实验值与理论值进行比较, 得到 ^{44m}Sc 的自旋切割因子 $\sigma = 2.88$, 与已报道的值相符合. 而对于 ^{85m}Sr 得到的自旋切割因子 $\sigma = 4.0$, 比文献 [12] 给出的 $\sigma = 3.0 \pm 0.5$ 偏低, 而与文献 [11] 给出的 $\sigma = 3.5$ 接近, 但截面值相差较大, 因此有待进一步的研究.

表4 ^{85}Sr 的 σ_m/σ_g 的理论计算值

σ	2.0	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	4.0	5.0	6.0
1	1.131	0.569	0.447	0.387	0.321	0.293	0.240	0.198	0.171
2	1.410	0.664	0.490	0.413	0.330	0.304	0.242	0.193	0.166
3	1.746	0.730	0.524	0.438	0.361	0.310	0.250	0.189	0.161
4	1.871	0.771	0.558	0.462	0.367	0.324	0.251	0.186	0.153
5	2.092	0.929	0.580	0.487	0.380	0.326	0.255	0.184	0.152

参 考 文 献

- [1] J. R. Huizenga and R. Vandenbosch, *Phys. Rev.*, **120**(1960), 1305;
R. Vandenbosch and J. R. Huizenga, *Phys. Rev.*, **120**(1960), 1313.
- [2] 卢涵林等, 高能物理与核物理 **3**(1979), 88.
- [3] 马惠芳, 杨振国, 葛凌霄, 高能物理与核物理, **6**(1982), 373.
- [4] 马鸿昌, 李际周等, 原子核物理, **2**(1980), 47.
- [5] T. H. Kao and W. L. Alford, *Nucl. Phys.*, **A237**(1975), 11.
- [6] D. R. Nethaway, *Nucl. Phys.*, **A190**(1972), 635.
- [7] B. P. Bayhurst et al., *Phys. Rev.*, **C12**(1975), 451.
- [8] J. Karolyi, J. Csikai and G. Peto, *Nucl. Phys.*, **A122**(1968), 234.
- [9] S. Pearlstein, *Nucl. Sci. Eng.*, **23**(1965), 238.
- [10] S. K. Mukherjee, A. K. Ganguly and N. K. Majumber, *Proc. Phys. Soc.*, **77**(1961), 508.
- [11] P. K. Eapen and G. Nsalaita, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **37**(1975), 1121.
- [12] B. Minetti and A. Pasquarelli, *Nucl. Phys.*, **A118**(1968), 449.
- [13] P. Strohal, N. Cindro and B. Eman, *Nucl. Phys.*, **30**(1962), 49.
- [14] W. L. Hafner, J. R. Huizenga and R. Vandenbosch, ANL-6662(1962).

MEASUREMENT OF ISOMERIC CROSS-SECTION RATIO

MA HUI-FANG YANG ZHEN-GUO GE LIN-XIAO

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The isomeric absolute cross-section and cross-section ratio have been measured by the direct activation method for the $^{45}\text{Sc}(n, 2n)^{44m,g}\text{Sc}$ reaction and $^{85}\text{Sr}(n, 2n)^{85m,g}\text{Sr}$ reaction induced by 14.8 ± 0.4 MeV neutrons. The experimental results are compared with the theoretical ones calculated by Huizenga-Vandenbosch theory and the spin cut-off parameter σ is determined.