

# $\gamma$ 跃迁多极混合比和内转换系数计算

周春梅

(中国原子能科学研究院, 北京102413)

## 摘 要

简要地描述了, 由实验测量某一壳层内转换系数计算其多极混合比  $\delta$  和 K、L、M、N、O 壳内转换系数  $\alpha_K, \alpha_L, \alpha_M, \alpha_{N+O}$  及总内转换系数  $\alpha$  的方法。

## 一、引 言

在核结构和衰变数据的实验研究及核数据评价中,  $\gamma$  射线的强度平衡和约化跃迁几率计算是重要的. 为此, 需要知道多极混合比  $\delta$  和内转换系数  $\alpha$  等. 通常, 实验上只测量某一壳的内转换系数. 本文主要目的是, 研究从测量某一壳的内转换系数计算它的多极混合比  $\delta$ , 及其 K、L、M、N 和 O 壳的内转换系数  $\alpha_K, \alpha_L, \alpha_M, \alpha_{N+O}$  和总内转换系数  $\alpha$  的有关方法.

## 二、计 算

K、L、M、N 和 O 壳的理论内转换数据表见文献[1, 2]. 为利用该表数据已编制了计算程序 HSICC<sup>[3]</sup>. 它是根据样条拟合该表有关数据, 通过内插方式计算所需内转换系数的.

如果某一核素的  $\gamma$  跃迁能量  $E_\gamma$  已知, 可用 HSICC 程序计算  $M_1, M_2, M_3, M_4, E_1, E_2, E_3$  和  $E_4$  多极中的某一个多极  $\gamma$  跃迁的 K、L、M、N 和 O 壳的内转换系数  $\alpha_K, \alpha_L, \alpha_M$  和  $\alpha_{N+O}$  及总的内转换系数  $\alpha$ . 其内插不确定度为3%至5%.

### 1. 内转换系数

对  $L$  多极  $\gamma$  跃迁, 总内转换系数  $\alpha(L)$  是 K、L、M、N 和 O 壳的内转换系数  $\alpha_K(L), \alpha_L(L), \alpha_M(L)$  和  $\alpha_{N+O}(L)$  之和,

$$\begin{aligned}\alpha(L) &= \alpha_K(L) + \alpha_L(L) + \alpha_M(L) + \alpha_{N+O}(L) \\ &= \sum_{i=K}^O \alpha_i(L)\end{aligned}\quad (1)$$

对  $L+1$  多极  $\gamma$  跃迁, 如同  $L$  多极, 有

$$\alpha(L+1) = \alpha_K(L+1) + \alpha_L(L+1) + \alpha_M(L+1) + \alpha_{N+O}(L+1)$$

$$= \sum_{i=K}^0 \alpha_i(L+1). \quad (2)$$

对于混合比为  $\delta$  的  $L$  和  $L+1$  多极混合  $\gamma$  跃迁, 不同壳的内转换系数  $\alpha_i(\delta)$  可由(3)式计算,

$$\alpha_i(\delta) = \frac{\alpha_i(L) + \delta^2 \alpha_i(L+1)}{1 + \delta^2}, \quad (3)$$

而总的内转换系数  $\alpha(\delta)$  则由(4)式计算,

$$\alpha(\delta) = \sum_{i=K}^0 \alpha_i(\delta) = \frac{\alpha(L) + \delta^2 \alpha(L+1)}{1 + \delta^2}. \quad (4)$$

在上述各式中,  $i=k, L, M, N$  和  $O$  壳.

## 2. 不确定度

如上所述, 对  $L$  (或  $L+1$ ) 多极  $\gamma$  跃迁,  $\alpha_i(L)$  和  $\alpha(L)$  的内插不确定度为 3% 至 5%.

对  $L$  与  $L+1$  多极混合的  $\gamma$  跃迁,  $\alpha_i(\delta)$ 、 $\alpha(\delta)$  和  $\delta$  的不确定度原则上是按所含其上限和下限区间给出的. 为此, 利用(3)式和(4)式计算如下有关量: (a) 相对应的“中值”; (b) 相对应的上限值; (c) 相对应的下限值.

通常,  $\alpha_i(\delta)$  和  $\alpha(\delta)$  的实验不确定度是对称的 (例如,  $\alpha \pm \Delta\alpha$  的形式), 但是由  $\alpha_i(\delta)$  计算的混合比  $\delta$  的不确定度  $\Delta\delta$  是不对称的 (例如, 上限为  $\delta + \Delta\delta_1$  和下限为  $\delta - \Delta\delta_2$  的  $\delta \pm \Delta\delta_2$  的形式).

## 三、方 法

对  $L$  与  $L+1$  多极混合的  $\gamma$  跃迁 (例如,  $M1+E2, E1+M2, M2+E3, E3+M4, \dots$ ), 如下两种情况是常出现的.

### 1. 测量某一壳的内转换系数

如果测量  $K$  壳的内转换系数为  $\alpha_{k(\text{exp})}$ , 而  $L$  与  $L+1$  多极  $\gamma$  跃迁的  $K$  壳的理论内转换系数分别为  $\alpha_K(L)$  和  $\alpha_K(L+1)$ , 其混合比为  $\delta$ , 则由(3)式得,

$$\alpha_{K(\text{exp})} = \frac{\alpha_K(L) + \delta^2 \alpha_K(L+1)}{1 + \delta^2}, \quad (5)$$

由(5)式导出,

$$\delta = \left\{ \frac{\alpha_{k(\text{exp})} - \alpha_K(L)}{\alpha_K(L+1) - \alpha_{k(\text{exp})}} \right\}^{1/2}, \quad (6)$$

(6)式中的  $\alpha_K(L)$  和  $\alpha_K(L+1)$  分别是用 HSICC 程序计算的.

求出了  $\delta$  值后, 就可分别利用(3)和(4)式计算  $\alpha_i(\delta)$  和  $\alpha(\delta)$  值, 如同表1所示.

从表1可以看出, 其  $\alpha_i(\delta)$ 、 $\alpha(\delta)$  和  $\delta$  之间是完全自洽的.

### 2. 测量次壳层内转换电子强度比

如果  $R(a/b)$  是  $a$  和  $b$  次壳 (例如  $L_1/L_3, K/L_2, \dots$ ) 的内转换电子强度比的测量值,  $\alpha_a(L)$ 、 $\alpha_a(L+1)$ 、 $\alpha_b(L)$  和  $\alpha_b(L+1)$  分别为  $L$  和  $L+1$  多极跃迁的  $a$  和  $b$  次壳的理论内转换系数, 其混合比为  $\delta$ , 由(3)式得:  $R(a/b) = \frac{\alpha_a(L) + \delta^2 \alpha_a(L+1)}{\alpha_b(L) + \delta^2 \alpha_b(L+1)}$ , (7)

$$\text{由(7)式导出: } \delta = \left\{ \frac{\frac{\alpha_a(L)}{\alpha_b(L)} - R(a/b)}{R(a/b) - \frac{\alpha_a(L+1)}{\alpha_b(L+1)}} \times \frac{\alpha_b(L)}{\alpha_b(L+1)} \right\}^{1/2}, \quad (8)$$

通常, (8)式中的  $\alpha_a(L)$ ,  $\alpha_a(L+1)$ ,  $\alpha_b(L)$  和  $\alpha_b(L+1)$  分别是用内插列表数据<sup>[5]</sup>得到的.

表1  $^{198}\text{Hg}$  226.3KeV  $M1+E2$   $\gamma$  跃迁内转换系数.

多极性	HSICC		计算*	实验 <sup>[4]</sup>	本工作
	M1	E2	E2	M1+E2	M1+E2
$\delta$					0.50 <sup>+0.29</sup> -0.38
$\alpha_K$	0.668		0.1263	0.56±0.10	0.56±0.10
$\alpha_L$	0.1123		0.1009		0.110±0.002
$\alpha_M$	0.0261		0.0258		0.0260±0.0001
$\alpha_{N+O}$	0.0083		0.0081		0.0083±0.0001
$\alpha$	0.814		0.261		0.70±0.11

\* 不确定度3%至5%未包括在表内数据中.

求出了其混合比  $\delta$  后, 可分别利用(3)和(4)式计算内转换系数  $\alpha_i(\delta)$  和  $\alpha(\delta)$ , 如表2所示.

从表2可看出,  $\alpha_i(\delta)$ ,  $\alpha(\delta)$  和  $\delta$  之间是完全自洽的.

表2  $^{168}\text{Er}$  146.3keV  $M1+E2$   $\gamma$  跃迁内转换系数

多极性	HSICC		计算*	实验 <sup>[6]</sup>	本工作
	M1	E2	E2	M1+E2	M1+E2
$\delta$					1.9 <sup>+0.4</sup> -0.9
$\alpha_K$	0.827		0.401		0.49±0.03
$\alpha_L$	0.123		0.261	0.70±0.10**	0.231±0.009
$\alpha_M$	0.0273		0.0626		0.0549±0.0011
$\alpha_{N+O}$	0.0079		0.0174		0.0154±0.0006
$\alpha$	0.985		0.743		0.795±0.049

\* 不确定度3%至5%未包含在表内数据中.

\*\* 是次壳  $L_1$  和  $L_3$  的内转换电子强度比值  $R(L_1/L_3)$ .

#### 四、结论和讨论

如上可以看出;

1) 本文采用了核结构和衰变数据评价国际协作网推荐的 Hager 等人的理论内转换系数作标准数据. 这与其它许多实验者在实验测量中采用的相对测量的归一化数据不同.

这对实用核谱学是很重要的；

2) 本文是采用 Hager 等人的理论内转换系数去拟合某一壳层的实验测量内转换系数数值,以求出其多极混合比值  $\delta$ ,然后再用有关公式计算出  $\alpha_K$ 、 $\alpha_L$ 、 $\alpha_M$ 、 $\alpha_{N+O}$  和  $\alpha$  值的.这在核谱实验测量和数据分析中都是很有用的计算方法；

3) 本文所采用的计算方法的计算结果是完全自洽的.这点在数据分析和数据评价中显得特别重要.

应特别指出的是,本文所采用的计算方法已经在我国承担的 A 链核结构数据评价中得到了实际应用<sup>[7]</sup>,并得到国际同行的肯定.

根据上述理由,我们认为本文采用的计算方法对我国核谱学工作有一定的参考价值,或者说,是适用的.因此,也希望他们能采用本文采用的计算方法,以便得到最满意的结果.

### 参 考 文 献

- [1] R. S. Hager, et al., *Nuclear Data*, **A4**(1968), 1.
- [2] O. Dragoun, et al., *Nuclear Data*, **A9**(1971), 119.
- [3] J. K. Tuli, et al., Private Communication, (1988).
- [4] A. Pakkanen, et al., *Nuclear Physics*, **A172**(1971), 193.
- [5] F. Rosel, et al., *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **21**, 291(1978).
- [6] L. Shreckenbach, et al., *Physics Letters*, **B94**(1980), 298.
- [7] Zhou Chunmei, *Nuclear Data Sheets*, **50**(1987), 351; *Nuclear Data Sheets*, **57**(1989), 1; *Nuclear Data Sheets*, **60**(1990), 527; *Nuclear Data Sheets*, **62**(1991), 433.

## Calculation of Multipolarity Mixing Ratio and Internal Conversion Coefficients for $\gamma$ Transition

ZHOU CHUNMEI

(Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

### ABSTRACT

Briefly described are the calculation methods of the multipolarity mixing ratio  $\delta$ , the internal conversion coefficients  $\alpha_K$ ,  $\alpha_L$ ,  $\alpha_M$ , and  $\alpha_{N+O}$  of K, L, M, N and O shell, and the total internal conversion coefficient  $\alpha$  for a  $\gamma$  transition from measured internal conversion coefficient for one of shells.