

14.7MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布

孙彤玉 李文新 董天荣 傅民

(中国科学院近代物理研究所, 兰州)

摘 要

使用 Ge(Li) γ 射线能谱法以及放射化学法测定了 14.7MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变中从 ^{78}Ge 到 ^{151}Pm 共 57 个裂变产物的产额。从中得到 44 个质量数的链产额及质量分布曲线, 其中 12 个链产额尚未见文献公开发表。在质量数 134 处存在精细结构。质量分布的峰谷比为 3.6, 轻峰和重峰平均质量分别为 91.3 和 138.1。质量分布对称区存在明显的第三小峰, 其裂变产额占总产额的 14.0%。

引 言

1960 年 Vlasov 等人首先测定了 14MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变的产额^[1]。因为没有测定 $A = 131 - 135$ 质量区相邻质量链的产额, 未能得到质量分布的精细结构。1964 年 Broom 测定了 ^{232}Th 裂变中 17 个裂变产物的产额, 指出精细结构在 $A = 134$ 处^[2]。随后有人测定了包括对称区在内的若干裂变产额^[3,4]。虽然在这以前已经证明堆中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布在对称区存在一个第三小峰^[5], 但一直到 Ganapathy 和 Kuroda 测定了对称区 8 个裂变产物的产额才明确指出, 14MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布对称区也存在第三小峰^[6]。此后, 一些研究工作致力于对称区裂变产物的产额测定, 以验证第三峰的存在, 同时也填补了尚未测定过的裂变产额^[7-9]。另一方面, Nathaway 等人测定了产额很低的 ^{66}Ni 到 ^{72}Zn 以及 ^{153}Sm 到 ^{157}Eu 等裂变产物的产额, 指出质量分布的二翼和高斯曲线相符^[10]。Thein 等人测定了稀土和钷的裂变产额, 确定了重峰右翼的斜率^[11], 而轻峰左翼的斜率则在文献[12]和[13]中作了报道。所有这些测量结果曾被几位作者编评过^[14-16]。

仔细考察 14MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布, 迄今还没有一个实验在较宽的质量范围内系统地测定过裂变产物的产额, 此外, 在双峰区裂变产额也仅有一次或两次实验结果, 尤其是精细结构 $A = 134$, 只测定过唯一的一次。本工作使用 γ 射线能谱法及放射法测定了 14.7MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变中质量数在 77 到 151 范围内 57 个裂变产物的产额, 从中得到 44 个质量数的链产额, 因而能描绘出比较完整的质量分布曲线。

实 验

1. 样品辐照

在用 γ 能谱法实验中, 将大约 800 毫克的硝酸钍(分析纯试剂), 置于有机玻璃圆盒内, 并压成薄片. 圆盒四周用 1 毫米厚的金属箔覆盖后, 在近代物理研究所 600 千伏高压倍加器上进行辐照, 通过 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应产生的中子的平均能量为 $14.7 \pm 0.4\text{MeV}$. 典型的中子总输出为 2×10^{11} 中子/秒. 实验共进行两次, 一次是专门用于测定较短半寿命核素的产额, 辐照时间为 10 分钟, 另一次辐照 210 分钟.

用放化分离测定长寿命的 ^{103}Ru , ^{106}Ru 和 ^{137}Cs 的实验中, 辐照样品的硝酸钍重约 6 克, 照射时间为 3—5 小时, 实验工作重复了 3 次.

2. 裂变产额测定

裂变产物的 γ 活性用 60cm^3 的 $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器和 Multi-20 组成的 4096 道 γ 谱仪测量. 谱仪对 ^{60}Co 的 1.332MeV γ 线的分辨 (FWHM) 为 2.0keV . γ 探测器的效率用原子能所提供的一套 γ 标准源刻度, 并用 ^{152}Eu 放射源得到的相对效率曲线进行核对. 效率误差估计为 3—6%. 测量样品和探测器表面距离为 4cm.

为了提高裂变产物 γ 活性测量统计精度, 对 10 分钟的辐照样品, 连续跟踪测量 30 小时; 对 210 分钟的辐照样品, 测量持续 1 个月. 总共获取了 49 个 γ 谱, 这些复杂的 γ 谱在 PDP-11/44 计算机上用解谱程序 GAMAPU^[17] 分析. 对于强度较弱而又特别感兴趣的 γ 线, 使用 LEONE 程序分析^[18]. 从中挑选出感兴趣的裂变产物的特征 γ 射线活性, 由此得到的 γ 活性蜕变曲线, 在 Tektronix-4014 图象显示终端上用最小二乘分析程序 TAU85 分解^[19], 从而得到这些裂变产物在照射结束时的活性强度, 并对 γ 射线探测效率, 绝对 γ 射线发射强度 I_γ , 照射的饱和度以及 γ 射线在样品中的自吸收进行修正, 然后计算产物的裂变产额. 在我们所研究的裂变产物核的 γ 射线能量范围内自吸收修正因子为 0.89—1.0. 计算产额用的有关核数据列在表 1 中, 除了专门指出的以外, 这些数据引自文献[20]. 计算 ^{84}Br 、 ^{89}Rb 、 ^{94}Y 和 ^{134}I 的产额时, 还必须考虑放射性生长和蜕变关系而作相应修正. 在长照射的实验中裂变产物以 ^{99}Mo 为参考核 (裂变产额取 2.0%^[11]) 计算产额. 在短照射的实验中, 裂变产物以长辐照实验测定的 ^{135}I 产额进行归一. 计算误差时考虑了由此引起的 3.4% 的附加误差.

半寿命较长的 ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{125}Sb 和 ^{137}Cs 的裂变产额是经放化分离后测量 γ 活性获得的. 这些数据是我们研究裂变的电荷分布中附带的实验结果^[22]. 其中, ^{105}Ru 为参考核, 然后进一步归一到直接 γ 能谱法所得到的实验值.

对于 ^{77}Ge , 考虑了其母体 ^{77}Ga 和 $^{77\text{m}}\text{Ge}$ 蜕变的分支比之后^[20], 计算 ^{77}Ge 的总累积产额. ^{113}Ag 总累积产额根据 ^{113}gAg 的实验值并使用其母体 ^{113}Pd 的 90% β 蜕变分支比计算^[23]. 假定 ^{115}gCd 同质异能素截面比 $(m+g)/g$ 为 1.10 ± 0.05 (文献[16]中几个裂变体系的平均值), 可以获得 ^{115}Cd 的总累积产额. ^{128}Sn 蜕变只形成 $^{128\text{m}}\text{Sb}$, 后者只有 3.6% 分支比通过同质异能跃迁到 ^{128}gSb , 由计算的 ^{128}Sb 同质异能素截面比 $Y_m/Y_g = 1.38$ ^[24], 可

表 1 有关裂变产物的蜕变性质

核素	半寿命	E_{γ} (keV)	I_{γ} (%)	核素	半寿命	E_{γ} (keV)	I_{γ} (%)
^{77}Ge	11.3 小时	210.8	30.4	^{127}Sn	2.1 小时	1095.6	19.0
^{78}Ge	1.45 小时	277.3	96.0			1114.3	38.0
^{83}Se	22.5 分	356.7	68.6	^{127}Sb	3.85 天	473.0	25.0
^{84}Br	31.8 分	881.6	41.6			685.7	35.7
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4.48 小时	151.0	75.2	^{128}Sn	59.1 分	482.3	58.0
		304.5	14.0	$^{128\text{g}}\text{Sb}$	9.01 小时	754.0	100.0
^{87}Kr	76.4 分	402.7	49.7	^{129}Sb	4.32 小时	544.7	18.1
^{88}Kr	2.84 小时	196.3	26.3			812.8	43.5
		834.8	13.1	$^{130\text{g}}\text{Sb}$	40 分	330.9	78.0
^{89}Rb	15.4 分	1031.9	63.6			793.4	100.0
		1248.1	46.7	^{131}Sb	23.0 分	943.4	44.0
^{91}Sr	9.48 小时	749.8	23.0	^{131}I	8.04 天	364.5	81.2
		1024.3	32.5			637.0	7.27
^{92}Sr	2.71 小时	430.6	3.3	^{132}Te	78.2 小时	228.2	88.1
		1383.9	90.0			667.7 ^b	102.0 ^b
^{93}Y	10.1 小时	266.9	6.98			772.1 ^b	78.7 ^b
		947.1	1.94	$^{133\text{m}}\text{Te}$	55.4 分	647.4	15.6
$^{94}\text{Y}^{\text{a}}$	19 分	919.2	49.0			912.6	45.8
^{95}Zr	64.0 天	756.7	55.4	$^{133\text{g}}\text{I}$	20.8 小时	529.9	87.0
^{97}Zr	17.0 小时	657.9 ^b	106.0 ^b			875.3	4.51
		743.4 ^b	92.7 ^b	^{134}Te	41.8 分	278.0	21.7
^{99}Mo	66.0 小时	181.1	6.82	$^{134\text{g}}\text{I}^{\text{c}}$	52.6 分	595.4	11.4
($^{99\text{m}}\text{Tc}$) ^c	6.02 小时	140.5	87.6			847.0	95.4
^{101}Mo	14.6 分					884.1	65.3
(^{101}Tc) ^c	14.2 分	306.8	88.2	^{135}I	6.61 小时	1072.5	15.3
^{103}Ru	39.4 天	497.1	86.4			1131.5	22.5
^{103}Ru	4.44 小时	469.4	17.6	^{137}Cs	30.2 年	1260.4	28.6
		676.4	15.7	^{138}Xe	14.1 分	661.6	85.1
		724.2	47.6	^{138}Cs	32.2 分	258.3	31.5
^{104}Ru	368 天	511.8	20.6			462.8	30.7
^{107}Rh	21.7 分	302.8	67.0			1009.8	29.8
$^{111\text{g}}\text{Ag}$	7.47 天	342.1	6.68	$^{139}\text{Ba}^{\text{a}}$	1.42 小时	1435.9	76.3
^{112}Pd	21.05 小时	617.4 ^b	49.9 ^b			165.8	18.8
		1387.7 ^b	6.24 ^b	$^{140}\text{Ba}^{\text{a}}$	12.79 天	537.3	24.0
$^{113\text{g}}\text{Ag}$	5.37 小时	298.4	9.46	(^{140}La) ^c	40.2 小时	487.0	43.0
		316.1	1.29			1596.5	95.5
$^{113\text{b}}\text{Cd}$	53.5 小时	336.3 ^b	49.7 ^b	^{141}Ce	32.5 天	145.4	48.4
		492.4	8.03	^{141}La	3.93 小时	1354.3	2.63
		527.9	27.5	^{142}La	1.55 小时	641.2	53.0
$^{117\text{m}}\text{Cd}$	3.4 小时	158.6 ^b	106.0 ^b			894.8	9.4
		552.9 ^b	122.0 ^b	$^{143}\text{Ce}^{\text{a}}$	33.0 小时	293.3	43.4
$^{117\text{g}}\text{Cd}$	2.4 小时	273.3	29.0	^{146}Pr	24.1 分	453.8	48.0
		344.5	17.7	^{147}Nd	11.1 天	531.0	13.3
$^{123\text{m}}\text{Sn}$	40.1 分	160.3	85.4	^{149}Nd	1.73 小时	211.3	27.3
$^{123\text{g}}\text{Sn}$	9.64 天	915.5	3.9			270.2	10.7
$^{125\text{m}}\text{Sn}$	9.52 分	331.9	94.8	^{151}Pm	28.4 小时	340.1	22.4
^{125}Sb	2.77 年	427.9	30.4				

注: a. γ 蜕变性质取自文献[21]; b. 平衡子体发射的 γ 射线; c. 与母核组成生长-蜕变类型的蜕变曲线。

表2 14.7MeV 中子诱发 ^{232}Th 裂变产物产额

核素	裂 变 产 额 (%)							
	本 文	[1]	[2]	[3]	[4,7]	[6,10]	[8,11,12]	[9,13]
^{76}Ge	0.03 ± 0.01						0.07	0.10
$A = 77$	0.16 ± 0.06^a							
^{78}Ge	0.17 ± 0.08						0.11	
^{83}Se	1.00 ± 0.22^b							
^{84}Br	3.76 ± 0.43			1.86				
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	3.80 ± 0.17							
^{87}Kr	4.57 ± 0.23							
^{88}Kr	4.58 ± 0.31							
^{89}Rb	5.36 ± 0.28							
(^{89}Sr)		6.7	6.03					
^{91}Sr	5.71 ± 0.31		5.52					
(^{91}Y)		5.2		6.5			5.94	
^{92}Sr	5.31 ± 0.19		5.58					
^{93}Y	5.44 ± 0.28			5.80		5.3	5.76	
^{94}Y	5.09 ± 0.27							
^{95}Zr	4.95 ± 0.26	6.7						
^{97}Zr	3.75 ± 0.11			3.80				
^{99}Mo	2.27 ± 0.20	2.0	1.96	1.84	2.0	2.0	2.0	
^{101}Mo	1.51 ± 0.17							
^{103}Rn	0.87 ± 0.09^c					0.75	0.83	
^{105}Rn	1.01 ± 0.04			1.21		0.92	1.00	
^{106}Rn	1.11 ± 0.14^c					1.07		
^{107}Rh	0.97 ± 0.27							
^{111}Ag	1.55 ± 0.09	1.27	1.13	1.50	1.85	1.50	1.21	1.02
^{112}Pd	1.72 ± 0.06				1.77		1.32	
(^{112}Ag)			1.32	1.29				1.18
^{113}Ag	1.53 ± 0.07		1.10	1.26	1.34	1.20	1.26	1.09
$A = 113$	1.69 ± 0.13^a							
^{115}Cd	1.40 ± 0.05	1.07			1.5		1.20	1.12
$A = 115$	1.58 ± 0.05^a							
(^{115}Ag)			1.72			1.24		0.94
^{117}Cd	0.79 ± 0.06							
$^{117\text{m}}\text{Cd}$	0.67 ± 0.10							
$A = 117$	1.45 ± 0.12^a							
$^{123\text{m}}\text{Sn}$	0.55 ± 0.06^b							
^{125}Sn	0.48 ± 0.18				0.58		0.52	
$^{125\text{m}}\text{Sn}$	0.50 ± 0.25							
^{125}Sb	0.80 ± 0.07							
$A = 125$	0.80 ± 0.07							
^{127}Sn	0.77 ± 0.035							
^{127}Sb	1.15 ± 0.07				1.21			
^{128}Sn	0.69 ± 0.05							
^{128}Sb	0.24 ± 0.02							
$A = 128$	1.20 ± 0.09^a							
^{129}Sb	1.14 ± 0.06			1.19				

表(2)续

核 素	裂 变 产 额 (%)							
	本 文	[1]	[2]	[3]	[4,7]	[6,10]	[8,11,12]	[9,13]
^{130g}Sb	0.58 ± 0.03^b							
^{131}Sb	2.06 ± 0.19							
^{131}I	2.18 ± 0.27		1.59					
$A = 131$	2.18 ± 0.27							
^{132}Te	3.55 ± 0.16	2.8			2.2			
(^{132}I)			3.10	3.05				
^{133m}Te	2.72 ± 0.21^b							
^{133g}I	5.16 ± 0.22		3.78					
^{134}Te	4.93 ± 0.17							
^{134}I	0.98 ± 0.19^d							
$A = 134$	5.51 ± 0.31		6.69					
^{135}I	5.24 ± 0.18		4.74					
^{137}Cs	5.81 ± 0.41^c							
^{138}Xe	5.80 ± 0.30							
^{138g}Cs	5.47 ± 0.58							
$A = 138$	5.64 ± 0.44							
^{139}Ba	6.13 ± 0.52		5.34					
^{140}Ba	5.91 ± 0.52		5.97			5.8		
^{141}Ce	4.53 ± 0.49	5.9					5.78	
^{141}La	4.28 ± 0.21							
$A = 141$	4.53 ± 0.49							
^{142}La	5.62 ± 0.16							
^{143}Ce	5.29 ± 0.70			5.44			5.26	
^{145}Ce	2.79 ± 0.52							
^{147}Nd	1.64 ± 0.16					1.81	1.70	
^{149}Nd	0.61 ± 0.03							
(^{149}Pm)							0.66	
^{151}Pm	0.20 ± 0.01						0.16	

注: a. 根据母体的 β 蜕变或同质异能素跃迁分支比计算。见正文;

b. 只测定了一个同质异能素的产额;

c. 来自化学分离的实验结果;

d. 该产额为独立产额。

以计算 ^{128m}Sb 独立产额, $A = 128$ 的总链产额为 ^{128}Sn 的累积产额和 ^{128m}Sb 以及 ^{128g}Sb 的独立产额之和。

根据测定的累积产额, 构作质量分布曲线, 没有考虑电荷分布影响的修正。未测定到的质量产额由实验值内插或外推得到。把整个质量分布归一到 200% 的总裂变产额, 从而得到各个裂变产物的绝对裂变产额。本工作中只有约 30.5% 的总裂变产额未测到, 因此, 这样归一化程序引起裂变产额不确定性估计为 2%^[21]。

结 果 和 讨 论

本工作一共测定了 57 个裂变产物的产额, 从这些结果得到 44 个质量数的链产额, 这

些产额组成了总裂变产额的138.7%，占总产额的69.5%（总产额为200%）。表2列出了本工作的测量结果以及14MeV中子诱发 ^{232}Th 裂变中迄今我们收集到可用来比较的全部文献值。给出的误差为实验标准偏差。这由实验中各项偏差经误差传递公式计算。最大误差是由于弱的 γ 峰计数统计性较差，在用最小二乘法拟合蜕变曲线时引起的。对于引用的绝对 γ 射线发射强度 I_γ 也有较大的不确定性，但不包括在本实验给出的误差之内。根据测定的44个质量链产额描绘的质量分布曲线见图1。

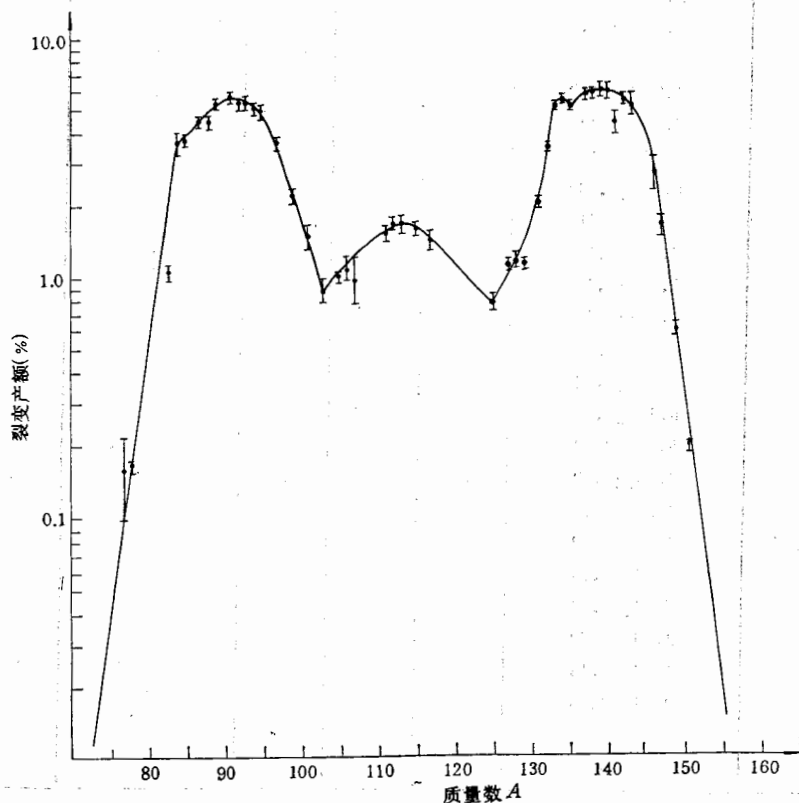


图1 14.7MeV中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布

从表2和图1可以看到，在14MeV中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布中，本工作测定的质量范围最广，数据最完整。其中 $^{85\text{m}}\text{Kr}$ 、 ^{87}Kr 、 ^{88}Kr 、 ^{89}Rb 、 ^{94}Y 、 ^{101}Mo 、 ^{107}Rh 、 $^{128}\text{Sn} + ^{128}\text{Sb}$ 、 ^{137}Cs 、 ^{138}Xe (^{138}Cs)、 ^{142}La 、 ^{146}Ce 等共12个质量数的链产额是第一次测定的（我们在14.7MeV中子引起 ^{232}Th 裂变的电荷分布研究中，曾首次报道了 $^{117\text{m}}\text{Cd}$ 、 $^{117\text{s}}\text{Cd}$ 和 ^{125}Sb 等3个产物的累积产额^[22]）。一般说来，实验结果基本和文献值相符。本工作把总裂变产额归一到200%，得到 ^{99}Mo 绝对裂变产额为 2.27 ± 0.20 ，此值比Broom以及Ganaphthy等人用绝对测量得到的 1.96 ± 0.15 和 2.00 ± 0.10 偏高。测量值和文献值分歧主要在质量分布轻峰左翼（ $^{77\text{s}}\text{Ga}$ 和 ^{84}Br ）、重峰左翼（ $A = 131 - 135$ ）、 ^{95}Er 、 ^{141}Ce 和 $A = 134$ 的累积产额。根据本工作得到的质量分布曲线，计算了轻峰、重峰和对称区的裂变产额分别为83%、89%和28%，其中实验测定值分别为57.3%、69.5%和11.9%。换言之，在14.7MeV中子诱发 ^{232}Th 裂变中，对称区裂变几率占总裂变的14%，比Ganaphthy等测定的13%

稍起

中精
产
处
本
分
表

同

[1]
[2]
[3]
[4]
[5]
[6]
[7]
[8]
[9]
[10]
[11]
[12]
[13]
[14]

稍高^[6]。轻峰和重峰裂变产额的差别是因为对称区第三小峰不完全对称, 导致估计重峰起始质量数的困难引起的。

Glendenin 等人曾测定了 2.0, 3.0, 4.0, 5.9, 6.4, 6.9, 7.6 和 8.0 MeV 基本上是单能的中子诱发 ^{232}Th 裂变的质量分布^[21]。结果表明, 在接近质量数 90, 96, 134 和 140 处存在精细结构, 而且随着入射中子能量增加, 精细结构逐渐趋于消失, 而峰谷比(注: 高峰最高产额和 $A = 115$ 的裂变产额之比)迅速下降。从图 1 的质量分布可以看到, 在质量数 134 处存在精细结构, 但 $A = 134$ 的累积产额为 5.51 ± 0.31 比文献[2]测定的 6.69 低得多。本工作得到的质量分布峰谷比为 3.6, 轻峰和重峰的平均质量数(按 $\sum A_i Y_i / \sum Y_i$ 计算)分别为 91.3 和 138.1, 这些结果和 Glendenin 等人得到的质量分布特征一起列在表 3 中。从表 3 可见, 似乎本工作的测定结果和较低入射中子能量实验结果保持较好的系统性。

表 3 $^{232}\text{Th}(n, f)$ 反应质量分布特征

$E_n(\text{MeV})$	峰谷比	平均质量 (u)		ν^a	文 献
		轻 峰	重 峰		
2.0	1600	90.9	139.8	2.3	[21]
3.0	300	91.2	139.4	2.4	[21]
4.0	70	91.3	139.1	2.6	[21]
5.9	25	91.9	138.4	2.7	[21]
6.4	30	91.1	138.9	3.0	[21]
6.9	35	90.5	139.1	3.4	[21]
7.6	25	90.8	138.9	3.3	[21]
8.0	20	90.9	138.8	3.3	[21]
14.7	5	93.3	135.8	3.9	编评值[15,16]
14.7	3.6	91.3	138.1	3.6	本文

a. 根据质量平衡计算的每次裂变发射的平均中子数。

作者对本所高压倍加器, Multi-20, PDP 11/44 运行组全体人员以及软件组葛元秀同志给予的协作和帮助表示深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] V. A. Vlasov et al., AEC-tr-4665(1960).
- [2] K. M. Broom, *Phys. Rev.*, **133B**(1964), 874.
- [3] S. T. Lyle, G. R. Martin and J. E. Whitley, *Radiochimica Acta* **3**(1964), 80.
- [4] A. Wyttenback and H. R. Von Gunten, In *Phys. Chem. of Fission Vol. I*, Int. At. Energy Ass., (1965) 333, Vienna.
- [5] R. H. Lye et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **25**(1963), 465.
- [6] R. Ganapathy and P. K. Kuroda, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **28**(1966), 2071.
- [7] T. Mo and M. N. Rao, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **30**(1968), 345.
- [8] L. H. Gevaert and R. E. Jervis, *Can. J. Chem.*, **48**(1970), 641.
- [9] S. A. Rao, *Phys. Rev.*, **C5**(1972), 171.
- [10] D. R. Nethaway, B. Mendoza and T. E. Voss, *Phys. Rev.*, **182**(1969), 1251.
- [11] M. Thein, M. N. Rao and P. K. Kuroda, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **30**(1968), 1145.
- [12] D. J. Swindle et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **33**(1971), 651.
- [13] L. R. Battles and D. M. Chittenden, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **35**(1973), 3075.
- [14] K. F. Flynn and L. F. Glendenin, ANL-Rep-7749(1970).

- [15] E. A. C. Crouch, *At. Data Nucl. Data Table*, **19**(1977), 419.
 [16] M. E. Meek and B. F. Rider, General Electric Vallecitos Nuclear Center Report No. NEDO-12154-2, 1977.
 [17] 赵欣源, 近代物理研究所科学技术报告汇编, 第四集, (1980), 71 页.
 [18] 孙相富、孙锡军、葛元秀, 近代物理研究所, 1984 年年报, (1985), 98 页.
 [19] 李文新, “用于蜕变曲线分解的二个计算机程序”, 近代物理研究所 1985 年年报, (待发表).
 [20] U. Reus et al., *Gamma-Ray Catalog*. GSI-Report 79-2.
 [21] L. E. Glendenin et al., *Phys. Rev.*, **C22**(1980), 152.
 [22] 李文新等, 高能物理与核物理, **11**(1987), 376.
 [23] I. Winkelmann and D. C. Aumann, *Phys. Rev.*, **C30**(1984), 934.
 [24] H. N. Erten, A. Grütter, E. Rössler and H. R. Von Gunten, *Phys. Rev.*, **C25**(1982), 2519.

MASS DISTRIBUTION IN THE 14.7 MeV NEUTRON-INDUCED FISSION OF ^{232}Th

SUN TONGYU LI WENXIN DONG TIANRONG FU MING

(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou*)

ABSTRACT

Yields were determined for 57 fission products from ^{76}Ge to ^{151}Pm in the 14.7 MeV neutron-induced fission of ^{232}Th by γ -ray spectrometry and by chemical separation followed by γ -ray spectrometry. From these data, the total chain yields for 44 mass numbers were obtained. Twelve fission yields are presented for the first time. The yields determined in this work are compared to all known literature values.

提出
变的
较轻
和 Be
N =
N =
化学
量。
输系
输和
实和