

# 14.7MeV 中子引起 $^{232}\text{Th}$ 裂变的 电荷分布: Rh、Ag、In 和 Sb 同位素的独立产额

李文新 孙彤玉 孙秀华 付民

董天荣 郑蔓芜

(中国科学院近代物理研究所, 兰州)

## 摘 要

使用核化学技术测定了 14.7 MeV 中子引起的  $^{232}\text{Th}$  裂变中对称区 7 个核素的独立产额和 12 个核素的累积产额。根据这些独立产额以及我们以前在 14MeV 中子引起的  $^{232}\text{Th}$  裂变中测定的独立产额, 用宽度常数  $\sigma = 0.56$  的高斯电荷分布函数计算了相应的经验最可几电荷  $Z_p$  值。由质量分布不对称区的全部  $Z_p$  值计算的电荷迁移平均值  $\Delta Z (= Z_p - Z_{UCD})$  为  $0.49 \pm 0.25$ , 与低能裂变的一般研究结果相一致。接近对称区产物的独立产额的测定结果与预期值不相符。对称分裂反常大的  $\Delta Z$  值似乎表明对称区的电荷分布宽度比通常可以接受的 0.56 更大。实验结果支持两种方式裂变的假设。

## 引 言

低能裂变的电荷分布研究已有较长历史, 这些研究大都是根据实验测定质量分布曲线上高产额双峰区的独立产额进行的<sup>[1]</sup>。  $^{235}\text{U}$  热中子裂变的实验结果指出, 测量到的全部 19 个质量链的高斯电荷分布曲线的宽度参数  $\sigma = 0.56 \pm 0.06$ , 并与所研究的质量数无关; 实验测定的最可几电荷  $Z_p$  与恒电荷分布计算值  $Z_{UCD}$  的偏离  $\Delta Z$  在  $0.45 \pm 0.10$  范围内<sup>[2]</sup>。其他低能裂变实验大部分也和  $^{235}\text{U}$  热中子裂变研究结果相一致。但是在质量分布的两翼, 以非常不对称裂变方式产生的核素, 其电荷迁移  $\Delta Z$  值反常偏大。这个现象引起了人们很大兴趣, 并提出了几种可能的原因<sup>[3,4]</sup>。而关于对称区的独立产额的实验测定以及电荷分布研究报道迄今仍不多<sup>[5,6]</sup>。

我们曾研究了 14MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变的电荷分布, 当时主要测定了高峰期 9 个独立产额<sup>[7]</sup>。电荷分布研究指出, 除了  $^{82}\text{Br}$  和  $^{112}\text{Ag}$  外, Green 质量公式的电荷分布最小位能假设可以最好地拟合实验数据, 得到的电荷分布宽度参数  $C = 0.80$  (相当于  $\sigma =$

0.56<sup>[2]</sup>), 和低能裂变的大部分实验结果相一致. 但是, 这个值要比 Rao 等人采用的  $C=2.0-2.5$  低得多<sup>[8,9]</sup>. 此外, 实验测定的独立产额大多数也和 Rao 等人在同一反应中得到的结果不相符. 基于这两个原因, 我们测定 14.7MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中对称区附近核素的独立产额, 并进一步探索电荷分布显然很有意义.

## 实 验

用于辐照的  $^{232}\text{Th}$  为分析纯的  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . 照射在近代物理研究所 400kV 高压倍加器上进行. 通过  $\text{T}(d, n)^4\text{He}$  反应产生的中子的典型强度为  $2 \times 10^{11}$ /秒. 有效的中子能量为  $14.7 \pm 0.3\text{MeV}$ . 照射结束后, 硝酸钍溶解于 HCl 或  $\text{HNO}_3$  中, 对标准的化学分离程序经适当修改后用来分离我们感兴趣的元素 Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sb, Te 以及作为内标的  $\text{Mo}^{101}$ . 测定累积产额时, 照射过的钍须冷却适当时间, 再开始化学分离; 而对于准屏蔽核  $^{112}\text{Ag}$  和  $^{115\text{m}}\text{In}$ , 在 10 分钟的照射以后立即进行化学分离. Ag 在不到 10 分钟, In 在 20 分钟之内完成从它们各自的母体 ( $^{112}\text{Pd}$  和  $^{115}\text{Cd}$ ) 中的分离.

化学分离得到的放射性核素用两台体积分别为  $80\text{cm}^3$  和  $140\text{cm}^3$  的  $\text{Ge}(\text{Li})$  探测器和多道分析器组成的谱仪测量其  $\gamma$  活性. 谱仪对  $^{60}\text{Co}$  的  $1.332\text{MeV}$ ,  $\gamma$  线的分辨 (FWHM) 分别为  $1.9\text{keV}$  和  $2.4\text{keV}$ . 探测效率用原子能研究所提供的一套标准  $\gamma$  源刻度. 效率误差估计为 5%. 测量样品和探测器的最近距离为 3cm. 实验细节以及裂变产额计算和以前工作相同<sup>[11]</sup>. 作为参考核的  $^{99}\text{Mo}$  的裂变产额取作 2.0%<sup>[12]</sup>. 有关核素的半寿命和  $\gamma$  射线强度数据取自文献 [13]. 裂变产额一般是经过 3—6 次辐照实验测定的权重平均值.

## 结 果

14MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变的质量分布除了不对称区双峰外, 在对称区还存在一个小的第三峰<sup>[14-16]</sup>. 但是各个实验组测定的对称区累积产额相互之间有一定偏离. 从实验测定的独立产额导出分独立产额进行电荷分布研究时, 需要用对称区的质量产额. 因此, 为了尽可能减小实验的系统误差, 本工作以  $^{99}\text{Mo}$  为内标测定了 Ru, Pd, Ag, Cd, Sb, Te 等 12 个核素的累积产额 (见表 1). 给出的误差为标准偏差, 由各项测量百分偏差的平方和的根计算. 作为内标的  $^{99}\text{Mo}$  裂变产额文献报道的误差未考虑在内. 和文献值相比, 实验测定的裂变产额基本相符. 由我们实验结果构成的对称区质量分布曲线见图 1. 这里没有对电荷分布进行修正. 估计除了  $^{117}\text{Cd}$ ,  $^{129}\text{Sb}$  和  $^{132}\text{Te}$  外, 修正值都小于产额测定的实验误差. 从图 1 可以看到, 质量分布对称区明显存在第三小峰.

本工作中测定了  $^{106\text{m}}\text{Rh}$ ,  $^{112}\text{Ag}$ ,  $^{115\text{m}}\text{In}$ ,  $^{116\text{m}}\text{In}$ ,  $^{124\text{g}}\text{Sb}$ ,  $^{126\text{g}}\text{Sb}$  和  $^{128\text{g}}\text{Sb}$  等 7 个独立产额. 其中  $^{112}\text{Ag}$  的独立产额与我们以前的测量结果在误差范围内很好相符<sup>[7]</sup>.  $^{115\text{m}}\text{In}$  和  $^{124\text{g}}\text{Sb}$  的特征能量  $\gamma$  线计数太低, 只能得到它们产额的上限. 根据图 1 光滑的质量分布曲线, 由测量得到的独立产额可以计算分独立产额. 但除了  $^{112}\text{Ag}$  外, 所有这些核素都存在实验未能探测到的同质异能素. 对于  $^{126\text{g}}\text{Sb}$ , 和 Rao 等人一样, 采用根据热中子引起  $^{235}\text{U}$  裂变

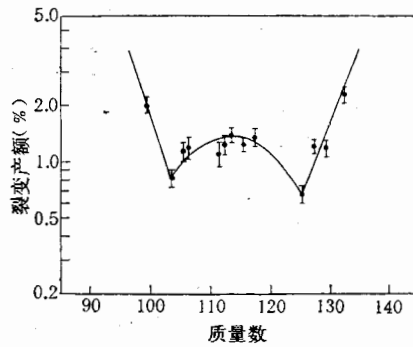
个  
在  
高  
的  
能  
值  
可

分布曲  
到的全  
量数无  
0.10范  
质量分  
个现象  
实验测

区9个  
布最小  
=  $\sigma$

表 1 14.7MeV 中子引起的  $^{232}\text{Th}$  裂变中对称区一些核素的累积产额

核 素	本 文	[14]	[15]	[16]
$^{99}\text{Mo}$	$2.0 \pm 0.10$	$2.0 \pm 0.08$	$2.00 \pm 0.10$	$2.0 \pm 0.1$
$^{103}\text{Ru}$	$0.82 \pm 0.09$	$0.83 \pm 0.05$	$0.75 \pm 0.13$	
$^{105}\text{Ru}$	$1.13 \pm 0.12$	$1.00 \pm 0.09$	$0.92 \pm 0.10$	
$^{106}\text{Ru}$	$1.18 \pm 0.15$		$1.07 \pm 0.10$	
$^{111}\text{Ag}$	$1.11 \pm 0.16$	$1.21 \pm 0.08$	$1.50 \pm 0.15$	
$^{112}\text{Pd}$	$1.24 \pm 0.13$	$1.32 \pm 0.08$		
$^{113}\text{Ag}$	$1.38 \pm 0.12$	$1.26 \pm 0.08$	$1.20 \pm 0.10$	
$^{115}\text{Cd}$	$1.23 \pm 0.10$	$1.20 \pm 0.10$	$1.24 \pm 0.20$	$1.5 \pm 0.2$
$^{117}\text{Cd}$	$1.12 \pm 0.11$			
$^{117\text{m}}\text{Cd}$	$0.25 \pm 0.03$			
$^{121}\text{Sn}$		$0.93 \pm 0.10$		$1.0 \pm 0.1$
$^{125}\text{Sn}$		$0.52 \pm 0.04$		$0.58 \pm 0.1$
$^{125}\text{Sb}$	$0.68 \pm 0.07$			
$^{127}\text{Sb}$	$1.22 \pm 0.10$			$1.21 \pm 0.2$
$^{129}\text{Sb}$	$1.20 \pm 0.12$			
$^{132}\text{Te}$	$2.30 \pm 0.21$			$2.2 \pm 0.2$

图 1 14.7MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变对称区的质量分布曲线表 2 14.7MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中实验测定的若干独立产额

核素	半寿命	本 文		[5, 8, 9]	
		独立产额(%)	分独立产额	独立产额(%)	分独立产额
$^{106\text{m}}\text{Rh}$	2.2 小时	$(1.5 \pm 0.7) \times 10^{-4}$	$(1.4 \pm 0.7) \times 10^{-4*}$	$(7.9 \pm 1.4) \times 10^{-5}$	$(7.2 \pm 1.4) \times 10^{-5}$
$^{112\text{m}}\text{Ag}$	3.12 小时	$(6.2 \pm 2.1) \times 10^{-3}$	$(4.6 \pm 1.6) \times 10^{-3}$	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	$(1.2 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
$^{115\text{m}}\text{In}$	4.49 小时	$< 1 \times 10^{-3}$	$< 8 \times 10^{-4}$	$(1.9 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$(1.5 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
$^{116\text{m}}\text{In}$	54.2 分	$(8.3 \pm 3.3) \times 10^{-3}$	$(6.3 \pm 2.5) \times 10^{-3*}$		
$^{117\text{m}}\text{In}$	1.93 小时			$(1.6 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$(1.4 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
$^{124\text{g}}\text{Sb}$	60.2 天	$< 1.2 \times 10^{-3}$	$< 1.9 \times 10^{-3}$	$(6.8 \pm 1.7) \times 10^{-2}$	$(1.0 \pm 0.3) \times 10^{-1}$
$^{126\text{g}}\text{Sb}$	12.4 天	$(3.2 \pm 0.6) \times 10^{-2}$	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-1}$	$(1.7 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	$(1.0 \pm 0.3) \times 10^{-1}$
$^{128\text{g}}\text{Sb}$	9.01 小时	$(3.4 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	$(3.3 \pm 0.3) \times 10^{-1}$		

\* 下限,仅有一个同质异能素被测到。

计算的同质异能素产额比来计算  $^{126}\text{Sb}$  总的分独立产额。 $^{126}\text{Sn}$  蜕变时只形成  $^{126\text{m}}\text{Sb}$ , 后者只有 3.6% 的分支比通过同质异能跃迁到  $^{126\text{g}}\text{Sb}$ , 因此,  $^{126\text{g}}\text{Sb}$  基本上是裂变过程直接生

第  
成  
以  
得  
采  
用  
些  
数  
  
除  
了  
作  
还  
( $^{117}\text{C}$   
产  
额  
的,  
是  
 $\text{In}$   
  
布  
函  
迁  
移  
起  
重  
此,  
月  
引  
起  
按  
2  
A  
为  
中  
 $^{232}$   
中  
子  
等  
人  
和  
A  
  
两  
个  
明  
裂  
而  
轻  
 $^{128\text{g}}\text{Sb}$   
等  
人  
们  
上  
到  
1  
4M  
是  
这  
立  
产

成的。根据测定的  $^{128}\text{Sb}$  独立产额以及计算的同质异能素截面比 ( $Y_m/Y_g = 1.38$ ), 可以得到  $^{128}\text{Sb}$  总的分独立产额<sup>[17]</sup>。  $^{106m}\text{Rh}$  和  $^{116m}\text{In}$  由于没有同质异能素截面比的数据可采用, 因此, 由独立产额计算得到的分独立产额只能看作它们总的分独立产额的下限。这些数据 and Rao 等人的结果列在表 2 中。

## 讨 论

从表 2 中的数据可以再次看到, 本工作测定的独立产额和 Rao 等人的结果差别很大, 除了  $^{126}\text{Sb}$  的产额比 Rao 等人的大外, 其余结果远小于他们测定的值。此外, Rao 的工作还测定  $^{117m}\text{In}$  的独立产额为 0.016%。本工作也测到了  $^{117m}\text{In}$ , 但由于它母体寿命太短 ( $^{117}\text{Cd}$ , 2.4 小时), 绝大部分的  $^{117m}\text{In}$  是由母体  $\beta$  蜕变而生成, 因而未能给出  $^{117m}\text{In}$  的独立产额。  $^{116m}\text{In}$  是屏蔽核, 但 Rao 等未报道测量结果。低能裂变中, 初级碎片是非常丰中子的, 因此, 同位素的分独立产额应随着质量数的增加而增加。但是 Rao 等人的结果, 无论是 In 还是 Sb 同位素都看不到这个趋势。

电荷分布研究通常用实验测定的分独立产额和一个假定宽度常数不变的高斯电荷分布函数, 计算经验的最可几电荷  $Z_p$  以及它和恒电荷分配  $Z_{\text{UCD}}$  的偏离, 从而研究电荷迁移  $\Delta Z (= Z_p - Z_{\text{UCD}})$  和碎片质量数  $A$  的依赖关系。许多工作证明, 14 MeV 中子引起重核裂变可以和  $^{235}\text{U}$  热中子裂变一样使用  $\sigma = 0.56 \pm 0.06$  的电荷分布宽度<sup>[7,18,19]</sup>。因此, 用电荷分布的一般形式,  $f = (\pi C)^{-1/2} \exp[-(Z - Z_p)^2/C]$ , 可以得到 14 MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中经验的最可几电荷  $Z_p$ 。计算中未采用奇偶效应的修正。恒电荷密度按  $Z_{\text{UCD}} = (Z_F/A_F) \times (A + \nu_A)$  计算。这里  $Z_F$  和  $A_F$  分别是裂变核的电荷和质量。  $A$  为裂变产物质量数,  $\nu_A$  为相应碎片蒸发的中子数。对称区产物的  $\nu_A$  值取自文献 [14] 中  $^{232}\text{Th} + 14\text{MeV}$  中子的直接结果。不对称区产物的  $\nu_A$  采用同一工作中  $^{238}\text{U} + 14\text{MeV}$  中子的结果, 但用总的中子蒸发数作相应修正。本工作和我们以前工作<sup>[7]</sup>以及 Densch-Lag 等人在 14 MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中得到的若干核素的分独立产额<sup>[20]</sup>以及  $Z_p$ 、 $\nu_A$ 、 $Z_{\text{UCD}}$  和  $\Delta Z$  计算值一起列在表 3 内。电荷迁移  $\Delta Z$  的误差按照误差传递公式计算。

液滴模型假设原子核内核电荷是均匀分布的。电荷迁移  $\Delta Z$  表示裂变时核电荷在两个碎片之间的再分配。从表 3 可以看到, 轻碎片  $\Delta Z$  为正值, 重碎片  $\Delta Z$  为负。这表明裂变时过量核电荷从重碎片迁移到轻碎片中, 结果重碎片比液滴模型预言的更丰中子, 而轻碎片较缺中子。本工作和我们以前测定的不对称区的全部核素<sup>[7]</sup> ( $^{82}\text{Br}$ 、 $^{96}\text{Nb}$ 、 $^{126}\text{Sb}$ 、 $^{128}\text{Sb}$ 、 $^{130}\text{I}$ 、 $^{132}\text{I}$ 、 $^{134}\text{I}$ 、 $^{134m}\text{Cs}$ 、 $^{135m}\text{Cs}$  和  $^{136}\text{Cs}$ ) 的  $|\Delta Z|$  非权重平均值为  $0.49 \pm 0.25$ 。Denschlag 等人用快速化学分离方法测定了若干碘同位素的独立产额, 导出的电荷迁移  $\Delta Z$  值和我们上述结果也相接近<sup>[20]</sup>。在 14 MeV 中子引起  $^{238}\text{U}$  裂变中, Wolfsberg 和我们曾分别得到  $|\Delta Z|$  为 0.60<sup>[18]</sup> 和 0.45<sup>[11]</sup>。由此可见, 本文得到的  $|\Delta Z| = 0.49 \pm 0.25$  这个值和包括  $^{14}\text{MeV}$  中子引起裂变在内的大部分低能裂变的典型结果  $\Delta Z \sim 0.45$  基本一致<sup>[11-4,17]</sup>。但是这个值比 Rao 等人得到的  $\Delta Z = 0.8 \pm 0.1$  小<sup>[9]</sup>。显然, 分歧的原因在于实验测定的独立产额的差别以及他们使用了  $C = 2.0-2.5$  的非常宽的电荷分布参数。

立产额

$.4) \times 10^{-3}$

$.3) \times 10^{-4}$

$.3) \times 10^{-4}$

$.4) \times 10^{-4}$

$.3) \times 10^{-4}$

$.3) \times 10^{-4}$

$^{128}\text{Sb}$ , 后

程直接



发现裂变核单位质量变化引起  $Z_p$  的改变  $\Delta Z_p/\Delta A$  对  $^{96}\text{Nb}$  和  $^{136}\text{Cs}$  分别为  $-0.16$  和  $-0.20$ <sup>[22]</sup>. 使用这两个值代替方程 (2) 中的  $-0.21$ ,  $\nu_T$  取作  $4.5$ <sup>[21]</sup>, 可以得到在  $14\text{MeV}$  中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中, 轻碎片和重碎片的  $\Delta Z_p$  分别为  $-0.14$  和  $-0.02$ . 采用文献 [23] 列出的  $^{235}\text{U}$  热中子裂变的  $Z_p$  值就可以得到  $14\text{MeV}$  中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变中预言的最可几电荷. 再进一步, 使用  $\sigma = 0.56$  的高斯电荷分布函数, 就可以得到独立产额预言值. 对双峰区我们以前测定的  $^{96}\text{Nb}$ 、 $^{134}\text{I}$  和  $^{136}\text{Cs}$  3 个核素<sup>[7]</sup>以及本工作接近对称区的  $^{126}\text{Sb}$  和  $^{128}\text{Sb}$  所作的计算结果可以看到(见表 4), 对于典型的不对称裂变产物  $^{96}\text{Nb}$ 、 $^{134}\text{I}$  和  $^{136}\text{Cs}$ , 本实验得到的  $Z_p$  与预期的  $Z_p$  符合得相当好, 平均偏差只有  $0.11$  电荷单位. 分独立产额同样也很好相符 ( $^{96}\text{Nb}$  偏离稍大, 因为当核电荷离最可几电荷  $Z_p$  较远时, 独立产额随  $Z - Z_p$  的变化十分迅速). 但是对于处在从不对称裂变到对称裂变过渡区的  $^{128}\text{Sb}$  和  $^{126}\text{Sb}$ , 实验值和预期值的偏离就显示出来了, 特别是更接近对称区的  $^{126}\text{Sb}$ ,  $Z_p$  偏离高达  $0.86$  电荷单位, 预期的分独立产额也显著低于实验测量值. 类似的结果在  $14\text{MeV}$  中子引起  $^{234}\text{U}$  和  $^{236}\text{U}$  裂变中也被观察到<sup>[24]</sup>. 这表明过渡区的电荷分布和我们熟知的质量分布双峰区的电荷分布是不同的.

表 4  $Z_p$  值和分独立产额实验结果与预期值的比较

核 素	$Z_p$		分 独 立 产 额	
	实 验 值	预 期 值	实 验 值	预 期 值
$^{96}\text{Nb}$	$38.19 \pm 0.42$	38.37	$(3.3 \pm 2.0) \times 10^{-3}$	$11 \times 10^{-3}$
$^{134}\text{I}$	$51.95 \pm 0.08$	52.08	$(1.6 \pm 0.5) \times 10^{-1}$	$2.2 \times 10^{-1}$
$^{136}\text{Cs}$	$52.81 \pm 0.11$	52.78	$(1.6 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$
$^{128}\text{Sb}$	$50.29 \pm 0.04$	49.98	$(3.3 \pm 0.3) \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-1}$
$^{126}\text{Sb}$	$49.90 \pm 0.05$	49.04	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-1}$	$5.2 \times 10^{-3}$

最后, 我们考察位于质量分布中间第三小峰上的典型对称裂变产物  $^{106m}\text{Rh}$ 、 $^{112}\text{Ag}$  和  $^{116m}\text{In}$ . 很容易推测, 对称的质量分裂应该有对称的电荷分裂. 因此, 接近对称分裂时, 电荷迁移  $\Delta Z$  应逐渐减小, 一直到初级碎片质量为  $(232+1)/2$  时,  $\Delta Z$  等于零<sup>[1,2,6]</sup>. 但是从表 3 可以看到, 这 3 个核素的  $\Delta Z$  值竟都大于 1. 或者说, 如果高斯电荷分布宽度  $\sigma = 0.56$  仍然有效时, 实验测定的独立产额大大高于预期值. 造成对称区产物  $\Delta Z$  偏大的部分原因可能和锯齿形的中子发射曲线在对称区剧烈变化引起估计  $\nu_A$  值的误差有关. 另一个重要原因看来是由于计算经验  $Z_p$  值时使用了不适当的电荷分布宽度. 本来  $\sigma = 0.56 \pm 0.06$  的宽度是数目有限的高产额双峰区上一系列独立产额测定结果导出的. 将这个值外推到没有很好研究过的对称区和非常不对称区未必合理. 已经发现, 对于非常不对称裂变, 实验的电荷迁移  $\Delta Z$  较正常的  $0.45$  明显偏大. 例如 Gaggeler 等人测定了热中子引起  $^{233}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$  和  $^{239}\text{Pu}$  裂变中  $^{150}\text{Pm}$  的独立产额, 得到  $\Delta Z$  大约为  $0.8$ <sup>[3]</sup>. 而 Nethaway 等人在  $14.8\text{MeV}$  中子引起  $^{235}\text{U}$  和  $^{238}\text{U}$  裂变中发现  $^{148}\text{Pm}$  和  $^{150}\text{Pm}$  的独立产额比预言的低<sup>[25]</sup>. 一个可能的解释是非常不对称裂变时, 电荷分布宽度较正常的更窄<sup>[3,4,7,25]</sup>. 基于对称裂变电荷迁移  $\Delta Z$  应该趋近零的要求, 根据本实验测定的独立产额计算表明, 对称裂变的电荷分布宽度要比正常的  $\sigma = 0.56 \pm 0.06$  更大.

文献  
[7]  
[7]  
本文  
本文  
本文  
本文  
本文  
[7]  
[7]  
[20]  
[7]  
[7]  
[7]  
[7]

电荷位

(1)

质量链  
 $^{235}\text{U}$  裂

(2)

独立产额

综上所述我们可以得出结论,在 14.7MeV 中子引起  $^{232}\text{Th}$  裂变的电荷分布研究中,本实验以及我们以前测量的独立产额结果表明,对称裂变和不对称裂变的电荷分布特征是不相同的,而且这个差别在从不对称向对称区过渡时就逐渐显示出来. 这个结果强烈支持两种方式裂变的假设<sup>[9]</sup>.

作者感谢高压倍加器组在整个实验中提供了 14 MeV 中子照射和中子强度监察的方便条件.

### 参 考 文 献

- [1] A. C. Wahl et al., *Phys. Rev.*, **126**(1962), 1112.
- [2] A. C. Wahl et al., in Proceedings of the Second International Symposium on the Physics and Chemistry of Fission, Vienna, P. 813, 1969.
- [3] H. Gäggeler et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **38**(1976), 205.
- [4] H. Gäggeler and H. R. Von Gunten, *Phys. Rev.*, **C17**(1978), 172.
- [5] S. A. Rao, *Phys. Rev.*, **C5**(1972), 171.
- [6] A. C. Wahl et al., *Phys. Rev.*, **C32**(1985), 184.
- [7] 李文新等, 高能物理与核物理, **6**(1982), 365.
- [8] A. S. Rao et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **31**(1969), 591.
- [9] S. A. Rao and P. K. Kuroda, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **35**(1973), 1443.
- [10] 孙彤玉、孙秀华等, 近代物理研究所内部资料, 1982 年.
- [11] 李文新等, 核化学与放射化学, **2**(1980), 9.
- [12] D. L. Swindle et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **33**(1971), 651.
- [13] U. Reus et al., *Gamma-Ray Catalog, GSI-Report* 79—2.
- [14] L. H. Gevaert et al., *Can. J. Chem.*, **48**(1970), 641.
- [15] R. Ganapathy and P. K. Kuroda, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **28**(1966), 2071.
- [16] Tin Mo and M. N. Rao, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **30**(1968), 345.
- [17] H. N. Erten et al., *Phys. Rev.*, **C25**(1982), 2519.
- [18] K. Wolfsberg, *Phys. Rev.*, **137**, **4B**(1965), 929.
- [19] J. P. Bocquet et al., *Nucl. Phys.*, **A189**(1972), 556.
- [20] H. O. Denschlag and S. M. Qain, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **33**(1971), 3649.
- [21] C. D. Coryell, M. Kaplan and R. D. Fink, *Can. J. Chem.*, **39**(1961), 646.
- [22] D. R. Nethaway and B. Mendoza, *Phys. Rev.*, **C6**(1972), 1827.
- [23] E. C. A. Crouch, *Atomic Data and Nuclear Data Table*, **19**(1977).
- [24] D. R. Nethaway and B. Mendoza, *Phys. Rev.*, **C6**(1972), 1821.
- [25] D. R. Nethaway and A. E. Richardson, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **43**(1981), 889.

Li W.

T  
in the  
indep  
vious  
distrib  
tained  
region  
the val

究中,本  
特征是  
强烈支  
察的方

## CHARGE DISTRIBUTION IN THE 14.7 MeV-NEUTRON-INDUCED FISSION OF $^{232}\text{Th}$ : INDEPENDENT YIELDS OF ISOTOPES OF Rh, Ag, In AND Sb

LI WEN-XIN SUN TONG-YU SUN XIU-HUA FU MING DONG TIAN-RONG ZHENG MAN-JIAO

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

### ABSTRACT

The 12 cumulative yields and 7 independent yields in the symmetric region were determined in the fission of  $^{232}\text{Th}$  induced by 14.7 MeV neutrons with nuclear chemistry techniques. The independent yields of the present work, along with the independent yields obtained in our previous work, were used to calculate the empirical  $Z_p$  values on the basis of a Gaussian charge distribution function with a  $\sigma$  of 0.56. A mean value of  $0.49 \pm 0.25$  for  $\Delta Z (=Z_p - Z_{UCD})$  is obtained from all  $Z_p$  values in the asymmetric region. Abnormal  $\Delta Z$  values in the symmetric region seem to suggest that the width of charge distribution for symmetric splits is larger than the value of 0.56. The results show strongly in favor of the Two-Mode-Fission-Hypothesis.

mistry of