

研究简报

裂变核断点形状

戴光曦 王正大

(中国科学院近代物理研究所)

摘 要

本文提出裂变核断点形状为双纽线回转体。无需用参数,给出了对称裂变出射裂片的总动能公式,它与经验公式一致;同时也给出了总动能与轻、重裂片质量的关系,它与实验值符合较好。

裂变核断点形状决定裂变总动能。用双球接触模型计算出的总动能太大,不能与实验值符合。因此王正大^[1]等人用两个具有旋转对称的拉长的四极形变的核碎片相接触,较好地预示了裂变平均总动能。

本文提出一个更为简单的裂变断点形状,即双纽线回转体(图1),其方程为

$$r^2 = a^2 \cos 2\theta. \quad (1)$$

将它围绕Z轴转动,构成了对称的裂变断点形状。不难证明双纽线回转体一半的体积为

$$\frac{V}{2} = \pi a^3 \left(\frac{\sqrt{2}}{8} \ln(1 + \sqrt{2}) - \frac{1}{12} \right). \quad (2)$$

考虑到从球形裂变核变形到双纽线回转体时,保持体积守恒,而建立起式(1)中常数a与裂变核质量数A的关系:

$$a = 2.0953 r_0 A^{1/3}. \quad (3)$$

式中 r_0 用传统参数,为1.2fm。从原点到裂片之一的质心距离c为:

$$c = 0.575a = 1.4456 A^{1/3}. \quad (4)$$

为了得到对称裂变裂片的总动能的最可几值,我们假定双纽回转体从中间断开,迅速收缩成两个球形,并保持各自的质心位置不变。这时,两个裂片核相距大约一个裂片核的半径。这样得到的总动能等于两球间的库仑能

$$E_{\text{TKS}} = \frac{e^2(Z/2)^2}{2c} = 0.124 \frac{Z^2}{A^{1/3}}, \quad (5)$$

式中Z为所考虑的裂变核的原子序数。这样我们就得到了与V. E. Viola^[2,3]所总结的对称裂变总动能最可几值的经验公式相同的结果。

对于非对称裂变,采用非对称的双纽线回转体,即对应于两碎片体积的半支双纽线回转体在原点处相接。令碎片质量数分别为 A_H 和 A_L ,这时有 $a_i = 2.0953(2A_i)^{1/3}$ ($i =$

H, L), 分别描述两个碎片. 同时假定裂片具有和母核相同的荷质比 Z/A . 于是得到总动能的最可几值为:

$$E_{TKa} = 0.197 \frac{Z^2}{A_H^{1/3} + A_L^{1/3}} \left(4 \frac{A_H A_L}{A^2} \right). \quad (6)$$

在图 2 中显示了“ $^{209}\text{Bi} + p \rightarrow ^{210}\text{Po}^* \rightarrow \text{裂变}$ ”和 α 反应得到相同复合核的实验“ $E_{TKa} - A_{HL}$ ”的结果与模型计算结果. 图中实线是根据(6)式算出的, 虚线是 Nix 和 Swiatecki 的计算结果. 看来, 我们的简单模型预示更好.

从(6)式还可以得到裂片对之间的相对速度 v_r 值. 对 $^{238}\text{U}^*$ 的裂变, 计算表明, A_H 从对称值增加到 159 时, 总动能将从 170MeV 降到 153MeV; 而 v_r 值变化却很小, 仅从 2.35 cm/ns 略增加到 2.36cm/ns. 我们计算得到 v_r 保持常数的这个结果, 与 Viola 总结实验所得到的结果相符合, 也和用稍高于库仑位垒的 ^{238}U 作出的跟随裂变的实验结果^[5]相一致.

本文提出用双纽线或非对称双纽线回转体来表示裂变核断点的形状. 勿需用参数, 通过十分简洁的计算, 就可以成功地预示较高激发能核裂变的总动能和相对速度. 它表明原子核在断裂瞬间, 核力冲量对裂片核的反冲是可以忽略的. 但是对于轻核的裂变, 这种反冲也许需要考虑. 这时裂片核质心会边收缩边反冲, 使两裂片核彼此稍靠近一点, 从而稍稍加大总动能.

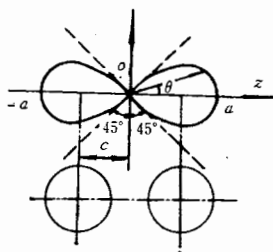


图 1 双纽线回转体, 用它表示裂变断点核形状, 下面为分离前的两个球形裂片核

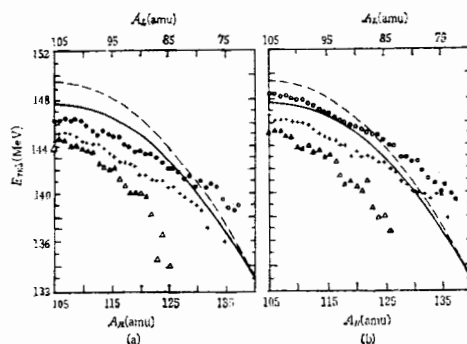


图 2 ^{210}Po 核在激发能 $E^* = 31\text{MeV}$ (Δ), 44MeV ($+$) 和 57MeV (\circ) 下的裂变碎片总动能(平均值); 图 a 是 $^{209}\text{Bi} + p \rightarrow ^{210}\text{Po}^* \xrightarrow{f}$, 图 b 是 $^{206}\text{Pb} + \alpha \rightarrow ^{210}\text{Po}^* \xrightarrow{f}$. 图中实线为(6)式计算结果, 虚线为 Nix 和 Swiatecki 计算结果

参 考 文 献

- [1] 王正大, 徐树威, 廖容之, 高能物理与核物理, 4(1980), 788.
- [2] V. E. Viola, Nucl. Data Sect., A1(1966), 391.
- [3] R. Vandenbosch, J. R. Huizenga, Nuclear Fission, (1980), p. 312.
- [4] J. P. Unik et al., Proc. IAEA Symp. Phys. Chem. Fission, 2nd, Vienna, 1969, p. 717.
- [5] 戴光曦等, 高能物理与核物理, 9(1985), 454.

THE SHAPE OF FISSION SCISSION POINT

DAI GUANG-XI WANG ZHENG-DA

(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

A shape, rotating cassin's oval body with symmetry deformation parameter of 1.0, in nuclear fission scission point is suggested. By use of the shape, simple calculations on average total kinetic energy of fission fragments in both symmetry and asymmetry cases show that the results are in agreement with semiempirical formula due to V.E. Viola.

的
理
M
件

M
R₂
赵
示

1
分

对