

2. Tanimura O., Fliessbach T. Z. Phys. A 328. 475 (1987).
3. Мигдал А. Б. ЖЭТФ. 11. 207 (1941).
4. Kadmsky S. G. Book of Abstracts, LV Nat. Conf. on Nucleus, St.-Petersburg. 2005. P. 255.
5. Друкарев Е. Г., Стринкман М. И. Письма в ЖЭТФ. 42. 586 (1985).

## КОЛЛИНЕАРНОЕ ТРОЙНОЕ ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР

*С. Г. Кадменский, Н. В. Пеньков*

Воронежский госуниверситет, Воронеж, Россия

[kadmensky@phys.vsu.ru](mailto:kadmensky@phys.vsu.ru)

## COLLINEAR TERNARY FISSION OF NUCLEI

*S. G. Kadmsky, N. V. Pen'kov*

Voronezh State University, Voronezh, Russia

В работе [1] при анализе спонтанного деления ядра  $^{252}\text{Cf}$  был обнаружен случай тройного деления, связанный с появлением двух регистрируемых магических фрагментов  $(A_1, Z_1)$  и  $(A_2, Z_2)$  ( $A_1 > A_2$ ;  $Z_1 > Z_2$ ) типа  $^{132}\text{Sn}$  и  $^{70}\text{Ni}$ , вылетающих практически коллинеарно в противоположных направлениях и третьей (нерегистрируемой) магической частицы  $(A_3, Z_3)$  типа  $^{48}\text{Ca}$ , масса и заряд которой найдены из условия сохранения полной массы и заряда делящегося ядра. При этом выход указанных частиц оказался очень большим ( $4 \cdot 10^{-3}$ ) по отношению к суммарному выходу фрагментов двойного деления  $^{252}\text{Cf}$ . Наблюдение данного вида тройного деления позволяет по-новому взглянуть на общий случай тройного деления ядер.

В квантовой теории тройного деления ядер [2] предложен неиспарительный механизм вылета третьих частиц из кластерных состояний этих частиц в области шейки делящегося ядра. Кулоновский потенциал взаимодействия третьей частицы с двумя фрагментами тройного деления  $V^{\text{Coul}}(r, R, \theta)$  [3], связанный с координатами  $R = R_1 - R_2$ ,  $r = [(A_1 + A_2 + A_3)/(A_1 + A_2)]R_3$ , где  $R_i$  – координата центра тяжести  $i$ -го продукта тройного деления в системе центра масс, в зависимости от угла  $\theta$  между векторами  $R$  и  $R_3$  имеет минимум при  $\theta = \theta_m^{(1)} = 0$  для  $r/R < \delta/2$ , который аналитически переходит в минимум при  $\theta = \theta_m^{(2)} = \arccos \frac{\delta R}{2r}$  при  $r/R > \delta/2$ , где  $\delta = \frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \approx \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$  – параметр массовой (зарядовой) асимметрии фрагментов тройного деления. Если третья частица из-за эффекта встряски, обусловленного неадиабатическим характером коллективного деформационного движения делящегося ядра на пути к области разрыва, приобретает дополнительную энергию, достаточную для преодоления кулоновского барьера, находящегося в области  $r/R > \delta/2$ , то из-за наличия минимума  $\theta_m^{(2)}$  в потенциале  $V^{\text{Coul}}(r, R, \theta)$  реализуется случай, соответствующий нормальному тройному делению ядер, когда эта частица фокусируется в направлении, приблизительно перпендикулярном направлению разлета фрагментов. Если

же третья частица из-за эффекта встряски не в состоянии преодолеть кулоновского барьера, то она может с заметной вероятностью сформироваться в области  $r/R < \delta/2$  ( $r < 2,5$  Фм для разрывной конфигурации в случае [1] тройного деления  $^{252}\text{Cf}$ ) и из-за появления минимума  $\theta = \theta_m^{(1)}$  в потенциале  $V^{\text{Coul}}(r, R, \theta)$  реализуется второй случай, когда эта частица фокусируется в направлении, совпадающем с направлением вылета легкого фрагмента. Физически ясно, что для тройного деления ядер должны сосуществовать оба случая, но при увеличении заряда и массы третьей частицы с большей вероятностью должен наблюдаться второй случай, приводящий к коллинеарному тройному делению ядер и, по-видимому, регистрируемый в работе [1].

### Литература

1. Pyatkov Yu. V. et al. Preprint JINR. E15-2005-99. Dubna. 2005.
2. Кадменский С. Г. ЯФ. 65. 1833 (2002); 65. 615 (2003); 67. 167 (2004); 68. 1952 (2005).
3. Кадменский С. Г., Пеньков Н. В. Изв. АН. Сер. Физ. 70. 172 (2006).

## КВАНТОВОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕТВЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР

*С. Г. Кадменский, О. В. Смолянский*

Воронежский госуниверситет, Воронеж, Россия

[kadmensky@phys.vsu.ru](mailto:kadmensky@phys.vsu.ru)

## QUANTUM DESCRIPTION OF QUATERNARY FISSION

*S. G. Kadmensky, O. V. Smolyansky*

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Квантовая теория [1] двойного и тройного деления ядер обобщена на случай недавно открытого [2] четверного деления ядер. Для описания движения продуктов четверного деления (два тяжелых фрагмента и две легкие частицы) сделан выбор наиболее удобных гиперсферических координат. При использовании метода проекционных операторов построена волновая функция делящегося ядра во внутренней (оболочечной), где ядро сохраняет компактную форму, и внешней (кластерной), где полностью сформированы продукты деления, областях. Получены формулы для амплитуд парциальных делительных ширин и угловых и энергетических распределений продуктов четверного деления с учетом сильной связи делительных каналов. Продемонстрировано, что рождение двух легких частиц в четверном делении слабо влияет на угловые распределения и механизмы накачки больших значений спинов и орбитальных моментов фрагментов деления, которые оказываются близкими к аналогичным угловым распределениям и механизмам накачки для фрагментов двойного и тройного деления ядер [1]. Показано, что при рождении легких частиц из шейки делящегося ядра структура кулоновских потенциалов взаимодействия между всеми продуктами четверного деления позволяет объяснить кулоновскую фокусировку легких частиц в экваториальной плоскости относительно направления вылета фрагментов деления. Для формирования легких частиц в четверном делении развит неиспарительный механизм [3,4], основанный, во-первых, на существовании кластерных состояний указанных частиц в об-