

ЭФФЕКТЫ ОРИЕНТАЦИИ СПИНА ЯДРА МИШЕНИ В ДЕЛЕНИИ ^{235}U НЕЙТРОНАМИ

Н.Н.Гонин, Л.К.Козловский, В.С.Мастеров, Н.С.Работнов,

Ю.Я.Стависский, Д.И.Тамбовцев.

Приводятся результаты исследования реакции (n, f) на выстроенных ядрах ^{235}U в области энергий нейтронов 10 – 200 кэВ. Измерялись эффекты выстроенности в полном сечении деления и в угловом распределении осколков. Полученные результаты интерпретируются исходя из предположения о частичном сохранении кваркового числа K в реакции образования составного ядра и в образующихся состояниях.

Неоднократно отмечались (см., например, ¹) противоречия, возникающие при попытках описать одинаковой структурой каналов деления сечения и угловые распределения осколков одних и тех же составных ядер, образованных в реакциях двух типов: на бесспиновых ядрах-мишенях в реакциях (γ, f) и (t, pf) , а на ядрах с отличными от нуля спинами в реакциях (n, f) и (d, pf) . Одной из физических причин такого различия может быть приближенное сохранение квантового числа K (проекция полного углового момента J на ось симметрии ядра) в реакции образования составного ядра и в его возбужденных состояниях вблизи энергии связи нейтрона. При поглощении ядром ^{235}U s -нейтронов сложение моментов в собственной системе приводит к тому, что состояния 3^- образуются лишь с $K = J = 3$, а 4^- — лишь с $K = 4$ и 3. Простой кинематический расчет показывает, что K близкие к J продолжают доминировать и при поглощении p - и d -нейтронов. Таким образом, процессом образования составного ядра подчеркиваются $K \sim J$ и запрещаются $K \sim 0$, а структурой каналов деления — наоборот. Произведение этих двух по-разному асимметричных распределений должно иметь максимум при $K = 1 \div 2$. По результатам измерений угловой анизотропии реакции (n, f) на выстроенной мишени ^{235}U в отдельных резонансах ² нами построены графики (рис. 1), согласующиеся с высказанными качественными соображениями.

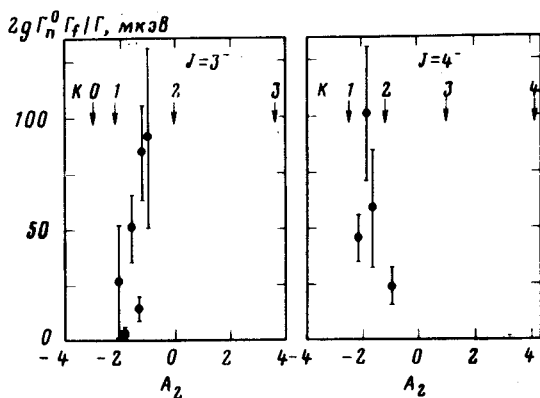


Рис. 1. Распределение величин $\frac{2g_n^0 \Gamma_f}{\Gamma}$ в зависимости от коэффициента A_2 в угловом распределении осколков при делении ориентированных ядер ^{235}U резонансными нейтронами (по результатам ²). Стрелками указаны значения A_2 , соответствующие определенным K

В данной работе исследовалась реакция (n, f) на выстроенных ядрах ^{235}U в более высокой области энергий нейтронов, где основной вклад в процесс вносят s - и p -нейтроны. В отличие от резонансной области здесь наблюдаемые величины усредняются по уровням составного ядра с различными свойствами. Участие в реакции p -нейтронов открывает возможность наблюдать также влияние выстроенности ядер-мишеней на полное сечение деления. Источником нейтронов служила реакция $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$ на пучке каскадного генератора КГ-2, 5, падающем на металлическую литиевую мишень, напыленную на медную подложку. Выстраивание ядер ^{235}U производилось методом, аналогичным использованному в работах ^{2,3}. Образец, изготовленный из изотопно чистого ^{235}U (99,99%), толщиной $0,5 \text{ мг/см}^2$, охлаждался в криостате на адиабатическом размагничивании до температуры $0,2\text{К}$. Ось S монокристаллического образца ориентировалась по пучку нейтронов. Осколки регистрировались поверхностно-барьерными кремниевыми детекторами, находящимися при температуре $4,2\text{К}$.

Два детектора использовались для измерения угловой анизотропии $0 - 90^\circ$, третий служил для мониторинга потока нейтронов через образец, для чего на обратной стороне медной подложки образца был помещен слой из неориентируемого ^{235}U . Таким образом, в одном эксперименте измерялись оба эффекта от выстраивания ядер — в полном сечении деления и в угловом распределении.

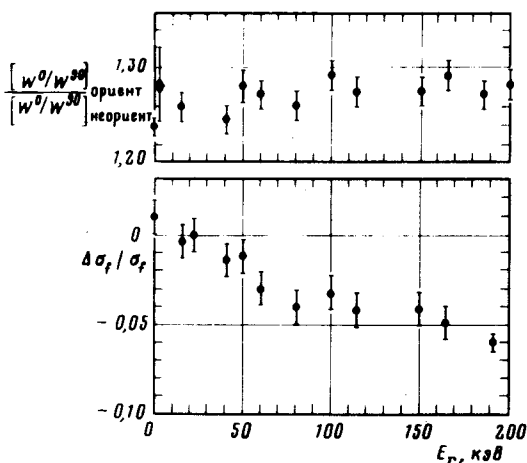


Рис. 2. Эффект выстраивания спинов ядер мишени ^{235}U в угловом распределении осколков (вверху) и в сечении деления (внизу) нейтронами: \blacklozenge — результаты работы ², приведенные к условиям данного эксперимента; \bullet — настоящая работа. Точки, лежащие на оси ординат относятся к измерениям на тепловых нейтронах

На рис. 2 приведены полученные экспериментальные результаты с указанием статистических ошибок измерений. Систематические ошибки, связанные с введением поправок на геометрию опыта составили: $\pm 0,005$ для эффекта в сечении и $\pm 0,014$ для угловой анизотропии. Среднеквадратичный разброс нейтронов по энергии не превышал 20 кэВ .

Эффект выстраивания в сечении просто выражается через средние ширины и кинематические коэффициенты для p -нейтронов, вклад которых максимален при $E_n \sim 100 \text{ кэВ}$. Эффект в сечении указывает на сильно неравномерное по J распределение вероятности деления в составном ядре. Рассмотрение кинематики заставляет предположить, что значительно преобладающий вклад в сечение деления на p -нейтронах дают состояния 3^+ и 4^+ , а состояния 2^+ и 5^+ , имеющие в сумме вдвое меньший статистический вес против суммы первых двух, дополнительно подавляются фактором $\Gamma_n \Gamma_f / \Gamma$. Для качественного сопоставления экспериментальных результатов с теоретическими оценками можно пренебречь их вкладом. Если к этому добавить предположение об ограничении возможных значений K величинами 1 и 2, вытекающее из высказанных выше соображений, то удастся совместно объяснить наблюдаемые величины как для резонансных нейтронов, так и для энергий, при которых нейтронные s - и p -волны дают сравнимый вклад.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что расчеты в традиционных предположениях о кинематике реакции с использованием известной структуры каналов деления неизбежно приводят к резкому расхождению с экспериментом (см. также ⁵).

Литература

1. Остапенко Ю.Б., Смиренкин Г.Н. Материалы V Всесоюзной конференции по нейтронной физике. Киев 1980, ч. 3, стр. 73.
2. Pottenden N.J., Postma H. Nucl. Phys., 1971, A167, 225.
3. Dabbs J.W.T. et al. Proceed. Symp. on Phys. and Chem., of Fiss., Salzburg, 1965, I, 39.
4. Gonin N.N. et al. Cryogenics, 1978, 18, 57.
5. Гонин Н.Н. и др. ЯФ, 1975, 22, 692.

Поступила в редакцию

10 января 1982 г.
