

Отзыв

официального оппонента на диссертацию М.И.Свирина
"Особенности спектров мгновенных нейтронов деления актинидных ядер",
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических
наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация Михаил Ивановича Свирина посвящена всестороннему экспериментальному исследованию спектров мгновенных нейтронов, рождающихся при делении актинидных ядер под действием быстрых нейтронов. Структурно диссертация М.И.Свирина состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении автор рассматривает актуальность темы исследований, состояние проблемы и историю становления и развития работ по измерениям энергетического спектра нейтронов деления. В этом же разделе М.И.Свирин сформулировал цель работы и пути решения поставленных задач.

Первая глава посвящена методическим вопросам. Здесь следует отметить, что успех обсуждаемых экспериментов во многом обусловлен очень грамотной стратегией измерений. Во-первых, измерения проводились относительно хорошо известного спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления Cf-252. Характеристики калифорниевого спектра в измерениях являлись нейтронным стандартом. Во-вторых, измерения проводились для двух характерных областей энергий – выше и ниже порога эмиссионного деления, что дало возможность выделить эффекты, имеющиеся в спектрах как предделительных, так и постделительных нейтронов.

Во второй главе приводятся описание и анализ шансовой структуры сечения деления актинидных ядер Th, U и Np. Знание шансового строения энергетической зависимости сечения деления актинидных ядер важно для корректного описания спектров и выходов делительных нейтронов в области энергий возбуждения выше порога эмиссионного деления. При статистическом описании плотности уровней одночастичный спектр рассчитывался на основе деформированного потенциала Вудса-Саксона, а на его основе потенциальная энергия деформации по методу оболочечной поправки Струтинского. Это показывает, что автор диссертации использует в своей работе самые последние достижения теоретической ядерной физики.

Третья глава посвящена проблеме описания плотности уровней ядер различными моделями. Реально сравниваются две модели – фермигазовая модель и сверхтекучая модель. На основе анализа большого числа экспериментальных данных автор показывает, что сверхтекучая модель наиболее адекватно описывает плотность уровней ядер.

На основании полученного автором описания сечения деления и его шансовой структуры в четвертой главе представлен анализ спектров мгновенных нейтронов деления и получена зависимость средней энергии и средней множественности нейтронов, сопровождающих деления ядер тория, урана и нептуния.

В заключении автор диссертации перечисляет основные полученные им результаты.

Как видно из приведенного содержания диссертации М.И.Свирина, автором проведен большой объем работ, охватывающий как методические стороны экспериментов, так и обработку данных и скрупулезное сравнение полученных результатов с экспериментальными результатами других авторов. В этой связи следует отметить тесную

плодотворную сотрудничество автора с теоретиками и с другими экспериментальными группами.

Какие из представленных диссертантом результатов мне представляются наиболее значительными?

Прежде всего, конечно, впечатляет тот многолетний, упорный труд по измерению спектров нейтронов, выпускаемых в результате реакции с быстрыми нейтронами четырех ядер мишеней – Th-232, U-235, U-238 и Np-237. Успех экспериментов Свирина во многом обязан очень грамотно созданной им четырехсекционной многослойной ионизационной камеры, одна из секций которой (мониторная) содержала Cf-252. Использование мониторной секции позволило избавиться от необходимости расчета поправок на рассеяние нейтронов на конструктивных элементах камеры, на деталях коллиматора, а также от расчета искажения нейтронного спектра, обусловленного не 100% эффективностью регистрации соколов деления.

Очень красиво выглядит обнаруженная автором эволюция нейтронных спектров при увеличении энергии бомбардирующих нейтронов от 2,9 до 14,7 МэВ. При переходе к $E_n=14,7$ МэВ появляется максимум при $E_n \approx 8,5$ МэВ и подъем при $E_n \leq 2$ МэВ. Эти эффекты возникают при переходе через порог эмиссионного деления у всех актинидов.

Нельзя не отметить разработку теоретических моделей, адекватно описывающих формирование нейтронного спектра. Очень четко М.И.Свирин показал на примере целого ряда доактинидных ядер плодотворность использования сверхтекучей модели.

Что касается замечаний по представленной диссертации, то, во-первых, у меня три замечания общего характера.

Значительный объем диссертации посвящен анализу плотностей ядерных уровней и их модельному описанию. Автор очень подробно обсуждает эту проблему для большого числа доактинидных ядер (от талия до астата), но практически не касается этой проблемы для актинидов (Th, U, Np), исследованию которых посвящена диссертация. Автор нигде не обсуждает вопрос о том, насколько правомерно использование модельной плотности уровней доактинидов к актинидам.

Второе замечание общего характера касается вопросу разделения процесса испускания нейтронов на различные стадии. При этом автор совершенно не обсуждает вопрос о временных интервалах этого процесса. Какие времена нужны для установления теплового равновесия, т.е. чтобы считать выпускаемый нейтронный спектр равновесным? В частности это касается испарительной модели. Этот же вопрос возникает и при анализе деления при достаточно больших энергиях возбуждения, когда, в отличие от околосбарьерного деления, квазистационарности процесса деления может не быть.

Третье замечание общего характера относится к предположению автора о наличии третьего источника нейтронов. Что это за третий источник нейтронов, остается непонятным. Фактически автором чисто эмпирически для согласования экспериментальной информации с результатами теоретического анализа предполагается, что нейтроны испускаются возбужденной системой сформировавшихся осколков до их разделения. М.И.Свирин нигде в диссертации не обсуждает, какие временные интервалы нужны, чтобы существовала такая система.

Следует упомянуть и несколько конкретных замечаний. Диссертация написана хорошим языком, но есть несколько огрех. Так на рис.3.26 и на стр.200 автор говорит о порогах деления, имея в виду, конечно, барьеры деления. Негоже для профессионала-физика

говорить о массе покоя нейтрона, выглядит странным утверждение автора, что разработан комбинированный экспериментально-теоретический метод определения абсолютной плотности уровней. Возможность различных расчетов на компьютере приводит (и не только автора) к переоценке результатов. Так, например, для полной кинетической энергии приводится в диссертации значение 2,1286 (стр.180).

Непонятно, почему автор в некоторых местах «проходит мимо» явных несовпадений расчетов с экспериментом. Так, например, на рис.2.22 сравниваются результаты измерений среднего числа предделительных нейтронов в реакциях с легкими частицами и тяжелыми ионами. Разногласие этих результатов очевидно, но диссертант совершенно не обсуждает этого. Точно так же автор не обсуждает вопрос о том, почему данные по плотности уровней, полученные из измерений нейтронных резонансов, не лежат на аппроксимирующей кривой (см. рис.3.14, 3.30).

Приведенные мною замечания не являются существенными, и я считаю, что обобщенные в диссертации М.И.Свирина результаты измерений спектров мгновенных нейтронов деления актинидов под действием быстрых нейтронов различной энергии являются крупным вкладом в ядерную физику низких энергий, и, в частности, физику деления атомных ядер.

Результаты автора опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, многократно докладывались на различных конференциях, совещаниях и семинарах.

Диссертация Свирина М.И. является научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований осуществлено решение принципиальной для ядерной физики задачи. Эти работы можно квалифицировать как новое крупное достижение в ядерной физике.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание представленной диссертации, а автор диссертации – М.И.Свирин – несомненно заслуживает присуждения ему искомой степени доктора физико-математических наук.

Доктор физ.-мат. наук, профессор
ведущий научный сотрудник ИФП РАН
(117334 Москва ул.Косыгина д.2,
тел. 8-499-137-65-77)

Ю.М.Ципенюк

Подпись Ю.М.Ципенюка удостоверяю
Ученый секретарь Ученого Совета ИФП РАН
член-корр. РАН, профессор



Л.А.Прозорова