

Получение пучков релятивистских ионов стимулировало развитие моделей взаимодействия ядер с ядрами. Этому посвящены два доклада: Х. Бертини (Ок-Ридж) и В. Д. Тонеева (ОИЯИ, СССР). Принципиальные основы обеих моделей очень близки, но их конкретная реализация наиболее разработана в исследованиях сотрудников ОИЯИ. Класс характеристик ядерных реакций, которые позволяют рассчитывать модель ОИЯИ, значительно шире.

Среди теоретических докладов следует отметить выступление В. Грайнера (ФРГ), посвященное атомным явлениям при столкновении тяжелых ионов. И. Я. Померанчук, А. И. Ахиезер и В. Б. Берестецкий были одними из первых, кто привлек внимание к подобным процессам. Дж. Хайзенга (Рочестерский университет, США) изложил общий в рамках статистической механики подход к вычислению плотности уровней возбужденного ядра  $\rho(E)$ . На многих ядерных моделях

он продемонстрировал влияние структуры одночастичного спектра на  $\rho(E)$ .

Живой интерес вызвали обзорные доклады Г. Теммера (США) об измерении коротких времен жизни возбужденных состояний ( $10^{-12}$ — $10^{-18}$  сек) различными методами и Х. Бритта (Лос-Аламос) о параметрах барьера деления из анализа данных по изомерам формы и результатов деления в прямых реакциях. Явление изомерии формы ядер было открыто в ОИЯИ в 1962 г., а теоретическая интерпретация явления в рамках двугорбого барьера дана в работах В. М. Струтинского (СССР).

Основная часть доложенных результатов по теории деления опубликована и хорошо известна советским специалистам. Теоретические исследования по этим направлениям у нас в стране широко ведутся. Успехи В. М. Струтинского, В. В. Пашкевича, Ю. А. Музыка были признаны в докладах и в ходе их обсуждения.

В. А. ДРУИН

## Международный симпозиум по ядерным состояниям с высоким спином

С 30 мая по 3 июня 1972 г. в Стокгольме проходил Международный симпозиум по ядерным состояниям с высоким спином, организованный Институтом физических исследований. В работе симпозиума приняли участие более 130 ученых из 20 стран. Было заслушано более 60 обзорных докладов и оригинальных сообщений по проблемам вращательного движения в атомных ядрах, свойств изомерных состояний, ядерных моментов, гигантских резонансов и поляризационных эффектов.

Значительная часть работ была посвящена обсуждению аномального поведения момента инерции в четно-четных атомных ядрах, обнаруженного недавно при возбуждении «длинных» ротационных полос в реакциях с тяжелыми ионами. Именно в редкоземельных ядрах при значениях спина 12—14 наблюдается резкое возрастание момента инерции как функции угловой частоты вращения, причем иногда настолько быстрое, что в действительности угловая частота даже несколько уменьшается при возрастании углового момента [1]. Наиболее интересные экспериментальные данные были представлены в докладах А. Йонсона (Швеция), Р. Лидера (ФРГ) и А. Суньяра (США). В частности, А. Суньяр сообщил о наблюдении вращательных состояний со спином  $I = 20, 22$  в ядрах  $Dy^{153}$ ,  $Er^{162}$ ,  $Hf^{170}$ .

Обсуждались три возможные причины аномального поведения момента инерции: 1) резкое изменение деформации ядра; 2) фазовый переход, обусловленный разрушением парных корреляций при больших угловых моментах; 3) эффект развязывания, когда при больших угловых моментах для двух или более нуклонов резко меняется схема связи (замена сильной связи на слабую).

Теоретические исследования, связанные с первой гипотезой, носят в основном феноменологический характер и обычно представляют собой различные модификации модели с переменным моментом инерции или формулы Харриса. Среди этих исследований представляет интерес попытка П. Тиббергера (США) восстановить вид потенциальной энергии как функции момента инерции из экспериментальных энергий вращательных состояний. Оказалось, что даже небольшие отклонения хода потенциальной энергии от параболической кривой приводят к значительному изменению

момента инерции как функции угловой частоты вращения. В докладе С. Вальборна (Швеция) изложен метод описания энергий ротационных состояний вплоть до высоких значений спина с помощью полиномиального разложения для момента инерции как функции углового момента (обычно используются три-четыре параметра). Ограниченность феноменологических подходов обусловлена как отсутствием в них ясной физической динамики процесса вращения, так и невозможностью (или весьма неопределенной возможностью) получения конкретных теоретических предсказаний.

Вторая гипотеза развивалась в рамках микроскопических подходов в докладах Р. Соренсена (США), К. Кумара (США), З. Шиманьского (Польша) и др. Используя различные математические методы, авторы исследуют влияние фазового перехода ядра из сверхтекучего состояния в нормальное на величину момента инерции. В точке фазового перехода все модели предсказывают резкий скачок величины момента инерции, что качественно согласуется с эмпирическими данными. Основная трудность такого подхода — необходимость точного рассмотрения парных корреляций вблизи точки фазового перехода. К. Кумар указал также, что очень важно одновременно рассматривать изменение величины как энергетической щели, так и деформации ядра. Проведенные им расчеты для ядра  $Dy^{160}$  показали, что деформация медленно возрастает до спина  $I = 16$  (центробежное растяжение ядра), а затем резко уменьшается при фазовом переходе. Одновременно скачком уменьшается среднеквадратичный радиус.

Альтернативная модель (третья гипотеза) была изложена в докладе Ф. Стивенса (США). В ней аномальное поведение момента инерции связывается с корiolисовым взаимодействием двух ротационных полос — полосы основного состояния и полосы на нектором двухквaziчастичном возбужденном состоянии, в котором квазичастицы слабо связаны с остовом. Физически такое «развязывание» может наступить при больших угловых моментах ( $I \approx 10 \div 12$ ) [2]. Отметим, что поведение момента инерции при больших спинах и фазовые переходы в ядрах ранее исследовались советскими учеными Ю. Т. Гринем и А. И. Ларкиным [3].

Все рассмотренные гипотезы, качественно описывая энергетику вращательных полос, приводят, вообще говоря, к различным предсказаниям величин среднего квадратичного радиуса, магнитного момента, квадратурного момента и вероятностей переходов в полосе при высоких значениях спина, что открывает широкие возможности для экспериментальной проверки.

Для нечетных атомных ядер к настоящему времени также накоплена обширная экспериментальная информация о вращательных состояниях с большим угловым моментом. Обзор этих данных был представлен в докладе С. Хьюрса и Т. Линдблада (Швеция), Р. Даймонда (США), Ж. Таглафери (Италия). Феноменологическое описание вращательных полос в нечетных ядрах часто невозможно из-за сильных неадиабатических эффектов, обусловленных связью нечетного нуклона с вращением и внутренним движением четно-четного остова. Теоретические вопросы описания свойств вращательных состояний в нечетных ядрах обсуждались в указанных докладах, а также в докладе автора настоящей статьи.

Большой интерес представил обзорный доклад Л. Гродзинса (Дания), в котором рассматривались возможности исследования атомных ядер с помощью ускорителей тяжелых ионов. Отмечено, что кулоновское возбуждение можно эффективно использовать для исследования ядерных состояний с высоким спином, поскольку с ростом массы заряженных ионов сильно возрастает роль неупругих каналов. Использование очень тяжелых ионов позволяет расширить диапазон времен жизни ядерных состояний, измеряемых методом доплеровского смещения. Открываются также новые возможности для измерения распределения плотности заряда и мультипольных моментов ядер. В реакциях с тяжелыми ионами в ядрах вследствие ионизации внутренних оболочек возникают большие атомарные сверхтонкие поля. Это можно использовать для исследования магнитных моментов ядер в возбужденных состояниях. Так, напряженность магнитного поля порядка  $10^{11}$  эс позволит измерить магнитный момент ядерного состояния с временем жизни порядка  $1$  нсек.

В докладах Г. Холма (Швеция), Э. Сойковски (Польша), Т. Сужихара (США), Ж. Верве (Бельгия), Ф. Стари (ОИЯИ), К. Майера (ФРГ) и других обсуждались свойства сферических, околосферических ядер и ядер переходных областей. Здесь накоплена большая экспериментальная информация, описание которой требует, по-видимому, значительного развития существующих ядерных моделей.

Доклады Д. Варда (Канада), Б. Бочева (ОИЯИ), В. Андрейчева (ГДР) посвящены измерению времен жизни ядерных состояний и их систематике.

Исследования резонансных состояний ядер и связанных с ними эффективных зарядов обсуждались в докладах И. Хамамото (ФРГ), Г. Астнера (Швеция), Я. Бломквиста (Швеция), Т. Ямазаки (Япония), Т. Валчера (ФРГ). В последнем докладе сообщалось о наблюдении в ядрах Се, La и Pг гигантских M1- и E2-резонансов при энергиях 8,7 и 12 Мэв соответственно в процессе неупругого рассеяния электронов назад. Даны оценки радиационных и полных ширин резонансных состояний.

Вопросы поляризуемости атомных ядер и элементарных частиц обсуждались Т. Эрикссоном (ЦЕРН). Соответствующие экспериментальные данные, полученные при исследовании экзотических атомов (атомов с помещенными в них адронами либо мюонных атомов), приводились Ж. Бакеншотсом (ЦЕРН), Х. Бакке (ФРГ), Р. Энгфером (ЦЕРН).

На заключительном заседании были заслушаны сообщения К. Канкелейта (ФРГ) о строительстве нового ускорителя тяжелых ионов в Дармштадте и Р. Даймонда (США) о реконструкции ускорителя тяжелых ионов в Беркли.

Работа симпозиума показала, что реакции с тяжелыми ионами позволяют получить широкую и вместе с тем уникальную информацию о структуре атомных ядер, причем в ближайшие годы можно ожидать существенного роста объема и качества этой информации. В теоретическом отношении основное внимание было сосредоточено на фундаментальной проблеме микроскопического описания вращения атомных ядер, которое было бы справедливо при любых угловых моментах.

Необходимо отметить хорошую и четкую организацию работы симпозиума, что в немалой степени способствовало его успеху.

Н. И. ПЯТОВ

#### ЛИТЕРАТУРА

1. A. Johnson et al. Nucl. Phys., A179, 753 (1972).
2. F. Stephens, R. Simon. Nucl. Phys., A183, 257 (1972).
3. Ю. Т. Гринь, А. И. Ларкин. «Ядерная физика», 2, 40 (1965).

## IV Международная конференция по криогенной технике

В конце мая 1972 г. в Эйндховене (Нидерланды) состоялась IV Международная конференция по криогенной технике. Подобные конференции проводятся один раз в два года; первые три состоялись в Японии, Англии, Западном Берлине. В работе приняло участие около 400 специалистов более чем из 30 стран. Заслушано свыше 100 докладов, охвативших все основные направления развития криогенной техники. Большая часть докладов посвящена исследованию различного типа рефрижераторов, сверхпроводимости, передаче электроэнергии по криогенным кабелям, теплопередаче при различных условиях, криогенной откачке и свойствам материалов при низких температурах.

Следует отметить рефрижератор без движущихся частей (при низких температурах), способный поддерживать температуру  $90-100^\circ\text{K}$ , разработанный фирмой «Аэрликвид» (Франция). Он работает на газовой смеси, состоящей из бутана, этана, метана и азота. Регенератор сделан из трубок, заполненных металлическими шариками, разделенными в продольном направлении частицами изоляционного материала. Низкая энергетическая эффективность такой установки (необходимо затратить 1—2 кВт для получения 10 Вт при  $100^\circ\text{K}$ ) компенсируется простотой устройства и надежностью в работе. В настоящее время фирма исследует возможность применения таких рефрижераторов в ловушках для вакуумных насосов и системах охлаждения инфракрасных детекторов.