1969 г. Май *Том 98, вып. 1*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

539.142

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО СТРУКТУРЕ ЯДРА
(Дубна, 4—11 июля 1968 г.)

Международный симпозиум по структуре ядра, проходивший в Дубне 4—11 июля 1968 г., был организован Объединенным институтом ядерных исследований (председатель Оргкомитета академик Н. Н. Боголюбов) при поддержке Международного союза чистой и прикладной физики и Международного агентства по атомной энергии. Симпозиум был посвящен в основном обсуждению проблем экспериментальных и теоретических исследований структуры сложных ядер. В работе Симпозиума принимали участие около 500 ученых из Советского Союза и 27 зарубежных стран.

На пленарных заседаниях Симпозиума обсуждались обзоры приглашенных докладчиков по заранее предложенной Оргкомитетом тематике. Обзорные доклады будут опубликованы в 1969 г. Международным агентством по атомной энергии. Краткие оригинальные сообщения были опубликованы и розданы участникам перед началом работы Симпозиума в виде сборника *). Некоторые из них были доложены на пленарных заседаниях и на семинарах.

Перед началом Симпозиума в Дубне проходило Совещание экспертов под названием «Будущее исследований в области структуры ядра», организованное МАГАТЭ. Результаты дискуссии были изложены на первом заседании Симпозиума в докладах Г. Н. Флерова (ОИЯИ), В. Вайскопфа (США) и Д. Уилкинсона (Англия).

Г. Н. Флеров в докладе «Перспективы синтеза новых изотопов и элементов» дал анализ возможных путей получения изотопов вдали от линии стабильности ядер и новых трансурановых элементов **). Наиболее перспективным путем является, по-видимому, деление тяжелых составных ядер, образующихся при облучении тяжелых мишеней тяжелыми ионами. В частности, необходимо научиться облучать уран ураном с целью получения тех трансуранов ($Z = 110—114$), для которых теория, учитывающая влияние замкнутых нуклонных оболочек, предсказывает значительное возрастание устойчивости. Недавно в ядерных фотоэмульсиях, облученных в космосе, английские ученые нашли несколько следов урана и два трека частиц с зарядом $Z > 106$. Период полураспада этих ядер должен быть сравним или больше времени их путешествия через космос, измеряемого сотнями тысяч — миллионами лет. Г. Н. Флеров предлагает организовать поиск таких, созданных самой природой, трансуранов на Земле.

В докладе В. Вайскопфа характеризуется значимость ядерной физики: ее место в ряду других наук, ее роль в обществе и пути ее дальнейшего развития. Используя свою классификацию наук на интенсивные и экстенсивные, Вайскопф ставит ядерную физику в промежуточную позицию между физикой элементарных частиц и другими частями физики. К наукам экстенсивным, т. е. имеющим сегодня массу применений в других науках и в различных областях человеческой деятельности, он относит, например, атомную физику, а к наукам интенсивным — физику элементарных частиц, не имеющую пока обширных применений, но являющуюся острием исследований. Интенсивные науки в своем развитии со временем становятся экстенсивными.

Ядерная физика в настоящее время обладает как интенсивными, так и экстенсивными чертами. Занимаясь ядерной физикой, мы в состоянии исследовать совершенно новые явления природы, мы стремимся продвинуться вперед в отношении ряда фундаментальных проблем физики, наконец, мы создаем новые идеи, концепции и методы мышления, которые широко проникают в другие науки. Высказывая свое суждение о будущем ядерной физики, В. Вайскопф предсказывает наибольший прогресс в области применения ее в других науках, таких, как астрофизика, физика твердого тела.

*) Препринт ОИЯИ Д-3893 (1968).
**) См. Г. Н. Флеров, УФН 95 (1), 25 (1968).

В этой связи актуален его призыв, обращенный к специалистам: «Мы не должны быть ядерщиками, мы должны быть физиками».

Доклад Д. Уилкинсона посвящен главным образом перспективам использования методов физики высоких энергий для исследования ядерной структуры. Проникновение ядерной тематики в физику элементарных частиц становится насущной потребностью развития обеих наук. Методами физики высоких энергий можно получать такую информацию о ядре, которая не может быть получена обычными методами. Это прежде всего информация о распределении заряда ядра и его массы по радиусу, о распределении нейтронов относительно протонов, о распределении нуклонов в ядре по импульсам, о взаимодействии (корреляциях) нуклонов в ядре и т. д.

Эксперименты Хофштадтера по рассеянию быстрых электронов на ядрах уже давно получили права гражданства в ядерной физике. В последнее время достигнуты успехи в исследовании спектров рентгеновских лучей из μ-мезоатомов (см. ниже раздел I). Соответствующие данные в совокупности с результатами по рассеянию электронов дают новую информацию о зарядовом радиусе ядра. В докладе дан анализ и других возможных экспериментов с мезоатомами. Так, например, изучение поглощения K-мезонов в веществе может дать информацию о свойствах поверхности ядра, поскольку захват происходит с орбит, проходящих на периферии ядра. Некоторые из обсуждаемых докладчиком экспериментов осуществляются, другие могут быть осуществлены уже сейчас на действующих ускорителях. Ряд экспериментов перспективен в связи со строительством сильноточных ускорителей — мезонных фабрик.

В целом, несмотря на то, что использование методов физики высоких энергий в ядерной физике находится на начальном этапе, оно заслуживает самого серьезного внимания специалистов.

Основное внимание на Симпозиуме было уделено обсуждению следующих проблем:

I. Структура основных и низколежащих возбужденных состояний ядер.
II. Состояния с большой энергией возбуждения.
III. Равновесные деформации и ядерное деление.

I. СТРУКТУРА ОСНОВНЫХ И НИЗКОЛЕЖАЩИХ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР

За последние годы заметно увеличился поток новой спектроскопической информации, получаемой из β-распада, ядерных реакций, ядерного деления и т. д. В настоящее время для большого числа ядер известны многие свойства десятков возбужденных состояний до энергий 1—2 *Мэв* (спины, энергии, вероятности переходов, магнитные и электрические моменты и т. д.). Теория стремится с единой точки зрения описать эти свойства ядерных состояний. Экспериментальные исследования как служат для проверки существующих теорий и моделей, так и стимулируют развитие новых представлений о ядерной структуре.

Теоретические исследования по структуре сложных ядер, представленные на Симпозиуме, грубо можно разделить на три направления:

а) Применение и развитие феноменологических моделей (обобщенная модель Бора—Моттельсона, объединяющая в себе свойства оболочечной и капельной моделей; модель Давыдова для неаксиальных ядер).

б) «Микроскопические» подходы, в которых за основу берется оболочечная или обобщенная модель и учитываются остаточные взаимодействия нуклонов в незаполненных оболочках в рамках методов Тамма—Данкова, метода случайной фазы или метода Хартри—Боголюбова.

в) «Реалистические» подходы, в которых эффективные силы между нуклонами в ядре либо вычисляются, исходя из потенциала нуклон-нуклонного взаимодействия (полученного из экспериментов), либо параметризуются. В первом направлении используется теория Бракнера и Бете для ядерной материи, во втором — метод ферми-жидкости, развитый Ландау.

Анализ экспериментальных данных в настоящее время проводится в основном на базисе вышеуказанных подходов.

Первое направление теоретических исследований было представлено обзором А. С. Давыдова (СССР), в котором показано, что модель неаксиальных ядер с успехом применяется для анализа вероятностей $E2$-переходов и квадрупольных моментов возбужденных состояний ядер.

В настоящее время наиболее широко применяются «микроскопические» подходы, базирующиеся на сферическом или деформированном среднем поле ядра. Модели описывают коллективные вибрации ядер как фононные возбуждения, используя различные типы эффективных взаимодействий (парные, квадрупольные и октупольные, зависящие от спина и изотопического спина) в каналах частица—частица и частица—дырка. Каждому типу эффективного взаимодействия соответствует коллективное фононное состояние ядра (парные, квадрупольные и октупольные вибрации; аналоговые состоя-

ния, связанные с $\tau_{\pm}$-оператором; состояния гамов-теллеровского супермультиплета, связанные с оператором $\sigma\tau_{\pm}$, и т. д.).

Анализ экспериментальных данных, представленный в докладах Р. Шелайна и Ч. Рича (США), показал, что порядок и относительное энергетическое положение низколежащих состояний в нечетных деформированных ядрах удовлетворительно описываются обобщенной моделью ядра с учетом спаривательного и ряда остаточных дальнодействующих взаимодействий. Экспериментальные данные теперь ясно показывают, что многие из наблюдаемых состояний ниже 1 *Мэв* не являются чистыми одночастичными. Наблюдается сильное смешивание состояний различной природы (смешивание одночастичных состояний через взаимодействие Кориолиса, смешивание состояний с разными главными квантовыми числами, взаимодействие квазичастиц с вибрациями четного остова).

Усилия теоретиков направлены на улучшение точности модели как путем лучшего описания среднего поля ядер (например, значительная часть расчетов проводится на базе конечного потенциала типа Саксона—Вудса), так и путем учета ангармонических эффектов (т. е. смешивания одно- и двухфононных состояний) и взаимодействий квазичастиц с вибрациями четного остова ядра. Обзор последних достижений в этих направлениях для деформированных ядер был представлен В. Г. Соловьевым (ОИЯИ). Численные расчеты показали, что ангармонические эффекты в деформированных ядрах малы. Роль их возрастает для ядер в переходных областях и сферических ядер. Однако выход за рамки квазибозонного приближения пока приводит к значительным вычислительным трудностям.

Представляет большой интерес всестороннее исследование структуры ядерных состояний как в распадных процессах, так и особенно с использованием различных типов ядерных реакций. Примеры исследования такого типа продемонстрированы в докладе Р. Шелайна (США). Эти исследования позволяют получать сведения об амплитудах смешивания состояний различной природы и показывают, что современные микроскопические модели удовлетворительно согласуются с экспериментом. Характерной особенностью современных экспериментальных спектроскопических исследований является наблюдаемая в прямых ядерных реакциях «размазка» одночастичных состояний по спектру уровней ядра, что находится в полном соответствии с расчетами, выполненными В. Г. Соловьевым с сотрудниками. Аналогичные расчеты проводятся также в ряде других лабораторий.

Совершенствование техники исследований сложных γ-спектров (германиевые детекторы) позволило экспериментаторам в течение последних лет обнаружить в ряде четно-четных ядер в области энергий до 2 *Мэв* значительное количество 0^+-состояний. Обзору этих новых данных был посвящен доклад Б. С. Джелепова (СССР). Из анализа этих сведений следует, что только небольшое число низколежащих 0^+ состояний может быть идентифицировано с β-вибрациями. Как феноменологические модели, так и микроскопические модели пока не могут удовлетворительно объяснить свойства остальных 0^+-состояний. В настоящее время развивается ряд новых теоретических подходов к решению этой проблемы. Так, С. Т. Беляевым (СССР) изучен новый тип 0^+-возбуждений, возникающих при наложении на спаривательное взаимодействие условия градиентной инвариантности. Эти возбуждения характеризуются большими вероятностями $E0$-перехода в основное состояние. Ряд свойств точных решений гамильтониана со спаривательным взаимодействием исследован в докладе Д. Расмуссена (США).

На Симпозиуме обсуждалось также новое направление в физических исследованиях: использование реакций передачи двух частиц в ядерной спектроскопии. В последние годы эти реакции использовались для исследования парных вибраций в околомагических ядрах. Основные особенности этой коллективной моды подробно обсуждены в докладе О. Бора (Дания). Представляет большой интерес совершенно новая трактовка проблемы парных корреляций, основанная на понятии среднего парного поля (пропорционального величине щели), рождающего пару нуклонов на сопряженных по времени орбитах в ядре и приводящего к несохранению числа частиц. Для статического парного поля можно разделить движение в ядре на внутреннее и коллективное «вращательного типа». Химический потенциал в этом «вращательном» движении играет роль частоты, а уравнения для щели совпадают с формулами крэнкинг-модели для вращений. Такой подход позволяет исследовать ангармонические эффекты в колебательном движении и переход от колебательного к вращательному спектру.

Результаты экспериментальных исследований околомагических ядер в реакциях передачи двух нуклонов, например (p, t)- и (t, p)-реакций, были доложены на Симпозиуме О. Натаном (Дания).

Создание микроскопической теории ядерных вращений остается одной из важных задач ядерной физики. На Симпозиуме обсуждались некоторые возможные подходы к решению задачи о едином описании вращательных и колебательных движений в ядрах (С. Т. Беляев, Т. Марумори (Япония) и др.)

Другие коллективные моды, связанные с одночастичными операторами $E2$- и $E3$-переходов, а также с оператором гамов-теллеровского β-распада, обсуждались

в докладах Р. Соренсена (США) и П. Фогеля (Чехословакия). Как правило, для их описания используют метод Тамма—Данкова или метод случайной фазы. В исследовании этих типов коллективных движений в ядрах (особенно в тяжелых ядрах) в настоящее время достигнут значительный прогресс.

«Реалистические» подходы в теории ядра были представлены на Симпозиуме докладами А. Б. Мигдала (СССР), Дж. Брауна (США) и И. Н. Михайлова (ОИЯИ).

Теория Мигдала базируется на методе квазичастиц, развитом в теории поля и примененном к конечным ядерным системам. Нижайшие возбуждения ферми-систем рассматриваются как возбуждения одной или нескольких квазичастиц, свойства которых (масса и «заряд») могут существенно отличаться от свойств свободных нуклонов. Константы, описывающие движение и взаимодействие квазичастиц, определяются из сравнения теории с экспериментом. В принципе теория позволяет вычислить и связать между собой многие низкоэнергетические процессы в ядре. В докладе А. Б. Мигдала обсуждены особенности теории, отличающие ее от других подходов к исследованию ядра, и намечен ряд важных проблем (например, отрицательное изотопическое смещение, расчет квадрупольных моментов возбужденных состояний и др.), которые предстоит исследовать в теории.

Другой подход в теории ядра базируется на теории ядерной материи Бракнера и Бете. В этом подходе эффективные силы в ядре вычисляют, используя «реалистическое» взаимодействие между свободными нуклонами. Обзор этого направления дал Дж. Браун.

Философски вышеуказанные подходы сильно различаются. Практически описания многих ядерных процессов в этих теориях близки между собой (например, в обоих подходах получаются эффективные квадруполь-квадрупольные силы в результате поляризации среды).

В докладе И. Н. Михайлова предложен вариационный способ вычисления матричных элементов эффективного взаимодействия, с использованием данных об основных свойствах ядер, в частности, зависимости энергии ядра от распределения плотности. Проведен анализ эффективных сил в методе случайной фазы, основанный на понятии о модельном пространстве состояний К. Блоха и Дж. Хоровица.

Вычислительные трудности в «реалистических» подходах привели к развитию других методов в теории ядра, использующих простые эффективные взаимодействия. В частности, эффективные взаимодействия были использованы для исследования свойств ядер с замкнутыми оболочками и в теории ядерной поверхности. Обычно используемые эффективные взаимодействия выбираются так: а) чтобы объяснить энергию связи (-16 *Мэв*/A) и плотность ядерной материи в первом порядке теории возмущений; б) взаимодействие должно быть достаточно несингулярным, чтобы члены второго порядка теории возмущения были малы; в) можно объяснить хотя бы некоторые эффекты взаимодействия свободных нуклонов. Обзор полученных результатов был представлен на Симпозиуме в докладе С. Московского (США).

Как правило, используемые в настоящее время эффективные взаимодействия не дают достаточной энергии связи для ^{16}O и других ядер с замкнутыми оболочками. Как указывает С. Московский, необходимо в этом подходе учитывать корреляции в основном состоянии, а также, возможно, вводить в эффективное взаимодействие зависимость от плотности.

Большой интерес вызывают в настоящее время появившиеся в последние годы новые экспериментальные методы определения средних радиусов ядер. Методы определения зарядовых радиусов ядер изотопов ($\Delta \langle r^2 \rangle$) путем измерения объемного изотопического сдвига рентгеновских линий в обычных атомах и в μ-мезоатомах и последние результаты этих исследований были рассмотрены в докладах О. И. Сумбаева (СССР) и К. С. Ву (США). Наиболее интересным результатом этих исследований является обнаружение эффекта отрицательного изотопического сдвига для ядер некоторых изотопов (например, изотопов бария)— эффекта уменьшения размеров ядра при увеличении числа нейтронов. Этот эффект пока не нашел удовлетворительного теоретического объяснения. В докладе Л. Гродзинса (США) были представлены последние результаты измерений разницы средних радиусов первых возбужденных и основных состояний для ряда четно-четных деформированных ядер, используя эффект Мёссбауэра и эффект изомерного сдвига в μ-мезоатомах. Эти результаты указывают на то, что в области изотопов вольфрама — осмия средние радиусы первых возбужденных состояний меньше средних радиусов основных состояний.

II. СОСТОЯНИЯ С БОЛЬШОЙ ЭНЕРГИЕЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Спектры ядер при высоких энергиях возбуждения (здесь имеется в виду величина порядка энергии связи нуклона) представляют собой другую обширную область исследований в современной ядерной физике. На Симпозиуме обсуждался весьма ограниченный круг проблем из этой области, а именно работы по нейтронной спектроскопии и проблеме состояний ядра в непрерывном спектре, включая аналоговые состояния.

Для нейтронной спектроскопии последних лет характерно резкое возрастание темпа исследований, непосредственным образом связанное с методическим перевооружением лабораторий, в частности, с развитием импульсных источников нейтронов. Докладом Ф. Л. Шапиро (ОИЯИ) «Некоторые результаты и перспективы изучения атомных ядер методами нейтронной спектроскопии» на Симпозиуме было представлено направление в нейтронной спектроскопии, развиваемое на импульсном реакторе ИБР Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Программа исследований направлена на детальное изучение свойств индивидуальных резонансов.

Здесь впервые были обнаружены α-частицы, испускаемые из резонансов составного ядра. Удалось измерить спектры этих α-частиц, обнаружившие ряд особенностей в сравнении с α-распадом из основных состояний ядер. Осуществлены опыты с поляризованными резонансными нейтронами и поляризованными ядрами. Нейтроны поляризуются при пропускании их через поляризованную протонную мишень, тогда как ядра поляризуются статическим методом при температуре около 0,05 °К. Проводится изучение спектров γ-лучей при резонансном захвате нейтронов. Исследуются резонансы делящихся ядер.

В докладе Л. Б. Пикельнера (ОИЯИ) «Плотность уровней ядер и силовые функции» собран и проанализирован материал, полученный в Лаборатории нейтронной физики при измерении полных и парциальных эффективных сечений на разделенных изотопах ядер редкоземельной области и ядер среднего атомного веса. Обсуждается поведение в функции от массового числа силовой функции и параметра плотности одночастичных состояний вблизи энергии Ферми. Для последнего параметра из экспериментальных данных по нейтронным резонансам вытекает существование максимума вблизи $A = 150$. Такое поведение плотности одночастичных состояний в переходной области от сферических ядер к деформируемым может быть объяснено введением той же оболочечной поправки к полной энергии ядра, которая уже дала объяснение новым фактам в подпороговом делении (см. раздел III).

Роль простых возбуждений при образовании компаунд-ядра была предметом обсуждения в докладе П. Акселя (США). Рассматривались так называемые «входные состояния», т. е. образование простой конфигурации (например, типа «две частицы — дырка») на начальном этапе ядерной реакции до образования составного ядра. Следствием такой модели является предсказание промежуточной структуры в нейтронной силовой функции, накладывающейся на «гросс-структуру» гигантского резонанса. Кроме того, возможно влияние входных состояний и на радиационную силовую функцию, следствием чего будет усиление вероятности переходов на те низколежащие состояния ядра, которые имеют структуру, родственную входной конфигурации. В докладе рассмотрены результаты ряда экспериментов, которые можно интерпретировать как проявление входных состояний.

К настоящему времени появилась обширная информация о γ-спектрах из высоковозбужденных ядерных состояний, полученная с помощью полупроводниковых детекторов высокого разрешения. Обзору этой информации и теоретических проблем, связанных с парциальными γ-переходами, посвящен доклад Л. Боллингера (США). По мнению докладчика, сейчас установлено, что флуктуации парциальных ширин переходов из отдельных резонансов на заданный низколежащий уровень ядра соответствуют распределению Портера—Томаса с числом степеней свободы, равным единице. Однако остается невыясненной степень зависимости от энергии для парциальных ширин, усредненных по многим резонансам; в этом направлении начаты интенсивные эксперименты.

Прекрасное разрешение германиевых детекторов в сочетании с мощными нейтронными источниками позволило приступить к поиску отклонений γ-спектров от статистического описания, обусловленных эффектами ядерной структуры. Обнаружена корреляция парциальных ширин с приведенными нейтронными ширинами резонансов, что, по-видимому, демонстрирует существование заметной одночастичной компоненты в волновой функции высоковозбужденных захватных состояний некоторых ядер. В ряде ядер обнаружены высокоэнергичные магнитные дипольные переходы, интенсивность которых намного превосходит оценку по одночастичной модели.

Объектом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований становится область еще больших энергий возбуждения составного ядра, соответствующая непрерывному спектру. Со статистической точки зрения здесь ожидалась плавная картина энергетического хода сечений. Однако в эксперименте для многих ядер была обнаружена тонкая структура сечений фотоядерных реакций в области гигантского резонанса. Таким особенностям коллективных состояний ядра в непрерывном спектре посвящены теоретические доклады В. В. Балашова (СССР) и В. Жиле (Франция). Расчеты Жиле проделаны для дважды магического ядра O^{16}. Была учтена связь (перекрытие) простейших виртуальных состояний типа «частица — дырка» с квазисвязанными состояниями «несколько частиц — несколько дырок», взятыми по оболочечной модели. Полученная в результате тонкая структура сечения качественно согласуется с экспериментом. В докладе Балашова дан обзор различных теоретических подходов к проблеме коллективных состояний и их распада с эмиссией частиц. Для

расчета одночастичной протонной ширины разработан метод связи каналов. В качестве примера рассчитана ширина аналога основного состояния свинца-208, проявляющегося в виде узкого резонанса при рассеянии протонов с энергией около 11.5 *Мэв* на мишени свинец-207.

Доклад Теммера (США) содержит обзор работ последних семи лет по традиционной для изобар-аналоговых резонансов тематике, включающей наблюдение изобар-аналогов в реакции упругого и неупругого рассеяния протонов на большом числе ядер, определение спинов этих резонансов в поляризационных экспериментах, измерение спектров γ-лучей из аналоговых состояний и т. д. Отмечается прогресс в исследовании резонансов, запрещенных по изотопическому спину.

III. РАВНОВЕСНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ И ЯДЕРНОЕ ДЕЛЕНИЕ

Этим проблемам на симпозиуме были посвящены три заседания.

В докладе С. М. Поликанова (ОИЯИ) были изложены и проанализированы экспериментальные данные о спонтанно делящихся изомерах. Вкратце они сводятся к следующему. У ряда изотопов тяжелых элементов (Np, Pu, Am, Cf) имеются изомерные состояния, распадающиеся путем спонтанного деления. Других типов распада этих состояний не обнаружено. Энергия возбуждения для них (в тех случаях, где она измерена) около 3 *Мэв*. Спонтанно делящиеся изомеры, впервые обнаруженные в реакциях с тяжелыми ионами, могут быть получены в реакциях под действием нейтронов, протонов, дейтонов. Оценки значения спина показывают, что он невелик, и стабильность изомера по отношению к γ-переходу не может быть понята на основании обычных правил отбора.

В докладе Д. Линна (Англия) «Структурные эффекты в ядерном делении» анализируются недавно открытые в Саклé (Франция) и Гилé (Бельгия) аномалии в ходе сечения деления ряда изотопов подбарьерными нейтронами. Делительные резонансы проявляются в виде групп, расстояние между которыми существенно превышает расстояние между резонансами для полных сечений. Кроме того, делительные ширины оказываются аномально большими. К настоящему времени это явление установлено для Np^{237}, U^{234}, Pu^{240}, Pu^{242}.

Ключ к пониманию особенностей спонтанного деления изомеров и аномалий в подбарьерном делении, по-видимому, дает теория, развитая В. М. Струтинским (СССР). Полная энергия ядра в методе Струтинского представляется в виде $W = W_0 + \delta W$, где первый член — капельная энергия, а δW — оболочечная поправка. Этот член учитывает отклонение суммы одночастичных энергий и энергии парных корреляций от усредненных значений. Оболочечная поправка является осциллирующей функцией деформации с амплитудой, достигающей 5—6 *Мэв*. Таким образом появляются осцилляции и в зависимости энергии ядра от деформации. Минимум при наименьшей деформации соответствует основному состоянию. Теория хорошо согласуется с экспериментальными данными по деформациям основных состояний. В этой части метод Струтинского дает примерно те же самые результаты, что и суммирование одночастичных энергий, проведенное впервые Моттельсоном и Нильссоном в 1959 г. Однако в области больших деформаций новый метод, по-видимому, более правильно описывает поведение потенциальной энергии. Расчеты указывают на появление оболочечных минимумов при деформациях, превышающих равновесную. Эти минимумы, по-видимому, и ответственны за появление спонтанно делящихся изомеров. Возбужденные уровни во второй яме являются, вероятно, промежуточными состояниями, через которые происходит подбарьерное деление ядер. Расстояние между уровнями во второй яме существенно больше, чем в первой (из-за меньшей глубины). Поэтому участие состояний второй ямы в делении приводит к появлению групп резонансов, разнесенных на расстояния, соответствующие плотности уровней второй ямы. В докладе Д. Линна детально проанализирована эта модель. Рассмотрено взаимодействие между уровнями в двух ямах. Получены выражения для ширин подбарьерного деления. Качественное согласие с экспериментом вполне удовлетворительное.

Оболочечные эффекты в энергии деформации играют особенно важную роль при рассмотрении стабильности сверхтяжелых ядер. Струтинский, Пашкевич, Музычка применили метод оболочечной поправки для проверки стабильности к делению сверхтяжелых ядер в районе гипотетических магических ядер с $Z > 100$. (Ранее эта проблема в более грубой модели рассматривалась Майерсом и Святецким.)

Эта же проблема рассматривалась С. Г. Нильссоном, Д. Никсом, З. Шиманским и др. Эта работа излагалась в обзоре З. Шиманского (Польша). Авторы применили метод оболочечной поправки для различных параметров схемы одночастичных уровней с учетом гексадекапольной деформации. Ими были оценены периоды спонтанного деления сверхтяжелых ядер и показано, что в области $Z = 114$ можно ожидать существования достаточно стабильных ядер. Однако оценки здесь драматически зависят от экстраполяции параметров одночастичного потенциала и использованного значения массового коэффициента.

В докладе Шиманского обсуждается также вопрос о возможности сплюснутой деформации ядер. На конференцию были представлены работы Д. А. Арсеньева, В. Г. Соловьева и др., посвященные этой проблеме. Для ряда ядер расчеты дают два минимума в полной энергии ядра — при отрицательной и положительной деформациях. Однако первый нестабилен по γ-деформации. Другой вывод расчетов — возможность появления изомеров формы за счет изменения знака деформации при возбуждении ядра (в области переходных ядер и даже деформированных). Не исключена и стабильная сплюснутая деформация для ядер с Z и N между 50 и 82.

Деление ядер из высоковозбужденных состояний рассматривалось в докладе Ю. Ц. Оганесяна (ОИЯИ). Были представлены данные по массовым и зарядовым распределениям осколков деления, которые противоречат предсказаниям статистической модели деления. Расчеты эффективных моментов инерции (по угловым распределениям осколков) указывают на то, что форма ядра в седловой точке слабо зависит от энергии возбуждения и углового момента.

Ряд работ были доложены участниками Симпозиума на семинарах.

На заключительном заседании Симпозиума выступили члены Оргкомитета и его научные советники: Дж. Расмуссен, О. Бор, М. Сакаи (Япония), В. Г. Соловьев. Выступавшие подвели основные итоги обсуждения теоретических и экспериментальных проблем ядерной физики. Работа Симпозиума оценивалась как исключительно полезная и успешная. Хорошую организацию Симпозиума и его успешную работу отметил также представитель Международного союза чистой и прикладной физики Н. Хубер (Швейцария). Он информировал участников Симпозиума о программе будущих совещаний по ядерной физике. Следующий крупный международный симпозиум по структуре ядра планируется провести в 1970 г.

К. Я. Громов, В. А. Карнаухов, Н. И. Пятов, Э. И. Шарапов