

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОПРОСАМ  
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ**

С 2 по 7 июля 1956 г. в Амстердаме (Нидерланды) проходила Международная конференция по вопросам ядерных реакций, организованная Нидерландским физическим обществом. На конференции присутствовало более 500 делегатов из 27 стран, среди них 28 учёных из СССР.

Работа конференции открылась вводным докладом Бете, который подвёл итоги развития физики ядерных реакций за последние годы. Особенно важным, по мнению Бете, было развитие квазиоптической теории взаимодействия нейтронов с ядрами (работы Вайскопфа и др.). Справедливость этой теории в большом диапазоне энергий подтверждается хорошим согласием расчётных значений полных и дифференциальных сечений, а также сечений поглощения с опытными данными. В последние два года квазиоптическая модель получила благодаря работам Брюкнера и других хорошее теоретическое обоснование. В частности, это относится к методу вычисления мнимой части потенциала взаимодействия нейтрон — ядро, использованному Лэйном и Венделем. Существенным для понимания многих ядерных процессов оказалось развитие теории поверхностных явлений (стриппинг) и теории коллективных состояний ядер (О. Бор и Моттельсон). Интересно, что многие выводы коллективной теории совпадают с результатами оболочечной модели ядра. Появление всех этих «новинок» в теории ядерных реакций привело к тому, что стало уделяться меньше внимания статистической теории ядерных реакций. Надо заметить, однако, что статистическая теория является пока единственной теорией, качественно объясняющей почти все ядерные реакции в области от 1 до 50 Мэв, и необходимо лишь несколько видоизменить ее. Много ценных результатов получено за последние годы в области нейтронной физики. Развитие техники нейтронных селекторов позволило подробно исследовать плотность ядерных уровней, найти закономерности в распределении уровней по их ширинам и т. д. В задачах о рассеянии частиц высокой энергии основное внимание обращается на поляризационные явления, т. к. лишь на этом пути можно получить достаточно полные сведения о взаимодействии быстрых нуклонов с ядрами. Все эти вопросы, затронутые в вводном докладе Бете, подробно разбирались на отдельных заседаниях конференции, каждое из которых состояло из обзорного доклада (25—45 мин.) и нескольких коротких выступлений (5—10 мин.).

В первый день были заслушаны доклады Кристи, Гугелота и Гуса. Кристи доложил экспериментальные и теоретические работы по рассеянию протонов малой энергии лёгкими ядрами, включая  $\text{Be}^9$ ,  $\text{N}^{14}$ ,  $\text{N}^{15}$  и др. Различные методы анализа экспериментальных данных позволяют

установить свойства нижних возбуждённых состояний ядер. Исследовалось рассеяние на узких и широких резонансах, а также рассматривалась поляризация при резонансном рассеянии.

Гугелот сделал доклад о рассеянии протонов средней энергии полупрозрачными ядрами. Анализ данных по упругому рассеянию протонов позволяет сделать заключение о мнимой части потенциала взаимодействия, которая при этих энергиях меняется в пределах от 2 до 10 Мэв. Средняя длина пути протона в ядерном веществе оказывается порядка размеров ядра. В этой связи обычная картина образования составного ядра должна несколько измениться, а именно: следует учитывать не только взаимодействие на поверхности ядра, но также и прозрачность ядра. Если конечное состояние ядра совершенно не похоже на его начальное состояние, как, например, в реакции  $(p, \alpha)$ , то следует ожидать сильное отличие спектра  $\alpha$ -частиц от спектра неупруго рассеянных протонов в реакции  $(pp')$ . Действительно, эксперименты показывают, что испускание быстрых протонов оказывается во много раз более вероятным, чем испускание быстрых  $\alpha$ -частиц. В случае испускания протонов или  $\alpha$ -частиц малой энергии вероятности испускания оказываются примерно одинаковыми.

Гус в своём докладе сделал обзор экспериментов по кулоновскому возбуждению ядер. Были приведены и сравнены с экспериментом теоретические данные об угловых распределениях, вероятностях перехода и функциях возбуждения. Экспериментальные данные интерпретируются с точки зрения коллективной модели ядра.

С интересом был выслушан доклад В. Ф. Вайскопфа на тему «Образование составного ядра». Проблема составного ядра, как известно, состоит из двух частей: образование и распад составной системы. Докладчик изложил известный материал, позволяющий с точки зрения оптической модели ядра объяснить основные черты первой стадии процесса — образования составного ядра. В докладе были освещены, в частности, работы советских учёных (П. Э. Немировский), в которых изучался процесс образования составного ядра при рассеянии нейтронов с учётом свойств диффузной поверхности ядра. Докладчик рассмотрел также зависимость образования составного ядра и параметров оптической модели от энергии падающей частицы.

Вторая часть проблемы — распад составного ядра — гораздо сложнее. Исследовалась гипотеза Бора о независимости способа распада составного ядра от способа его образования. Анализ этой проблемы в свете новых данных показал, что условия независимости распада от способа образования выполняются весьма редко. Отклонения от гипотезы Бора вызваны не только процессами прямого взаимодействия падающей частицы с вылетающим нуклоном, но также и недостатком теплового равновесия в составном ядре. В заключение докладчик констатировал, что современная теория даёт описание процессов упругого рассеяния и всех процессов неупругого рассеяния в терминах оптической модели, но не может дать детальной картины отдельных процессов неупругого рассеяния.

О. Бор сделал доклад о возбуждении коллективных состояний ядра. Для изучения коллективных возбуждённых состояний ядра особенно удобно неупругое рассеяние, которое сопровождается прямым взаимодействием без образования составного ядра. В настоящее время наиболее полная количественная информация о коллективных состояниях получена при изучении процессов кулоновского возбуждения. Докладчик сделал обзор данных, касающихся нижних возбуждённых уровней ядра. Для чётно-чётных ядер эти уровни обычно можно приписать коллективным движениям нуклонов в ядре. В случае ядер с нечётным числом нуклонов степени свободы, соответствующие нижним состояниям ядра, включают в себя также степени свободы последнего нуклона. Характер коллектив-

ного движения в ядре существенно зависит от оболочечной структуры ядра. Для ядер с относительно малым числом нуклонов в незаполненных оболочках коллективное движение представляет собой колебание около сферической формы. Если число нуклонов в незаполненных оболочках достаточно велико, то ядро имеет равновесную форму эллипсоида. В этом случае коллективное движение представляет собой вращение и колебание около равновесной формы.

В дискуссии по докладу А. С. Давыдов сообщил результаты работы, выполненной совместно с Г. Ф. Филипповым, о моменте инерции системы взаимодействующих частиц. В. М. Струтинский рассказал о возбуждении вращательных состояний при  $\alpha$ -распаде чётно-чётных ядер. Л. А. Слив сделал сообщение об  $\alpha$ -распаде ядер с точки зрения модели оболочек. С интересом был прослушан доклад Р. А. Ванециана об экспериментах по упругому рассеянию быстрых протонов лёгкими ядрами, а также сообщение Л. А. Слива по работе Д. П. Алхазова, Д. С. Андреева, А. П. Гринберга и И. Н. Лемберга, в которой излагаются экспериментальные данные по кулоновскому возбуждению ядер ионами азота.

Юз в своём докладе «Нейтроны и строение ядра» изложил экспериментальный материал, касающийся резонансов в эффективных сечениях взаимодействия нейтронов с ядрами. Параметры этих резонансов дают значительную информацию о строении ядра. Были рассмотрены экспериментальные данные по следующим вопросам: 1) радиационная ширина энергетических уровней ядра; 2) распределение нейтронной ширины по уровням; 3) среднее расстояние между уровнями для различных ядер, а также расстояние между уровнями для отдельных ядер; 4) вероятность образования составного ядра; 5) радиус ядра, полученный из экспериментов с быстрыми и медленными нейтронами.

По вопросам ядерных реакций, вызываемых нейтронами, среди других работ советских учёных были зачитаны доклад И. И. Гуревича и М. И. Певзнера о закономерностях в распределении уровней ядер по энергии и доклад И. А. Радкевича, В. В. Владимировского и В. В. Соколовского об измерении полных эффективных сечений рассеяния резонансных нейтронов для ряда элементов.

Фремлин сделал доклад на тему «Развал ядра и реакции, вызванные тяжёлыми ионами». Развал средних и тяжёлых ядер, вызванный дейтронами и протонами с энергией около 100 Мэв, сопровождается вылетом сравнительно небольшого числа вторичных заряженных частиц, причём для самых тяжёлых ядер деление становится конкурирующим процессом. Характер реакций, вызванных тяжёлыми ионами, заметно меняется от лёгких ядер к тяжёлым. Для лёгких элементов вероятность образования составного ядра сравнительно невелика. В случае средних ядер процесс образования составного ядра, сопровождающийся испарением частиц, играет главную роль, причём с увеличением атомного веса процесс испарения нейтрона становится всё более преобладающим.

В докладе Уилера освещались новейшие экспериментальные и теоретические исследования по вопросу деления ядер, в том числе: 1) преобладание симметричного деления для висмута; 2) измерение угловой асимметрии деления в зависимости от энергии падающего нейтрона или  $\gamma$ -кванта; 3) выход энергии при симметричном и асимметричном делении; 4) немонотонная зависимость эффективных сечений деления в области энергий нейтрона порядка 1 Мэв.

По вопросам деления ядра среди других работ советских учёных были представлены также доклады Л. Е. Лазаревой об угловом распределении осколков деления при фотоделении урана и В. Г. Носова об энергетической зависимости делительной ширины.

Много внимания на конференции было уделено фотоядерным реакциям. Этой теме было посвящено два обзорных доклада (Эндт «Реакции захвата» и Вилкинсон «Фоторасщепление») и множество коротких

сообщений о проделанных экспериментах. В своём докладе Эндт отметил исключительную важность реакций захвата, сопровождающихся последующим испусканием  $\gamma$ -квантов, для обнаружения уровней ядер и их классификации по моментам и чётностям. В частности, именно данные по реакциям захвата на  $Al^{25}$  и  $Mg^{25}$  (преобладающая роль  $E2$  переходов по сравнению с  $M1$ ) привели к предположению, что у этих ядер (а возможно, и у других в этой области масс) существует достаточно хорошо выраженная ротационная структура. Доклад Вилкинсона был посвящён анализу экспериментальных данных о фоторасщеплении и обсуждению различных механизмов этого процесса. В частности, отмечено, что расчёты, основанные на оболочечной и коллективной моделях, справедливы только в области сравнительно малых энергий, так как для больших энергий  $\gamma$ -квантов всё определяется детальным характером волновых функций нуклонов в ядре. Анализ радиационных ширин при низких энергиях показывает, что для лёгких ядер вероятности дипольных переходов хорошо согласуются с предсказанием модели независимых частиц, хотя ширины многих переходов высшей мультипольности оказываются неожиданно большими — как и  $E2$  ширины — переходов в тяжёлых ядрах. Большой интерес вызвала та часть доклада Вилкинсона, в которой он говорил о механизме образования «гигантского резонанса» в сечении фоторасщепления. Им было показано, что «гигантский резонанс» совершенно естественно следует из оболочечной модели ядра, согласно которой процесс взаимодействия  $\gamma$ -кванта с ядром надо рассматривать как процесс прямого взаимодействия налетающей электромагнитной волны с одним из нуклонов ядра. При этом оказывается, что модель независимых частиц и статистическая модель дают очень близкие результаты, так что наблюдение «максвелловского распределения» продуктов расщепления не является достаточным критерием для выбора между этими двумя моделями. Вопросам фотоядерных реакций было посвящено много докладов советских учёных: О. В. Богданкевича, Л. Е. Лазаревой и Ф. А. Николаева «Неупругое рассеяние фотонов на  $^{115}In$ », Б. И. Гаврилова и Л. Е. Лазаревой «Выход фотонейтронов из средних и тяжёлых элементов», И. С. Шапиро «Фотоядерные реакции и рассеяние нуклонов лёгкими ядрами» и другие.

В специальном докладе Бете изложил основные идеи работ Брюкнера и др., в которых даётся приближённое решение задачи многих тел. Суть метода заключается в том, что задачу о системе сильно взаимодействующих фермионов удалось свести к задаче самосогласованного поля, в котором движутся нуклоны, взаимодействующие друг с другом по закону, зависящему от величины и характера этого общего самосогласованного поля. Таким образом, задача о движении нуклонов в ядре сводится: а) к выбору конкретного вида самосогласованного потенциала, б) к решению задачи о взаимодействии двух нуклонов в этом потенциале, в) к вычислению по полученному в пункте б) взаимодействию между двумя нуклонами самосогласованного потенциала и г) к варьированию выбранного в пункте а) потенциала таким образом, чтобы он совпал с вычисленным в пункте в). Первые расчёты такого рода были проделаны в работах Брюкнера, а сейчас в эту работу включилась группа физиков в Англии во главе с Бете. Существенно, что, несмотря на большие математические трудности этого метода, уже сейчас получены важные результаты, в значительной мере обосновывающие оболочечную модель ядра и квазиоптическую теорию ядерных реакций Вайскопфа.

Специальный день был отведён обсуждению реакций срыва и прямого взаимодействия. Помимо большого количества коротких выступлений, в большинстве которых сообщалось о выполненных экспериментах, было заслушано два больших обзорных доклада (Холт «Экспериментальные данные о реакциях «*pick-up*» а и о реакциях срыва» и теоретический доклад Горовица). Холт отметил, что значительный прогресс в технике

эксперимента и огромное количество полученных сейчас экспериментальных данных о реакциях срыва и «pick-up»'а ещё не используются полностью из-за несовершенства теории. Тем не менее, анализ угловых распределений и полных сечений дал за последние несколько лет очень ценные сведения о моментах и структуре многих состояний ядер. Много дополнительной информации может быть получено из опытов по угловой корреляции в реакции ( $d, p^0$ ) и из измерений поляризации протонов. В дискуссии по реакциям срыва были заслушаны доклад А. И. Ахнезера и А. Г. Ситенко о дифракционном развале и рассеянии быстрых дейтронов ядрами, доклад Г. Ф. Богданова, Г. А. Власова и др. о спектре нейтронов при бомбардировке лёгких ядер дейтронами с энергией 14 Мэв, доклад И. А. Немилова, К. П. Жеребцовой и Б. Л. Вайнштейна о соотношении между вероятностями реакций срыва и реакций с образованием промежуточного ядра и другие доклады советских учёных.

Рассеянию частиц высоких энергий были посвящены обзорные доклады Сегре («Рассеяние и поляризация при высоких энергиях»), Ван-Хова («Квазиоптическая модель упругого рассеяния нуклонов большой энергии на ядрах») и несколько коротких сообщений, в которых приводились экспериментальные результаты о рассеянии и поляризации протонов с энергией 50—300 Мэв на различных ядрах. Доклад Сегре был в основном посвящён анализу pp- и пр-рассеяний при 300 Мэв. В этой области сейчас имеется богатый экспериментальный материал (изучены однократное, двойное и тройное рассеяния), который, однако, оказался недостаточным для точного определения фаз в pp-рассеянии. Оказывается, имеется четыре набора фаз, удовлетворяющих в пределах точности эксперимента всем измеренным величинам (дифференциальное сечение, поляризация, деполаризация и т. д.), и дальнейшей задачей в этом направлении является выбор из этих четырёх наборов истинного набора фаз. В прениях Я. А. Смородинский отметил, что такой выбор можно сделать, если будет измерена корреляция поляризаций в pp-рассеянии, Ван-Хов в своём докладе привёл данные, показывающие, что данные по упругому рассеянию и поляризации протонов высокой энергии на ядрах разумно объясняются моделью полупрозрачного ядра с учётом спин-орбитальной связи.

Во время конференции было организовано посещение крупнейших физических лабораторий и институтов Нидерландов: Лаборатории Камерлинг-Опнеса и Института теоретической физики в Лейдене, лабораторий Амстердамского университета и др.

В целом конференция была хорошо организована, проходила в дружелюбной и деловой атмосфере и сыграла большую роль в установлении связей между учёными различных стран.

А. Б. и С. Д.