

В докладе Я. Урбанца (ЧССР) «Аномалии интенсивностей жестких  $\gamma$ -лучей при захвате резонансных нейтронов» сообщалось, что в опытах, выполненных на импульсном быстром реакторе ОИЯИ, были обнаружены аномально высокие интенсивности перехода на основное и первое возбужденное состояние в резонансе при  $E_n = 24,5$  эв. Энергии переходов равны 9,23 и 8,42 Мэв соответственно. Это говорит о том, что этот резонанс является очень сильным  $p$ -волновым резонансом; в случае, если он является  $S$ -волновым резонансом, можно сделать заключение, что применение жестких  $\gamma$ -лучей для идентификации четности захватного уровня в некоторых случаях оказывается спорным. Спектры импульсов сцинтилляционного и германиевого спектрометров записывались с помощью многомерного анализатора с памятью на магнитной ленте (128 амплитудных и 256 временных каналов). В случае измерений с германиевым спектрометром использовались 4096 амплитудных каналов. Разрешение времяпролетного спектрометра 0,12 мксек/м при измерениях со сцинтилляционным спектрометром и 0,6 мксек/м — с германиевым.

М. Петрашку (ССР) рассказал об измерениях, проводимых методом времени пролета, сечения деления  $Pu^{239}$  в интервале энергий 0,001—0,5 эв. В качестве детектора использовалась газовая сцинтилляционная камера со смесью 85% аргона и 15% азота. В измерениях использовался слой окиси плутония толщиной  $\sim 1$  мг/см<sup>2</sup>. Показано, что в широком интервале энергий от 0,1 до 0,001 эв произведение  $\sigma_t \cdot v$  постоянно в пределах  $\pm 10\%$ .

Доклад Н. Марталогу (ССР) был посвящен изучению неупругого рассеяния протонов с энергией 8,5 Мэв на  $Ne^{20}$  и  $S^{32}$  путем измерения угловых корреляций ( $p, p', \gamma$ ).

В докладе М. Петрашку (ССР) сообщалось об измерениях угловых корреляций  $\gamma$ -лучей при захвате тепловых нейтронов ртутью-199. Идентифицированы пять неизвестных энергетических уровней. Были определены спины нескольких уровней и захватного состояния.

Об измерениях угловых распределений и поляризации нейтронов в реакции  $B^{11}(p, n)C^{11}$  рассказал Н. Марталогу (ССР); он привел также результаты измерений поляризации упруго и неупруго рассеянных протонов с энергией 5,8 Мэв на  $Mg^{24}$ .

М. Петрашку (ССР) сообщил об исследовании схемы уровней  $J^{128}$  методом  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений.

В докладе Я. Грабовского (ОИЯИ) «О неупругом рассеянии сложных ядер» обсуждалась относительная роль кулоновского и ядерного механизмов возбуждения коллективных и одночастичных уровней при неупругом рассеянии сложных ядер в надбарьерной области энергий. Результаты этой работы могут быть использованы для интерпретации экспериментальных данных.

И. Бургет (ЧССР) сообщил о динамической поляризации протонов в облученных полимерах. Из исследованных полимеров наилучший результат получен для полиакрилоактана. Достигнута поляризация 4,8% при  $T^0 = 2,1^\circ K$  и поле  $H = 19$  кэ.

В докладе Е. Сосновского (ОИЯИ) о нейтронно-дифракционных исследованиях на реакторе ИБР сообщалось об экспериментах с целью выяснения возможностей реактора ИБР в области нейтронографии. Тепловые нейтроны рассеивались на поликристаллических образцах, и для фиксированного угла методом времени пролета измерялся энергетический спектр рассеянных нейтронов. Проверка метода производилась на образцах с известной структурой: Al, Zn, ZnO, Si. В диапазоне длин волн 1—6 Å была получена высокая разрешающая способность и большая светосила. Этот метод был применен к исследованию структуры сегнетоэлектрика — антиферромагнетика  $BiFeO_3$ . Получены нейтронограммы этого соединения для температур 20 и 450° C при углах рассеяния  $2\theta = 90$  и  $52^\circ$ .

На сессии Ученого совета ОИЯИ обсуждался также ряд организационных вопросов, связанных с деятельностью института. Ученый совет рассмотрел и одобрил представленный дирекцией план развития Объединенного института ядерных исследований на пятилетие 1966—1970 гг.

В. Бирюков, Ю. Рабов

## Международный симпозиум по электронным и фотонным взаимодействиям при высоких энергиях

В работе симпозиума, состоявшегося 8—12 июня 1965 г., приняло участие более 350 ученых из разных стран, в том числе 5 советских физиков. Местом работы был выбран Гамбург, так как недавно здесь был запущен электронный синхротрон DESY на 6 Гэв — одна из наиболее совершенных и мощных машин этого типа.

Экспериментальные и теоретические работы, обсуждавшиеся участниками симпозиума, группировались в основном около четырех вопросов: исследование электромагнитной структуры нуклонов и атомных ядер, проверка квантовой электродинамики на малых расстояниях, электро- и фоторождение частиц, совершенствование экспериментальной техники. Отдельное заседание было посвящено краткому обзору современного состояния работ по сильным взаимодействиям.

По электромагнитной структуре нуклонов существенно новых результатов не приводилось. Экспериментальные данные по рассеянию электронов на про-

тонах и дейтронах, доложенные в работах К. Бьюкена и М. Яриана из Станфордского университета и большой группы физиков ускорителя DESY (Х. Беренд, Х. Шопер и др.), несколько уточняют ранее известные значения сечений рассеяния, однако не изменяют общего положения в этой области.

Как было отмечено в обзоре Р. Хофштадтера, вплоть до очень больших значений передаваемого импульса  $q^2$  экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими выражениями для эффективных сечений, если электрический формфактор нейтрона  $F_{En}$  положить равным нулю, а три других формфактора нуклона — электрический и магнитный формфакторы протона  $F_{Ep}$  и  $F_{Mp}$  и магнитный формфактор нейтрона  $F_{Mn}$  — выбрать пропорциональными друг другу:

$$F_{Ep}(q^2) = F_{Mp}(q^2)/2,79 = F_{Mn}(q^2)/(1-1,91);$$

$$F_{En}(q^2) = 0.$$

С другой стороны, если для описания значений формфакторов, найденных из сравнения с экспериментальными данными, использовать полюсные формулы типа

$$F_x(q^2) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{a_{xi}}{1 + q^2/M_{xi}^2} + b_{xi} \right\},$$

которые следуют из предположения, что электромагнитные свойства мезонной оболочки нуклона определяются в основном нижними  $\pi - \pi$ -резонансами  $\rho$ ,  $\omega$  и  $\Phi$  ( $n \leq 2$ ), то согласно с опытом удается получить лишь в том случае, если для массы  $\rho$ -мезона выбрать значение  $M_\rho = 500 - 600 M_{эв}$ , что значительно меньше истинного ее значения  $M_\rho = 765 \pm 10 M_{эв}$ . (В этой формуле  $M_{xi}$  — массы пионных резонансов;  $a_{xi}$  и  $b_{xi}$  — подбираемые из сравнения с экспериментом постоянные, причем постоянные  $b_{xi}$  определяют электрические и магнитные заряды ядер протона и нейтрона). Противоречие можно устранить, если предположить, что в электромагнитные свойства нуклона существенный вклад вносит, по крайней мере, еще один изовекторный  $\pi - \pi$ -резонанс. Его масса должна быть около  $1200 M_{эв}$ , что довольно близко к массе недавно обнаруженного  $B$ -мезона. Однако свойства этого мезона еще плохо изучены.

Другой путь для преодоления затруднений с теоретической интерпретацией формфакторов был предложен в докладе французских физиков Б. Дуделзака и П. Лемана, предположивших существование двух пионных резонансов  $\rho'$  и  $\rho''$  с массами, немного меньшей и немного большей экспериментально наблюдаемого значения  $M_\rho = 765 M_{эв}$ . Аномально большая ширина резонанса  $\rho$  ( $\Gamma \approx 105 M_{эв}$ ) в принципе не исключает такой возможности. В выражении изовекторных формфакторов в этом случае возникает полюс второго порядка:

$$\frac{a\rho'}{1 + q^2/M_{\rho'}^2} + \frac{a\rho''}{1 + q^2/M_{\rho''}^2} \approx \frac{a\rho}{(1 + q^2/M_\rho^2)^2},$$

и экспериментальные значения  $F_x(q^2)$  удастся аппроксимировать, используя правильные значения масс резонансов  $\omega$ ,  $\Phi$  и  $\rho$ .

Несколько теоретических и экспериментальных докладов, в том числе интересный доклад П. Баранова и др. (ФИАН СССР), было посвящено комптоновскому рассеянию на протонах. При энергиях ниже и вблизи порога фоторождения  $\pi$ -мезона экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими расчетами, если кроме электромагнитных размеров протона и его аномального магнитного момента учесть еще и коэффициенты его электрической и магнитной поляризуемостей. В области более высоких энергий имеются трудности с интерпретацией эксперимента.

Видное место в работе симпозиума заняло обсуждение работ по тормозному излучению, сопровождающему процесс рассеяния электронов. Уверенное отделение таких «квазиупругих» процессов очень важно для повышения точности измерения сечения чисто упругого рассеяния и, в конечном счете, для получения более надежной информации об электромагнитных формфакторах нуклона.

В целом, однако, состояние исследований электромагнитной структуры нуклонов с теоретической точки зрения представляется весьма неудовлетворительным: каждый процесс электромагнитного взаимодействия элементарных частиц в настоящее время характеризуется своими специфическими формфакторами, которые даже в простейшем случае упругого

$e-p$ - и  $\gamma-p$ -рассеяния не удается связать с пространственно-временной структурой частицы (если не считать области очень малых передаваемых импульсов  $q^2 \sim 0$ ). Необходим, по-видимому, какой-то совершенно иной подход к этой проблеме, допускающий более простое и наглядное физическое истолкование.

Значительное внимание участники симпозиума уделяли обсуждению опытов по изучению структуры атомных ядер с помощью электронов с энергиями около  $1 G_{эв}$ . Здесь следует особенно отметить опыты Д. Амальди и др. из Фраскати по неупругому рассеянию электронов на ядрах  $C^{12}$  и  $Al^{27}$ , где хорошо проявился эффект ядерных оболочек.

С исследованием внутреннего строения элементарных частиц очень тесно связаны работы по проверке известных нам законов квантовой электродинамики в малых пространственно-временных областях. Этой проблеме был, в частности, посвящен доклад группы физиков из Кембриджа (Ф. Пипкина, П. Блументаля и др.), в котором были приведены экспериментальные данные по рождению на ядрах углерода электронно-позитронных пар  $\gamma$ -квантами с энергией  $1-5 G_{эв}$ . При этом было отмечено, что число рождающихся высокоэнергетических пар значительно превышает предсказываемое теорией. Этот результат, если он получит дальнейшее подтверждение, будет первым экспериментальным указанием на нарушение законов квантовой электродинамики. Следует, однако, отметить, что, хотя в состоявшемся на симпозиуме обсуждении и не удалось выявить какие-либо экспериментальные ошибки доложенной работы, у большинства участников симпозиума нет уверенности в справедливости полученных в Кембридже результатов. Опыты будут повторяться.

В принципе, обнаруженное в опытах Ф. Пипкина и др. расхождение эксперимента и теории можно было бы объяснить вкладом дополнительного канала с рождением некоторого короткоживущего фермиона с массой, намного большей массы электрона (гипотеза Ф. Лоу). Экспериментальному исследованию этого вопроса была посвящена работа группы французских физиков (К. Бетурие, Хгвен Хго и др.). С помощью детектирования протонов отдачи они изучили реакцию



в области масс тяжелого фермиона  $M_e = 100 \div 570 M_{эв}$  и не получили никаких указаний на существование такой частицы.

Вопросам, связанным с электро- и фоторождением частиц на симпозиуме было посвящено свыше сорока докладов. В них было приведено много новых экспериментальных данных, вплоть до энергии  $6 G_{эв}$ ; при этом особое внимание уделялось исследованию рождения нуклонных и мезонных резонансов. Теоретический анализ таких резонансных процессов выполнялся в основном с помощью полюсных одномезонных диаграмм.

Очень детальные данные о фоторождении  $\pi$ -,  $K$ -,  $\rho$ -,  $\omega$ -мезонов, нуклонного резонанса  $N_{33}^*$ , множественном рождении частиц в области энергий  $0,5-5,9 G_{эв}$  были приведены, в частности, в серии докладов Х. Крауча и др., посвященных изложению результатов исследований, выполненных в Кембридже с помощью 12-дюймовой водородной пузырьковой камеры.

Внимание участников симпозиума привлекла работа И. Гринберга, В. Бланнида и др. из Кембриджа, в которой было получено указание на существование новых гиперонных резонансов с массами  $M > 1900 M_{эв}$ .

Интерес вызвала также работа М. Геттнера, П. Ротуэлла и др. из этой же лаборатории по изучению фотопроизведения антинейтронов в реакции

$$\gamma + p \rightarrow \bar{n} + d.$$

В области энергий  $\gamma$ -квантов от 4 до 6 Гэв сечение такой реакции составляет  $10^{-31} - 10^{-32}$  см<sup>2</sup>.

С вниманием была заслушана также работа советских физиков (А. Белоусов, Б. Тамм и др.) по фотопроизведению  $\Lambda^0$ -мезонов на ядре гелия при энергиях 160—240 Мэв. В ней был определен радиус ядра He<sup>4</sup>, исследована применимость импульсного приближения для описания многонуклонной системы, получены интересные экспериментальные данные.

Два заседания были посвящены обсуждению экспериментальной техники. Здесь особого внимания заслуживает доклад А. Ритсона из Станфордского университета о состоянии работ на ускорителе со сталкивающимися пучками электронов. Сейчас удалось преодолеть неустойчивость пучков и начать эксперименты по столкновению пучков с энергией около 300 Мэв, что соответствует расстояниям примерно  $2 \cdot 10^{-14}$  см. Имеется уже свыше 500 фотографий упругого  $e-e$ -рассеяния на большие углы; в среднем регистрируется 2—4 события в час.

На накопительных кольцах на энергию 500—650 Мэв в Орсе производится наладка магнитных систем.

Начато строительство нового циклического ускорителя электронов на 10 Гэв со средним током около 10 мка в Корнелле. Ожидается, что ускоритель будет запущен через 2—3 года.

Большая работа проводится по строительству и совершенствованию линейных ускорителей электронов. В Станфорде на двухмиллионном линейном ускорителе

запущен 200-метровый отрезок; получена энергия 1,4 Гэв при токе 10 мка и энергетическом разбросе 0,7%. Ожидается, что ускоритель полностью войдет в строй через год или полтора. В Орсе проводятся работы по наращиванию линейной ускорителя с целью получения пучка частиц с энергией 2 Гэв.

В связи с обсуждением экспериментов со сталкивающимися пучками на симпозиуме было заслушано несколько теоретических докладов, посвященных тормозным процессам при взаимодействиях электронов. Здесь следует упомянуть о докладе Й. Цзя из Станфордского университета по расчету спектрального и энергетического распределений тормозного излучения в электрон-электронных столкновениях и о докладе В. Галицкого из Новосибирска о двойном тормозном излучении в сталкивающихся пучках электронов.

Чрезвычайно важный результат был сообщен во внепрограммном докладе М. Гольдхабера об исследовании распадов  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ , выполненных группой Д. Фитча в Принстонском университете. Эти физики обнаружили интерференцию амплитуд непосредственного распада  $K_2^0$ -мезона на пару  $\pi$ -мезонов и распада через регенерационный канал с образованием  $K_1^0$ -мезона. Существование такой интерференции однозначно доказывает, что наблюдаемый двухпионный распад связан именно с  $K_2^0$ -мезоном и его нельзя интерпретировать как распад какой-то другой, пока не известной нам частицы. Другими словами, результаты группы А. Фитча подтверждают ранее сделанное предположение о несохранении комбинированной  $CP$ -четности в  $K$ -распадах.

После окончания симпозиума его участники ознакомились с работой электронного синхротрона DESY.

В. С. Барашенков

## Исследования с помощью импульсных нейтронов

С 10 по 14 мая 1965 г. в Карлсруэ (ФРГ) состоялся симпозиум МАГАТЭ, посвященный исследованиям нестационарных нейтронных распределений с помощью импульсных источников нейтронов.

В работе симпозиума участвовало более 220 делегатов, представлявших 23 страны и 3 международных организации. На 9 пленарных заседаниях было заслушано около 90 докладов. В докладах были обсуждены экспериментальные и теоретические аспекты нестационарного переноса быстрых и тепловых нейтронов как в чистых замедлителях, так и в размножающих системах, а также вопросы, связанные с конструированием и применением импульсных реакторов и источников нейтронов.

В содержательном обзорном докладе Н. Корнгольда (США) было рассмотрено современное состояние теории термализации нейтронов от импульсных источников. Дж. Янг (США) сделал обзор последних достижений в разработке физических моделей, используемых для описания рассеяния медленных нейтронов в различных замедлителях.

Оригинальные работы были в основном посвящены численным расчетам временных спектров нейтронов (С. Пурухит, Швеция) и спектров в переходных областях (М. Вильямс, Англия; Л. Майоров и др., СССР), постоянных затухания потока нейтронов (Дж. Вуд и др., США) и некоторых других интегральных характеристик распределения нейтронов для конкретных

моделей различных замедлителей, а также строгому математическому анализу спектра собственных значений уравнения переноса нейтронов (С. Альбертони и др., Италия, Р. Беднарц, Польша). Соотношения между различными параметрами термализации и диффузии нейтронов (такими, как время термализации, длина диффузии, коэффициент диффузии, коэффициент диффузионного охлаждения и т. п.) были проанализированы в интересном докладе С. Пурухита и Н. Щёстранда (Швеция).

Вызвал интерес новый метод решения уравнения переноса нейтронов в средах со случайными неоднородностями, основанный на применении метода графа Фейнмана (А. Степанов, СССР).

К. Бекуртс (ФРГ) сделал хороший обзор современного состояния экспериментальных исследований временной постоянной затухания плотности нейтронов, времени термализации и дал сводку последних экспериментальных данных.

Были доложены также результаты оригинальных работ, проведенных для уточнения данных по «классическим» замедлителям (вода, тяжелая вода, бериллий, графит, окис бериллия, гидрид циркония) и для изучения различных органических веществ, которые могут применяться в качестве замедлителей. Хотя такие исследования ведутся многими учеными уже более десяти лет, еще не удалось получить достаточно надежных результатов для воды и некоторых