

нов и α -частиц. Основное свойство реакций подобного типа — коллективный характер процесса, который напоминает процесс прямого неупругого рассеяния. В реакциях этого типа хорошо возбуждаются основные состояния и уровни типа $I^\pi = 0^+$, что согласуется с развитой О. Бором теорией парных вибраций (О. Хансен).

Результаты исследований ядер вдали от области стабильности (короткоживущих), полученные в ЦЕРНе, обсуждались в докладе П. Г. Хансена (Дания). Исследовались изотопы Kг, Cd, Xe, Hg, Rn с временами жизни до 1 сек. Изучался α -распад нейтродефицитных изотопов с четным Z и β -распад на высоковозбужденные состояния ядер. Представляет большой интерес анализ силовой функции β -переходов. Оказалось, что силовая функция слабо меняется при высоких энергиях ($E \gtrsim 3$ Мэв), что позволяет аппроксимировать эту функцию константой и получить феноменологическую формулу для предсказания периодов полураспада ядер.

Значительное распространение получили работы по изучению высоковозбужденных аналоговых резонансов с изотопическим спином, отличающимся от изо-

топ-спина основного состояния на $\Delta T = 1, 2$. Эти работы требуют высокой моноэнергетичности пучка, поскольку резонансы имеют малую ширину. Обзор последних работ в этой области был дан в докладе С. Ханна (США). Представляют интерес, в частности, новые состояния ядра F^{17} с изотопическим спином $T = 3/2$, обнаруженные при рассеянии протонов на кислороде. С. Ханн обратил внимание на регулярное появление аналоговых резонансов со спином и четностью I^- в ядрах с $N = 50$ и $A = 88 \div 91$. Эти резонансы имеют ширину, малую по сравнению с одночастичной. Начаты исследования аналоговых резонансов в фотоядерных реакциях, в неупругом рассеянии электронов с испусканием протона.

На заключительном заседании В. Вигнер (США) подвел итоги работы конференции. Он подчеркнул большой прогресс в экспериментальных исследованиях, особенно в исследованиях с использованием тяжелых ионов. В теоретических работах отмечена тенденция к слиянию теории ядерной структуры и ядерных реакций.

В. Г. СОЛОВЬЕВ, Н. И. ПЯТОВ

Международная конференция по взаимодействиям электронов и фотонов при высоких энергиях

В сентябре 1969 г. в Ливерпуле (Великобритания) состоялась очередная международная конференция по электромагнитным взаимодействиям. В конференции участвовало более 250 физиков из 17 стран, представивших около 150 работ. Основное рабочее время конференции было отведено тринадцати обзорным докладам и их обсуждению.

На конференцию были представлены новые данные по проверке квантовой электродинамики при высоких и низких энергиях, обзор которых был сделан С. Бродским (Станфорд, США). Недавно такие исследования были проделаны для процессов $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ (Орсэ; $E_{\text{сдм}} = 1020$ Мэв), $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ (Новосибирск; $E_{\text{сдм}} = 1020$ Мэв), $\gamma A \rightarrow l^+l^-A$ ($l = e$ или μ), $lA \rightarrow l\mu^+A$, $l\mu \rightarrow \mu\mu$. Все полученные результаты подтверждают предсказания квантовой электродинамики в борновском приближении для всех доступных в настоящее время энергий и переданных импульсов, т. е. вплоть до расстояний $(1 \div 2) \cdot 10^{-14}$ см.

Для проверки квантовой электродинамики в высших порядках теории возмущений необходима высокая экспериментальная точность, достигнутая в настоящее время в опытах при низких энергиях. Чтобы сравнить полученные при этом данные с теорией, нужно прежде всего знать с достаточной точностью величину постоянной тонкой структуры α . Эта постоянная в настоящее время определена из опытов, интерпретация которых не зависит от справедливости квантовой электродинамики (эффект Джозефсона в сверхпроводниках). Использование полученного значения $\alpha^{-1} = 137,03608 \pm 0,00026$ приводит к согласию квантовой электродинамики с экспериментальными измерениями тонкой и сверхтонкой структуры водородного спектра, сверхтонкой структуры спектра мюония (μ^+e^-) и аномального магнитного момента мюона. В последнем случае в теоретических формулах шестого порядка оказался существенным учет четырехфотонного взаимодействия. Этот эффект важен также для магнитного момента электрона, однако здесь остается

небольшое (около трех стандартных отклонений) расхождение теории с экспериментом 1963 г., который должен быть повторен в ближайшем будущем. Таким образом, квантовая электродинамика описывает громадную совокупность явлений на расстояниях от 10^{-14} до 10^9 см (измерение магнитного поля Земли). И лишь для одного эффекта, именно для лэмбовского сдвига в водороде, в настоящее время имеется более или менее серьезное расхождение между теорией и экспериментом. Шесть измерений этого эффекта из семи дают отличие от теории на величины порядка $0,28 \pm \pm 0,07$ Мгц. В этой связи на конференции вызвал интерес результат Б. А. Арбузова (Серпухов), который показал, что это расхождение может быть объяснено введением в теорию нелинейных членов, приводящих к нелинейным эффектам на расстояниях меньше 10^{-14} см.

Пять обзорных докладов были посвящены процессам фоторождения: фоторождение пиона в резонансной области (Р. Уокер; Калифорния, США), фоторождение псевдоскалярных (К. Любельсмайер; Бонн, ФРГ) и векторных (А. Сильверман; Корнелл, США) мезонов при высоких энергиях, теория фоторождения (Х. Харари; Станфорд, США и Институт Вайцмана, Израиль) и модель векторной доминантности (Дж. Сакураи; Чикаго, США).

В докладе Уокера была отмечена важность работы И. П. Усовой и др. (ФИАН, Москва), в которой прямым наблюдением максимума в фоторождении π^0 -мезона на дейтерии был доказан изовекторный характер радиационного распада второго нуклонного резонанса.

Интерес к фоторождению пионов и каонов при высоких энергиях связан с тем, что эти процессы с точки зрения адронной физики относятся к так называемым процессам перезарядки, сечения которых быстро убывают с ростом энергии. Проведенные с большой статистикой измерения этих процессов показывают, что при $k \geq 3$ Гэв и $|t| \leq 1$ (Гэв/с)² (k — лабораторная энергия фотона, t — квадрат переданного импуль-

са) дифференциальные сечения ds/dt всех этих процессов убывают как k^{-2} . С точки зрения их угловой зависимости имеются три области переменной t , в которых эти сечения ведут себя качественно по-разному. При очень малых $|t| \ll m_\pi^2$ в фоторождении π^+ -мезона наблюдается резкий максимум. В докладе Харари отмечалось, что эта, на первый взгляд удивительная особенность хорошо объясняется с помощью метода дисперсионных правил сумм, предложенного в Серпухове, и является следствием известных свойств фоторождения при низких энергиях. В области средних значений $|t| \leq 0,8 (GeV/c)^2$ наблюдается большое разнообразие поведений сечений для различных процессов, многие из которых противоречат простой модели полюсов Редже, однако могут быть качественно поняты при учете эффектов перерасеяния. Наконец, при $|t| > 0,8 (GeV/c)^2$ обнаружена универсальная зависимость $\exp(3t)$, для которой пока не найдено убедительного объяснения.

Процессы фоторождения псевдоскалярных и векторных мезонов интересны также с точки зрения модели векторной доминантности, по которой фотоны, прежде чем поглотиться адронами, превращаются в векторные мезоны. Эта модель неплохо объясняет многие данные по полным и дифференциальным сечениям, однако сталкивается с трудностями при объяснении поляризации, а также неупругого рассеяния электронов при больших переданных импульсах.

Рассеянию электронов на протонах были посвящены четыре обзорных доклада: упругое рассеяние (Дж. Резерглен; Глазго, Великобритания), электро-рождение N^* (два доклада — Ф. Гутброд; Гамбург, ФРГ и А. Клегг; Ланкастер, Великобритания) и неупругое рассеяние электронов (Ф. Гилман; Станфорд, США).

Среди представленных данных наибольший интерес вызывают полученные на Станфордском линейном ускорителе результаты по неупругому рассеянию электронов (и мюонов) при высоких энергиях и больших переданных импульсах. О предварительных результатах этих экспериментов упоминалось на Венской конференции 1968 г. Теперь в специальном докладе Р. Тейлора были сообщены окончательные результаты первой серии измерений, в основном совпадающие с предварительными данными. Полученные данные имеют три интересные особенности: 1) сечение неупругого рассеяния электронов убывает как четвертая степень перпендикулярного импульса, переданного электрону; в то время как соответствующие адронные сечения убывают по экспоненте; 2) форм-фактор этого процесса, который по кинематике мог бы зависеть от двух переменных — энергии и «массы» виртуального фотона, оказывается зависящим лишь от их отношения; 3) сечение поглощения виртуального фотона, подобно адронным сечениям, стремится к константе с ростом энергии. Эти черты проявляются особенно четко в предположении, что форм-фактор σ_S , соответствующий продольным виртуальным фотонам, много меньше форм-фактора σ_T , соответствующего поперечным фотонам. На конференции были сообщены предварительные результаты, полученные в Станфорде и Гамбурге, из которых следует, что отношение σ_S/σ_T мало ($\sigma_S/\sigma_T = 0,3 \pm 0,3$) и постоянно во всем измеренном интервале.

На возможность первой особенности этого процесса впервые указывал М. А. Марков, затем она была пред-

сказана из локальной алгебры токов С. Адлером и Дж. Бьоркеном. Вторая особенность означает отсутствие «элементарной длины» и может быть легко объяснена, если предположить, что протон состоит из точечных составных частей («партонов»). Однако эта партоновая модель Бьоркена — Фейнмана сталкивается с трудностями при объяснении третьей особенности. В дискуссии была упомянута также работа А. Н. Тавхелидзе и др. (Дубна), в которой замечена тесная аналогия между второй особенностью неупругого рассеяния электронов и автоматическим характером решения задачи о сильном точечном взрыве в гидродинамике.

В связи с этими результатами по неупругому рассеянию электронов большой интерес вызвал специальный доклад Л. Ледермана (Колумбийский университет, США) об изучении аналогичного процесса во времени-подобной области переданных импульсов путем наблюдения рождения мюонных пар при столкновении протонов с ураном. Предварительные результаты этого эксперимента, по-видимому, указывают на то, что сечение рождения лептонной пары быстрее падает с ростом квадрата ее массы, чем сечение рассеяния лептонов с ростом квадрата переданного импульса. Эти работы, безусловно, являются лишь началом экспериментальных и теоретических исследований новой области неупругих лептон-адронных взаимодействий при больших энергиях и больших передаваемых импульсах (или больших массах пар).

В обзорном докладе В. Тонера (Станфорд, США) были приведены детали мюонных экспериментов: рождения мюонных пар мюонами, упругого и неупругого рассеяния мюонов. В первом из них, проведенном в Брукхейвене, зарегистрировано 89 случаев реакции $\mu^\pm \rightarrow P \rightarrow \mu^\pm \mu^+ \mu^- +$ адроны. Полученные данные подтверждают статистику Ферми для мюонов.

Наконец, два последних обзорных доклада — Ж. Перез-и-Жорба (Орсе, Франция) и В. А. Сидорова (Новосибирск, СССР) — были посвящены ускорителям на встречных пучках. В Орсе и Новосибирске получены согласующиеся между собой результаты измерения вероятности распада $\phi \rightarrow e^+e^-$. По данным Новосибирска ширина этого распада равна $1,42 \pm \pm 0,15$ кэВ, а ее отношение к полной ширине составляет $(3,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$.

Сверх программы на конференции был заслушан доклад профессора Маккаскера (Австралия) о наблюдении космических ливней с помощью камеры Вильсона. Среди 60 тысяч фотографий найдено 5 следов, которые авторы интерпретируют как следы частицы с зарядом $2/3$ (кварка), рожденной космическими лучами с энергией порядка 10^6 ГэВ. Однако эта интерпретация вызвала серьезную критику как недостаточной обоснованная.

В перерывах между заседаниями многие физики проявляли большой интерес к результатам экспериментов на крупнейшем в мире ускорителе ИФЭ (Серпухов), в частности к последним данным о полных сечениях рассеяния частиц с энергиями до 65 ГэВ на водороде и дейтерии. Состоялось заседание комиссии по частицам и полям Международного союза чистой и прикладной физики (раньше она называлась Комиссией по высоким энергиям), председателем которой избран А. А. Логунов (СССР) и секретарем Р. Уокер (США), сменившие на этих постах М. Голдбергера (США) и Л. Ван-Хова (ЦЕРН).

Л. Д. СОЛОВЬЕВ