

С.346

А-355

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1 - 4190

М.А.Азимов

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ



ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4 ГЭВ/С

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1968

I - 4190

М.А.Азимов

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ

$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$ И $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$

ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4 ГЭВ/С

Специальность 040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук М.Н.Хачатурян

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук М.И.Соловьев,

кандидат физико-математических наук С.А.Бунятов

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Лаборатория фотомезонных процессов Физического института АН СССР им. П.Н.Лебедева.

Автореферат разослан " " 1968 года

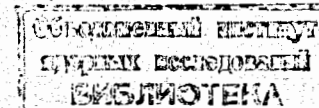
Защита диссертации состоится " " 1968 года на заседании Учёного совета Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г.Дубна, Московской области (конференц-зал ЛВЭ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединённого института ядерных исследований.

Учёный секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

А.А.Кузнецов

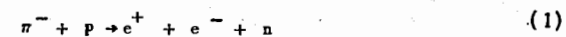
5706 89



В в е д е н и е

Изучение электромагнитных взаимодействий адронов в настоящее время является одной из главных проблем физики элементарных частиц. Однако процессы, относящиеся к данному классу явлений, отличаются очень маленькими сечениями, что затрудняет их исследования с помощью известных экспериментальных установок. Вследствие этого многие интересные электромагнитные процессы до сих пор плохо изучены.

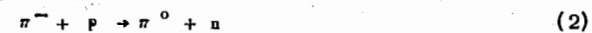
Реферлируемая диссертация посвящена экспериментальному исследованию реакции



при $P_{\pi^{-}} = 4,0$ Гэв/с с помощью нового метода.

Диссертация состоит из четырех глав.

В первой главе изложен теоретический аспект проблемы. Вторая и третья главы посвящены методике эксперимента, где в связи с этим описан цикл исследований реакции



при $P_{\pi^{-}} = 4,1$ и $4,8$ Гэв/с. В четвертой главе прово-

дится анализ и обработка экспериментальных данных о реакции (1) и обсуждение результатов эксперимента.

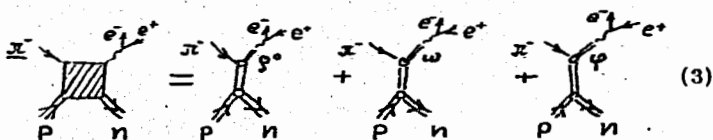
Описанные в диссертации исследования были проведены на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований в течение 1963–1967 г.г.

Ниже кратко излагается содержание диссертации.

I. Модель векторной доминантности (V.D.M.) и ее возможная проверка в процессах образования e^+e^- -пар в реакции $\pi^- p \rightarrow e^+e^- n$

Основы V.D.M. изложены в оригинальных работах Янга и Миллса (1954 г.), Ли и Янга (1955), Фуджи (1959), Сакураи (1960), а также Намбу (1957), Фразера и Фулько (1960). Основной гипотезой V.D.M. является предположение о доминировании векторных мезонов в электромагнитных взаимодействиях адронов, т.е. о наличии виртуальных переходов между нейтральными векторными мезонами ($S=-1, P=-1, J=1, m=m_V$) и γ -квантом ($S=-1, P=-1, J=1, m=0$).

Модель векторной доминантности предсказывает структуру диаграммы Фейнмана для реакции (1) в виде:



Из диаграммы (3) следует, что образование e^+e^- -пар с высоким временноравным значениям q^2 происходит, в основном, через те промежуточные состояния, которые известны как векторные мезоны ρ^0, ω и ϕ .

Экспериментальное исследование реакции (1) позволяет проверить предсказание V.D.M., т.е. наличие структуры диаграммы Фейнмана (3), и в случае подтверждения дает возможность определить константу связи векторного мезона с γ -квантом (g_V или $g_V^2/4\pi$), которая связана с парциальной шириной распада векторных мезонов ($\Gamma(V \rightarrow e^+e^-)$)^{1/2}.

Наблюдение e^+e^- -пар при q^2 , отличающихся от тех значений, которые соответствуют ρ^0, ω и ϕ , дает возможность глубже понять электромагнитный формфактор нуклона.

II. Метод исследования радиационных распадов резонансов (МИРРР)

Методические основы МИРРР были разработаны в цикле исследований, которые были проведены с черенковским γ -спектрометром из свинцового стекла размерами $18 \times 18 \times 30 \text{ см}^3$ (раздел II.1).

Изучение черенковского γ -спектрометра на пучке электронов^{2,3/} в области энергии $E_e = 0,25 + 4,0$ Гэв показало наличие линейной зависимости амплитуды импульсов от энергии электронов вплоть до 4,0 Гэв.

Зависимость энергетического разрешения спектрометра (R) от энергии (E_e) в интервале $0,25 \div 2,0$ Гэв: $R = \text{const}(E_e)^{-1/2}$, а от 2 до 4 Гэв: $R = \text{const.} = \pm 5\%/4/$.

Применение искровых камер совместно с черенковским γ -спектрометром позволяет улучшить точность измерения энергии (при учете зависимости амплитуды от места и от угла падения ливневой частицы) и получить более полную информацию (энергия и координаты) о данной ливневой частице.

В эксперименте^{/5/} с помощью макетирования искровых камер латунными и свинцовыми пластинами, расположенными перед черенковским γ -спектрометром, выяснена принципиальная возможность применения искровых камер совместно с черенковским спектрометром. Результаты эксперимента показали, что искровые камеры толщиной до 2 рад.ед. почти не влияют на основные характеристики спектрометра.

Возможность запуска искровых камер от импульса черенковского γ -спектрометра исследовалась на пучке π^- -мезонов. Тонкостенные искровые камеры со свинцовым конвертором, расположенные перед черенковским γ -спектрометром, облучались выделенными системой сцинтилляционных счетчиков γ -квантами от реакции $\pi^- p \rightarrow n + \pi^0$. Запуск искровых камер осуществлялся от импульса черенковского γ -спектрометра. В результате совместно работающей системой из черенковского спектрометра и искровых камер детектировались γ -кванты с энергией 3 ± 5 Гэв. Установка позволяла одновременно измерять углы падения (с точностью $\pm 0,4^\circ$), координаты трека и энергию (с точностью $\pm 5\%$) ливневых частиц^{/6/}. Следует подчеркнуть, что данная система способна детектировать ливневые частицы в широком интервале энергий от десятков Мэв до сотен и тысяч Гэв.

Исследование реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$

Описание экспериментов по измерению полного и дифференциального сечения перезарядки π^- -мезонов на протонах (2) при импульсе 4,1 и 4,8 Гэв/с содержится в разделе II.2. Помимо того, что эти эксперименты интересны сами по себе, они позволяют проверить основные методические идеи, приведенные выше.

Для измерения полного сечения реакции (2) при импульсе π^- -мезонов 4,1 Гэв/с использовался уже описанный черенковский γ -спектрометр. С помощью системы сцинтилляционных счетчиков производилось мониторингирование пучка и выделение событий с γ -квантами. Измерения проводились разностным методом (CH_2 и C). В эксперименте измерялся энергетический спектр случаев, вызванных попаданием в черенковский спектрометр γ -квантов из реакций типа $\pi^- p \rightarrow n + \pi^0$. В спектре наблюдался характерный максимум от γ -квантов из реакции (2). После введения соответствующих поправок была получена величина полного сечения реакции (2): $\sigma_{ex} = (0,12 \pm 0,02)$ мбн. Этот результат, приведенный в работах^{/7,8/} (вместе с представленной на XII международную конференцию по физике высоких энергий работой Уаклинга и др.), является первым измерением сечения реакции перезарядки при больших энергиях.

Для исследования дифференциального сечения перезарядки при $P_{\pi^-} = 4,8$ Гэв/с применялась совместно работающая система из черенковского γ -спектрометра и искровых камер^{/9/}. В эксперименте измерялись энергетические и угловые характеристики γ -квантов от распадов π^0 -мезонов, рождающихся в реакции (2). Измерения производились также разностным методом (CH_2 и C). На рис. 1 приведено дифференциальное сечение перезарядки в единицах квадрата переданного импульса $-t$. Величина сечения перезарядки вперед, усредненная по интервалу $0 \leq |t| \leq 0,1$, равна

$$\frac{d\sigma}{dt}(t=0) = (0,49 \pm 0,10) \text{ мбн}/(\text{Гэв/с})^2,$$

или в единицах телесного угла (с.п.)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(0^\circ) = (0,33 \pm 0,07) \text{ мбн/стер.}$$

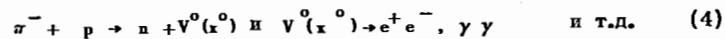
Это значение согласуется в пределах ошибок измерений с величиной $\frac{d\sigma}{d\Omega}(0^\circ)$, рассчитанной на основании дисперсионных соотношений и известных данных о полных сечениях $\pi^- p$ и $\pi^+ p$ взаимодействий.

Полное сечение реакции (2), подсчитанное с учётом геометрии эксперимента и данных по дифференциальному сечению перезарядки при больших (t) , равно: $\sigma_{ex} = (0,11 \pm 0,02)$ мбн.

Обсуждение экспериментальных данных и различных теоретических моделей, относящихся к реакции перезарядки, содержится во вступительной части раздела II.2.

Физические основы МИРРР

Описанные эксперименты по исследованию реакции перезарядки π^- -мезонов на протонах и исследование кинематики реакций



(раздел II.3) свидетельствует о том, что можно одновременно измерить угловые и энергетические характеристики этих реакций с помощью двухканальной системы совместно работающих черенковских γ -спектрометров и искровых камер/10/. Рис. 2 показывает основное преимущество такой установки/11/.

III. Установка для исследования радиационных распадов резонансов

Описание установки, созданной на основе идей, изложенных выше, и с помощью которой исследована реакция (1), приведено в третьей главе диссертации.

На рис. 3 представлен схематический чертеж установки.

Сцинтилляционные счётчики S_1 и S_2 служат для мониторинга пучка налетающих частиц.

Искровые камеры в каждом из двух идентичных каналов представляют собой систему из четырех модулей с площадью рабочей области каждого 50×50 см² и величиной разрядного промежутка 10 см. Для конверсии частиц, имеющих ливневую природу, перед второй и последующими камерами помещаются латунные пластины суммарной толщиной 1,2 (0,4 x 3) рад.ед.

Для увеличения эффективности запусков установки между искровыми камерами и черенковскими γ -спектрометрами устанавливаются сцинтилляционные счётчики S_3 и S_4 .

Черенковские спектрометры ЧС-1 и ЧС-II служат для измерения энергии распадных частиц. Для собирания черенковского света в каждом спектрометре используется девять фотоумножителей с диаметром фотокатода 17 см. Спектрометры исследовались на пучке электронов/3/ в области энергии 1-4 Гэв.

В пределах экспериментальных ошибок зависимость амплитуды от энергии для обоих спектрометров вплоть до 4,0 Гэв линейна. Энергетическое разрешение (R) спектрометров (при $E_0 = 4$ Гэв $R = \pm (5 + 7)\%$) зависит от энергии, как $R = \text{const}(E_0)^{-1/2}$, вплоть до 4 Гэв. В диссертации приведены результаты исследования зависимости амплитуды импульсов и энергетического разрешения от места и угла падения пучка электронов на поверхность радиатора спектрометра. Эти данные были использованы для введения поправок.

Анализ работы установки приводится в разделе III.2 диссертации. Проведенный анализ энергетических спектров $e^+e^-(\gamma\gamma)$ от процессов (4) в оптимальной геометрии (см. рис. 2) показал, что в пределах телесных углов, охватываемых детекторами, среднее значение энергий $e^\pm(\gamma)$ в каждом канале $E_1 = -E_2 = E_\pi/2$, где E_π — энергия налетающей частицы. Очевидно, что выполняется и другое условие, а именно, сумма энергий $(E_1 + E_2)$ с точностью до переданного нуклому импульса равна энергии налетающего шона.

Указанные условия позволяют использовать в измерениях логическую систему для отбора интересующих событий и таким образом значительно снизить число фоновых срабатываний аппаратуры.

Система искровых камер запускается совпадениями (S_1, S_2, S_3, S_4 ЧС-1, ЧС-II) при следующих условиях: 1) $E_1 > E_1^0$; 2) $E_2 > E_2^0$; 3) $E = E_1 + E_2 > E^0$.

На основании кинематического анализа процессов с учётом энергетических разрешений γ -спектрометров в проведенных экспериментах были установлены значения порогов: $E_1^0 = E_2^0 = 0,5$ Гэв и $E^0 = 3$ Гэв.

Установка позволяет одновременно получить о каждом событии (e^+e^- , $\gamma\gamma$ и др.) следующие данные: угол вылета из мишени $e^\pm(\gamma)$, угол разлета $e^+e^-(\gamma\gamma)$, энергию $E_1 e^\pm(\gamma)$ и, следовательно, позволяет определить эффективную массу $v^0(x^0)$ частиц из реакции (4):

$$M^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\vec{P}_1 + \vec{P}_2)^2 = 2E_1 E_2 (1 - \cos \theta). \quad (5)$$

Следует заметить, что фотография искровых камер дает информацию не только о координатах и угловых характеристиках трека частицы, но и о заряде частицы. По фотографиям можно легко определить природу треков: треки заряженных частиц — "e", треки, образованные γ -квантами, " γ " и треки γ -конверсионных пар, образованных в мишени, " γ_k ". Установка калибровалась по эффективным массам по распадам η^0 -мезонов в реакции: $\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$ и $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ при $P_{\pi^-} = 4,0$ Гэв/с/13/.

В эксперименте использовалась полиэтиленовая мишень.

По фотографиям с искровых камер отбирались события, имеющие по одному " γ "-треку в каждом канале. Из них идентифицированы всего 49 событий как распады $\eta^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ в реакции $\pi^- p \rightarrow n \eta^0$. Учитывая соответствующие поправки

и принимая относительную вероятность распада $\eta^0 \rightarrow \gamma\gamma$ равной 38,6%, для полного сечения образования η^0 -мезонов получаем/14,15/: $\sigma_{\eta^0} = (74 \pm 12)$ мкбн, которое согласуется с данными других авторов.

IV. Исследование реакции $\pi^- p \rightarrow e^+e^-n$ при $P_{\pi^-} = 4,0$ Гэв/с

Исследованию реакции (1) были посвящены две серии экспериментов при $P_{\pi^-} = 4,0$ Гэв/с.

В первой серии экспериментов использовалась плоскостенная жидководородная мишень размерами 7 x 10 x 50 см³. Угол между осями каналов был равен 26°. Анализ экспериментальных данных этой серии экспериментов показал наличие заметного числа фоновых событий, обусловленных конверсией γ -квантов в стенках мишени/16-19/.

Вторая серия экспериментов (угол между осями обоих каналов — 29°), проведенная с использованием конусообразной жидководородной мишени ($\ell = 25$ см) с тонким выходным окном, подтвердила гипотезу о конверсионном характере фона/20,21/.

Полное число мезонов, прошедших через жидководородную мишень в двух сериях экспериментов, составило около $6 \cdot 10^9$. При этом установкой зарегистрировано около 33000 событий, из которых отобраны случаи, содержащие на фотографиях первого и второго каналов одиночный трек заряженной частицы, входящей в блок со стороны мишени. Таких случаев, возможных кандидатов в e^+e^- -события, оказалось 332.

В дальнейшем эти события измерялись и обрабатывались индивидуально с помощью программы "Радек - 2" на ЭВМ. Для каждого события были вычислены эффективная масса M_{ee} , угол разлета θ_{ee} , χ^2 — пересечения треков и положение точки взаимодействия в мишени.

При отборе по геометрическим критериям уровень браковки по χ^2 соответствовал вероятности $P(\geq \chi^2) = 1\%$.

После применения остальных критериев остается 71 кандидат в e^+e^- -пары (для реакции (1)). Фотография, полученная с помощью искровой камеры с характерным e^+e^- -событием, приведена на рис. 4.

Анализ фоновых процессов показал, что преобладающим процессом является фон, обусловленный конверсией γ -квантов в стенках мишени.

Спектр углов разлета и спектр эффективных масс γ -конверсионного фона получены на основе соответствующих распределений $\gamma\gamma$ -событий, зарегистрированных параллельно с e^+e^- -событиями. Нормированные спектры γ -конверсионного фона по обеим сериям экспериментов вычитались от соответствующих распределений $\theta_{\gamma\gamma}$ и $M_{\gamma\gamma}$ раздельно. Спектры эффективных масс ($M_{e^+e^-}$) после вычета фона нормировались на максимальную эффективность.

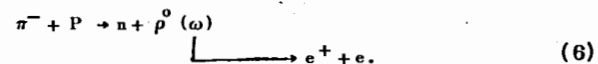
Кривые эффективности для I и II серий экспериментов вычислялись методом статистических испытаний на ЭВМ.

Полученные спектры суммировались поинтервально.

Суммарные распределения (для I и II серий экспериментов) эффективных масс и углов разлета представлены на рис. 5.

Обсуждение результатов эксперимента

Полученные распределения углов разлета и эффективных масс e^+e^- -пар от реакции (1) имеют существенные особенности. Действительно, в области эффективных масс от 600 до 900 Мэв и в интервале углов разлета от 20° до 26° в системе e^+e^- -пар наблюдается резонанс шириной более 100 Мэв и с массой около 750 Мэв (см. рис. 5). Процесс образования e^+e^- -пар в указанной области согласуется со следующей реакцией:



Кинематический анализ этих распадов приведен на рис. 6, где по оси ординат отложено отношение энергий распадных частиц, а по оси абсцисс – угол разлета частиц. Представление точкой каждого из 71 событий (кандидатов в e^+e^- -события) на этом графике показывает скопление e^+e^- -событий в области теоретической кривой для ρ^0 -мезона (ρ). Кривые

$\Delta\rho_1$ и $\Delta\rho_2$ вычислены с учетом ширины ρ^0 -мезона и точности измерения энергий и углов. Цифры рядом с точкой указывают эффективные массы " e^+e^- " в Мэв.

Приведенные факты служат убедительным доказательством существования распадов $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$ и не противоречат существованию распадов $\omega \rightarrow e^+e^-$. Таким образом, в области эффективных масс от 600 до 900 Мэв e^+e^- -пары в реакции (1) образуются в основном в результате распада нейтральных векторных мезонов ρ^0 (и ω).

На основе наших экспериментальных данных можно оценить верхнюю границу сечения нерезонансного рождения e^+e^- -пар в реакции (1) в исследованной области эффективных масс $\sigma_{e^+e^-} \leq (6 \pm 10) \cdot 10^{-34} \text{ см}^2$, которая не противоречит теоретическим оценкам.

Для определения относительных вероятностей распадов ρ^0 - и ω -мезонов на e^+e^- -пары наши экспериментальные данные представлены в следующем виде:

$$\sigma_{\rho^0}^B \rho_{e^+e^-}^{\rho^0} + \sigma_{\omega}^B \rho_{e^+e^-}^{\omega} = 0,445 (0,450 \pm 0,095) \cdot 10^{-4} \text{ мбн} \quad (7)$$

Коэффициент 0,445 обусловлен различием в эффективности регистрации установкой $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$ и $\omega \rightarrow e^+e^-$. Используя гипотезу ω - ϕ -смешивания с $\theta = 38^\circ$ и литературные дан-

ные для сечения рождения ρ^0 - и ω -мезонов в реакции (6) ($\sigma_{\rho^0} = 0,75 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$ и $\sigma_{\omega} = 0,14 \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$), для парциальных вероятностей распада ρ^0 - и ω -мезонов на e^+e^- -пары получаем:

$$B_{\rho^0 \rightarrow e^+e^-} = \frac{\Gamma(\rho^0 \rightarrow e^+e^-)}{\Gamma(\rho^0 \rightarrow \text{total})} = (5,3 \pm 1,1) 10^{-5}, \quad (8)$$

$$B_{\omega \rightarrow e^+e^-} = \frac{\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-)}{\Gamma(\omega \rightarrow \text{total})} = (7,4 \pm 1,6) 10^{-5}.$$

Здесь приведены статистические ошибки. Если в (7) предположить $\sigma_{\omega} = 0$, то $B_{\rho^0 \rightarrow e^+e^-} = (6,0 \pm 1,2) \cdot 10^{-5}$. Отсюда видно, что вклад от распада $\omega \rightarrow e^+e^-$ мал ($\approx 12\%$). Значения констант связи ρ^0 - и ω -мезонов с γ -квантом, соответствующие (8)

$$\frac{g_{\rho}^2}{4\pi} = \begin{matrix} +0,14 \\ -0,52 \\ -0,09 \end{matrix} \quad \text{и} \quad \frac{g_{\omega}^2}{4\pi} = \begin{matrix} +0,35 \\ 1,29 \\ -0,23 \end{matrix}.$$

в пределах ошибок измерения согласуются с предсказанием V.D.M. ($g_{\rho}^2/4\pi = 0,62$ и $g_{\omega}^2/4\pi = 1,2$).

Это подтверждает предсказание V.D.M. относительно характера образования e^+e^- -пар, описываемое диаграммой Фейнмана (3), и, следовательно, существование прямых виртуальных переходов: $V^0 \rightarrow \gamma$.

Основные материалы диссертации обсуждены на международных конференциях по физике высоких энергий в 1964 г. в Дубне/8/, в 1966 г. в Рочестере/16/, на рабочем совещании по искровым камерам в Дубне/13/, на международных конференциях

по электромагнитным взаимодействиям в Дубне/19/ и в Стенфорде (1967)/20/, а также опубликованы в печати/2,4-7,9-11, 14,15,17,18,21/.

Полученные в реферируемой диссертации величины парциальных вероятностей распадов ρ^0 - (и ω) - мезонов на e^+e^- -пары с идентификацией их по эффективным массам являются первыми данными, опубликованными в литературе/17/.

В ранее выполненных экспериментах распады ρ^0 -мезонов на e^+e^- -пары не идентифицировались.

Результаты более поздних экспериментов/1,22/ подтверждают данные настоящей работы (см. табл. 1 и 2).

Краткие выводы

Основные результаты диссертации могут быть сформулированы следующим образом:

1. Экспериментально доказана возможность детектирования γ -квантов и электронов с помощью совместно работающей системы, состоящей из искровой камеры и черенковского γ -спектрометра.
2. Предложена двухканальная установка для исследования реакций (4), состоящая из двух симметрично расположенных систем (относительно оси пучка) черенковских γ -спектрометров и искровых камер. Установка позволяет измерять эффективную массу резонансов, распадающихся на e^+e^- , $\gamma\gamma$ и т.д.; она обладает высокой селективностью и может работать при больших интенсивностях первичного пучка.
3. Измерено полное и дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ при $P_{\pi^-} = 4,83$ Гэв/с.
4. Измерено полное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ при $P_{\pi^-} = 4,14$ Гэв/с.

5. Измерено полное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow n$ при $P_{\pi^-} = 4,0$ Гэв/с.
6. Экспериментально доказано, что характер образования e^+e^- -пар в реакции $\pi^- p \rightarrow e^+e^-n$ в области эффективных масс от 400 до 900 Мэв согласуется с диаграммой Фейнмана (3), т.е. с предсказанием V.D.M.

Сделана оценка верхней границы сечения перерезонансного рождения e^+e^- -пар в области эффективных масс от 400 до 900 Мэв.

7. а) Доказано существование распада $\rho^0 \rightarrow e^+e^-$,
 б) Измерена величина парциальной вероятности распада ρ^0 -мезона на e^+e^- -пары.

На основе полученных экспериментальных данных вычислена константа связи ρ^0 -мезона с γ -квантом ($\gamma_{\rho}^2/4\pi$), имеющая фундаментальное значение для проверки V.D.M.

г) Полученные результаты подтверждают гипотезу о существовании прямых виртуальных переходов $\nu^0 \rightarrow \gamma$.

Л и т е р а т у р а

1. S.C.C.Ting. Обзорный доклад на симпозиуме по взаимодействиям электронов и фотонов при высоких энергиях. Стенфорд, 1967.
2. М.А.Азимов, В.А.Никитин, В.С.Пантуев, В.А.Свиридов, Л.Н.Струнов, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, 2451, Дубна, 1965.
3. В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян. ПТЭ, №3, 51 (1965).
4. М.А.Азимов, В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, 2240, Дубна, 1965; Nuclear Instruments and Methods., 39, 325 (1966).
5. М.А.Азимов, В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувило. Препринт ОИЯИ, 1730, Дубна, 1964; ПТЭ № 4, 223 (1965).

6. М.А.Азимов, В.Г.Колесник, В.С.Пантуев, Л.В.Сильвестров, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, Р-2436, Дубна, 1965.
7. М.А.Азимов, В.С.Пантуев, Л.В.Сильвестров, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувило. Препринт ОИЯИ, Р-1782, Дубна, 1964; Ядерная физика, т.1, 145 (1965).
8. М.А.Азимов, И.М.Граменицкий, Л.С.Охрименко, В.С.Пантуев, Л.В.Сильвестров, Б.Словянский, З.Стругальский, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувило. Материалы XII Международной конференции по физике высоких энергий, 1, 145, Москва, "Атомиздат", 1966.
9. М.А.Азимов, Е.Н.Басова, У.Г.Гулямов, К.Р.Игамбердиев, В.Г.Колесник, В.С.Пантуев, Л.В.Сильвестров, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, 2592-6, 1966. ЖЭТФ, письма в редакцию 3, 336 (1966).
10. М.А.Азимов, А.М.Балдин, В.С.Пантуев, Л.В.Сильвестров, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувило. Публикация ОИЯИ, Б7-20-70, Дубна, 1964.
11. М.Н.Хачатурян, М.А.Азимов, В.С.Пантуев. Бюллетень изоб. 11 (1966).
12. М.А.Азимов, М.Н.Хачатурян, В.С.Пантуев. Авт. свидет. № 182249.
13. М.А.Азимов, М.Н.Хачатурян, В.С.Пантуев, Л.И.Журавлева, Б.Зеленов, Э.Мальцев, А.Маслаков, А.Матюшин, В.Матюшин, М.Хвастунов, Р.Фирковский, И.В.Чувило. Материалы рабочего совещания по искровым камерам (Дубна, 14-19 марта 1966 г.). Препринт ОИЯИ, 13-2998, Дубна, 1966.
14. M.A.Azimov, A.S.Belousov, I.V.Chuvilo, R.Firkowski, M.N.Khachatryan, M.S.Khvastunov, L.G.Makarov, E.I.Maltsev, A.T.Matyushin, V.T.Matyushin, V.S.Pantuev, L.N.Shtarkov, D.V.Uralsky, B.A.Zelenov, L.L.Zhuravleva. Preprint, E13-2971, Dubna, 1966.
15. M.N.Khachatryan, M.A.Azimov, A.S.Belousov, I.V.Chuvilo, R.Firkowski, M.S.Khvastunov, L.G.Makarov, E.I.Maltsev, A.T.Matyushin, V.T.Matyushin, V.S.Pantuev, L.N.Shtarkov, D.V.Uralsky, B.A.Zelenov, L.L.Zhuravleva. Nuclear Instr. and methods., 51, 309 (1967).

16. M.A. Azimov, A.M. Baldin, A.S. Belousov, I.V. Chuvilo, R. Firkowski, M.S. Khvastunov, M.N. Khachatryan, V.E. Komolova, E.I. Maltsev, A.L. Maslakov, A.T. Matyushin, V.T. Matyushin, G.A. Ososkov, V.S. Pantuev, L.N. Shtarkov, B.A. Zelenov, L.I. Zhuravleva. Proceedings of the XIII International Conference on High Energy Physics (Berkly 1966), p.313.

17. M.A. Azimov, A.M. Baldin, A.S. Belousov, J. Hladky, L.I. Zhuravleva, G.A. Ososkov, J. Manca, A.T. Matyushin, V.T. Matyushin, R. Firkowski, M.N. Khachatryan, M.S. Khvastunov, I.V. Chuvilo, L.N. Shtarkov. Preprint E1-3148, Dubna, 1967.

Ядерная физика, 6, 515 (1967).

18. M.N. Khachatryan, M.A. Azimov, A.M. Baldin, A.S. Belousov, J. Hladky, L.I. Zhuravleva, G.A. Ososkov, J. Manca, A.T. Matyushin, V.T. Matyushin, R. Firkowski, M.S. Khvastunov, J.V. Chuvilo, L.N. Shtarkov, Phys. Lett., 24B, 349 (1967).

19. М.Н. Хачатурян. Обзорный доклад на Международной конференции по электромагнитным взаимодействиям. Дубна, 7-15, II, 1967 г., т. 1, стр. 53.

20. M.N. Khachatryan, M.A. Azimov, A.M. Baldin, A.S. Belousov, J. Hladky, L.I. Zhuravleva, G.A. Ososkov, J. Manca, A.T. Matyushin, V.T. Matyushin, R. Firkowski, M.S. Khvastunov, I.V. Chuvilo, L.N. Shtarkov.

Труды международного симпозиума по взаимодействиям электронов и фотонов при высоких энергиях, Стенфорд, 1967.

21. R.G. Astvachaturov, M.A. Azimov, A.M. Baldin, A.S. Belousov, I.V. Chuvilo, J. Hladky, U. Ivanov, M.N. Khachatryan, M.S. Khvastunov, A.T. Matyushin, V.T. Matyushin, L.N. Shtarkov, L.I. Zhuravleva. Preprint E1-3770, Dubna, 1958; Phys. Lett., 27B, 45 (1968).

22. S.C.C. Ting. Обзорный доклад на XIV международной конференции по физике высоких энергий, Вена, Сентябрь, 1968. Публикация ОИЯИ, R-4070, т. I, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

12 декабря 1968 года.

Таблица 1

Сводные экспериментальные данные по определению ν_{ρ^0, e^+e^-}

№ п/п	Реакция	$\nu_{\rho^0, e^+e^-} \times 10^5$	$\gamma_p^2 / 4\pi$	Лаборатория	месяц, год и ссылка
1	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	$(3,9 \pm 1,2)$	$0,68^{+0,30}_{-0,16}$	Дубна	II/1967/17/
2	$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$	$(4,9 \pm 0,7)$	$0,54^{+0,09}_{-0,06}$	Новосибирск	IX/1967/1/
3	$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$	$(6,2 \pm 1,0)$	$0,43^{+0,08}_{-0,06}$	Орсе	IX/1967/1/
4	$\gamma e \rightarrow e^+ e^- e$	$(6,5 \pm 1,4)$	$0,41^{+0,11}_{-0,07}$	ДЭЗИ	IX/1967/1/
5	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	$(5,3 \pm 1,1)$	$0,52^{+0,14}_{-0,09}$	Дубна	наст. раб. /21/
		Теория в.д.м. 4,3	0,62		

Таблица 2

Сводные экспериментальные данные по определению ν_{ω, e^+e^-}

№ п/п	Реакция	$\nu_{\omega, e^+e^-} \times 10^5$	$\gamma_\omega^2 / 4\pi$	Лаборатория	Месяц, год и ссылка
1	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	5+60	$0,2 \pm 1,9$	Нимрод	1965
2	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	$(4,8 \pm 1,5)$	$1,98^{+0,90}_{-0,47}$	Дубна	1967/17/
3	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	$(6,5 \pm 1,3)$	$1,46^{+0,32}_{-0,25}$	Дубна	III/1968/21/
4	$\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$	$(7,4 \pm 1,6)$	$1,29^{+0,35}_{-0,23}$	Дубна	настоящая работа
5	$e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$	$(7,9 \pm 1,5)$	$1,10^{+0,3}_{-0,2}$	Орсе	IX/1968/22/
		Теория в.д.м. 0,8	1,2		

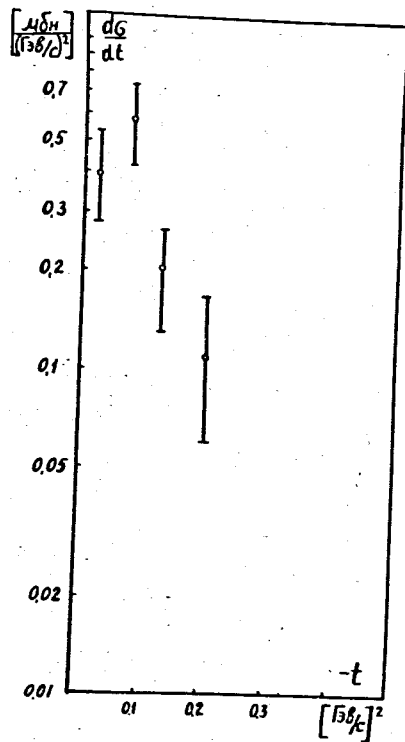


Рис. 1. Дифференциальное сечение реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при импульсе π^- -мезонов 4,83 Гэв/с.

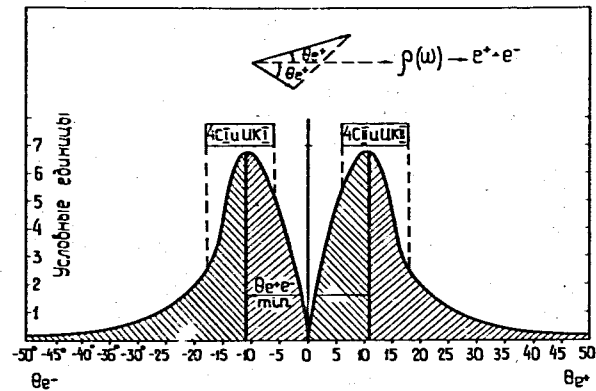


Рис. 2. Угловое распределение электронов в д.с.к. от распада $\rho^0(\omega)$ -мезонов при $P^{\rho^0(\omega)} = 4,0$ Гэв/с (в с.п.л. угловое распределение электронов взято изотропным).

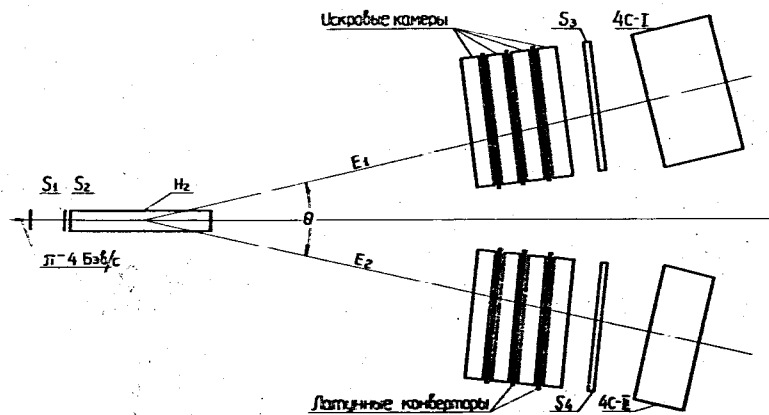


Рис. 3. Схематический чертеж установки для исследования радиационных распадов резонансов.

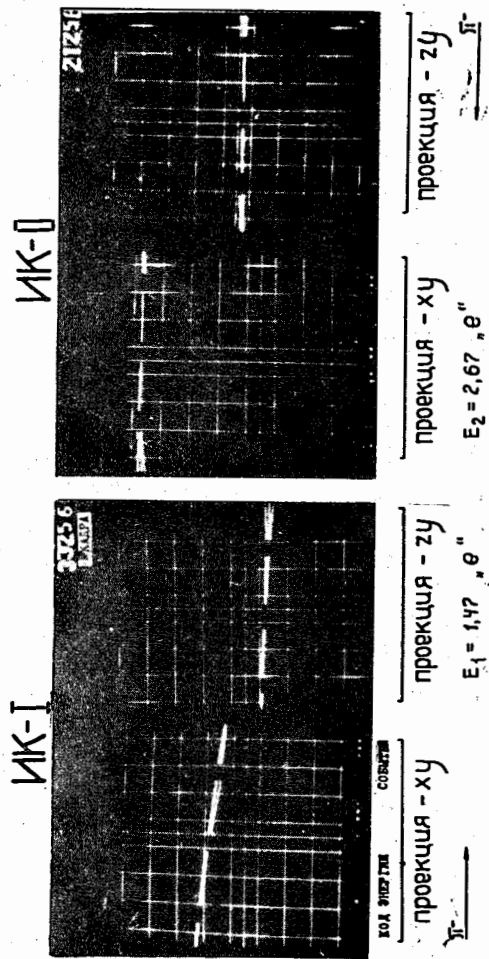


Рис. 4. Фотография, полученная с помощью искровой камеры с характерным e^+e^- -событием.

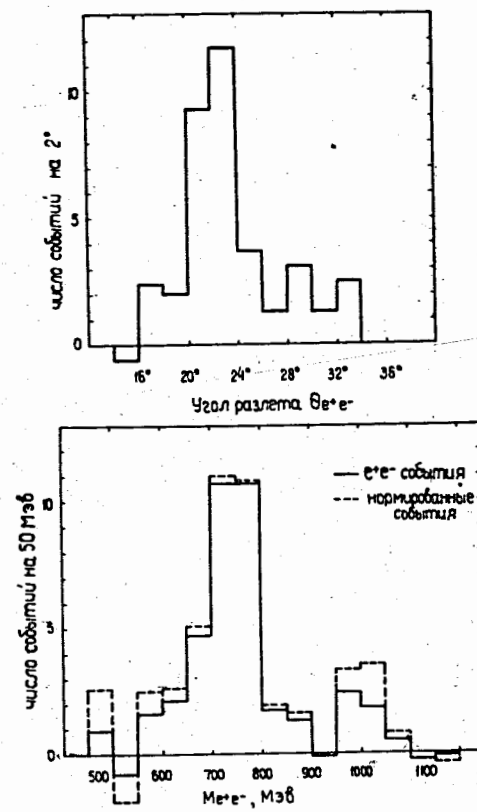


Рис. 5. Суммарные распределения углов разлета и эффективных масс для e^+e^- -событий I и II серий экспериментов после вычета фона.

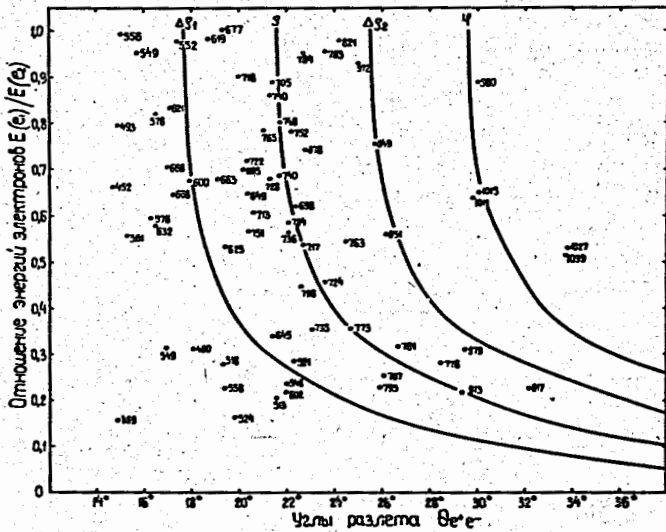


Рис. 6. Зависимость отношения энергий распадных частиц (e^+e^-) от угла разлета в л.с.к.