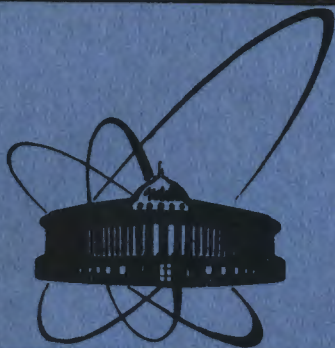


2/IV-84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1625/84

P1-83-894

Г.Д.Алексеев, А.И.Барановский, О.Е.Горчаков,¹
К.И.Губриенко,² В.В.Карпухин, В.И.Котов,²
В.В.Круглов, А.В.Куликов,¹ А.В.Купцов,
Л.Л.Неменов, В.М.Плотко, Е.Е.Полбенников,
С.В.Трусов,¹ Д.М.Хазинс, А.С.Чвыров,
М.Н.Шумаков, С.М.Фроликов

НАБЛЮДЕНИЕ

УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОЗИТРОНИЕВ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

¹ НИИЯФ МГУ

² ИФВЭ, Серпухов

1983

ВВЕДЕНИЕ

Позитроний был зарегистрирован в 1951 году Дейчем^{/1/}. В этом опыте позитроны от радиоактивного источника замедлялись в газе до тепловых скоростей и образовывали позитроний.

Из теоретических расчетов следует, что на ускорителях высоких энергий могут быть получены релятивистские позитронии^{/2-5/}. На ускорителях протонов основным источником позитрониев являются атомные распады π^0 -мезонов:

$$\pi^0 \rightarrow \gamma + A_{2e}. \quad /1/$$

Относительная вероятность процесса /1/^{3/} с учетом радиационных поправок^{/6/} равна

$$\rho = \frac{W(\pi^0 \rightarrow \gamma + A_{2e})}{W(\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma)} = 0,60\alpha^4 \left(1 - \frac{26\alpha}{9}\right) = 1,6886 \cdot 10^{-9}. \quad /2/$$

Рассмотрим те свойства релятивистских позитрониев, которые позволяют зарегистрировать A_{2e} и выполнить с помощью позитрониев ряд физических исследований.

В распаде /1/ позитронии испускаются с орбитальным моментом $L = 0$ и спином $S = 1$. Вероятность образования позитрония с главным квантовым числом n пропорциональна

$$\rho_n \sim 1/n^3, \quad /3/$$

и для основного состояния равна

$$\rho_1 = 1,40 \cdot 10^{-9}. \quad /4/$$

Характерные гамма-факторы позитрониев, генерированных на серпуховском ускорителе, равны $\sim 10^3$. При таких γ -факторах пучок позитрониев, находящихся в состоянии $n = 1$, $S = 1$, ослабляется из-за распадов в e раз на длине ~ 40 км, а в состоянии $n = 1$, $S = 0$ - на длине ~ 40 м.

При движении позитрония в магнитном поле, напряженность которого H перпендикулярна импульсу позитрония, в системе покоя A_{2e} возникают электрическое и магнитное поля с напряженностями

$$\vec{E} = \beta \gamma H, \quad \vec{H} = \gamma H, \quad /5/$$

где $\beta = v/c$, v - скорость A_{2e} , $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$. Если значение \vec{E} превышает некоторую величину E_n , то позитроний разваливается. Процесс носит пороговый характер /2/. Для основного состояния ато-

ма ($n=1$) $E_1 = 1,4 \cdot 10^5$ Э, и, следовательно, позитроний в магнитном поле может существовать при условии:

$$\beta \gamma H < 1,4 \cdot 10^5 \text{ Э.} \quad /6/$$

Для первого возбужденного состояния $\tilde{E}_2 = 1,3 \cdot 10^4$ Э.

Если пучок позитрониев с $S = 1$ проходит через магнитное поле с напряженностью, удовлетворяющей условию /6/, то волновая функция атома будет суперпозицией волновых функций A_{2e} в синглетном и триплетном состояниях. С ростом H примесь синглетного состояния увеличивается, что приводит к уменьшению времени жизни позитрониев. Вероятность обнаружения атома после магнита в синглетном или триплетном состоянии зависит от величин H , γ и длины магнита l . Если после магнита имеется распадный промежуток, то интенсивность пучка позитрониев будет осциллировать в зависимости от величин H , γ и $l/7/$.

Двигаясь в поле атома, релятивистский позитроний может разваливаться или возбуждаться. Вероятности этих процессов были вычислены в /8/*, откуда следует, что вероятность развала более чем на порядок превышает суммарную вероятность переходов $1S \rightarrow 2P$ и $1S \rightarrow 3P$. Сечение развала быстро увеличивается с ростом заряда ядра. Ослабление пучка A_{2e} в n раз в углероде и вольфраме происходит на длинах, равных /8,9/ соответственно:

$$\lambda_c = 0,22 \text{ мкм}, \quad \lambda_w = 0,009 \text{ мкм.} \quad /7/$$

При движении A_{2e} в слое вещества толщиной $L \sim 10\lambda_c$ время прохода T оказывается много меньше внутриатомного времени $\tau_0/10/$:

$$T \ll \gamma \tau_0. \quad /8/$$

Оценки показывают /10/, что при выполнении условия /8/ поглощение пучка A_{2e} начинает отличаться от экспоненциального закона на 100% уже при $L \approx 4\lambda$. Квантовомеханическое рассмотрение взаимодействия ультрарелятивистских A_{2e} с веществом /11/ обнаружило, что количество позитрониев, проходящих без развала слой L , при $L \gg \lambda$ пропорционально L^{-1} .

Из условия /7/ следует, что при взаимодействии протонов с вольфрамовой мишенью толщиной ≈ 1 мкм основным источником позитрониев будут распады /1/. Изменяя зависимость интенсивности A_{2e} от толщины мишени, можно модельно-независимым способом измерить время жизни π^0 -мезона /3,12/.

В настоящей работе проведено наблюдение ультрарелятивистских позитрониев, возникающих при взаимодействии протонов с энергией 70 ГэВ с ядрами углерода, и дана оценка вероятности распада /1/.

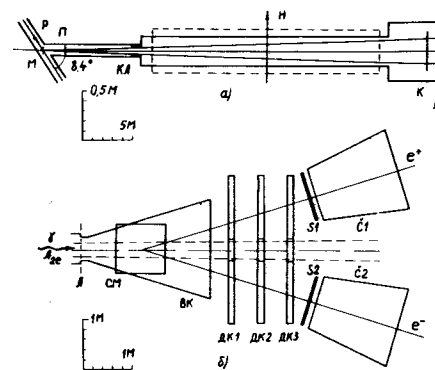


Рис.1. Схема установки. а/схема канала: Р - пучок протонов; М - пленочная мишень; П - пленка из лавсана; КЛ - коллиматор; Н - горизонтальное магнитное поле; К - конвертор из плексигласа; б/ схема расположения магнита и детекторов: СМ - полюс магнита СП-73; ВК - вакуумная камера; ДК1, ДК2, ДК3 - пакеты дрейфовых камер; S1, S2 - сцинтилляционные счетчики; С1, С2 - газовые черенковские счетчики.

§1. СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

В данной работе осуществлена схема формирования и детектирования пучка позитрониев /рис.1/, предложенная в /7/.

В прямолинейном промежутке ускорителя У-70 установлена мишень /М/ из углеродной пленки /13/ площадью $60 \times 60 \text{ мм}^2$. Использовались мишени толщиной 0,5 мкм и 0,35 мкм. Позитронии выводятся из камеры ускорителя по вакуумному каналу, расположенному под углом $8,4^\circ$ к протонному пучку /Р/. Длина канала равна 40 м, телесный угол $2,6 \cdot 10^{-5}$ ср. Канал подсоединяется к вакуумной камере ускорителя без перегородок. Начальная часть канала экранирована от рассеянных полей магнитов ускорителя: напряженность остаточного поля $H_{ост} < 1$ Э. Вдоль канала на длине ≈ 23 м приложено горизонтальное однородное магнитное поле /Н/ напряженностью 56 Э, которое пропускает позитронии с импульсами $P < 2,5$ ГэВ/с и выводит из пучка γ -квантов и позитрониев заряженные частицы с импульсами $P < 3$ ГэВ/с.

Канал заканчивается вакуумной камерой /ВК/, помещенной в зазор магнита СП-73 /СМ/. Выходное окно камеры выполнено из алюминия толщиной 0,8 мм и имеет размеры 400 мм по вертикали и 2000 мм по горизонтали. Для проведения фоновых измерений в начальной части канала устанавливалась лавсановая пленка /П/. Для проведения калибровок в конце канала устанавливался конвертор /К/ из плексигласа.

Позитронии (A_{2e}) разваливаются краевым магнитным полем СП-73. Электроны и позитроны регистрируются двумя телескопами, состоящими из трех пакетов дрейфовых камер ДК1, ДК2, ДК3, сцинтилляционных счетчиков S1, S2 и газовых черенковских счетчиков С1 и С2. При напряженности поля СП-73 $H = 4600$ Э регистрируются электроны и позитроны с импульсами, лежащими в интервале 400 ± 1000 МэВ/с.

*Сечение развала A_{2e} в состоянии с $S = 0$ было рассчитано в /9/.

§2. ДЕТЕКТОРЫ И ЭЛЕКТРОНИКА

Дрейфовые камеры используются для измерения координат электронов и позитронов. Камеры работают в самогасящемся стримерном режиме /14/. Этот режим, обнаруженный и исследованный в /15-17/, позволяет получить амплитуду сигнала с камеры на два порядка большую, чем в пропорциональном режиме.

Три пакета содержат шесть x -плоскостей /сигнальные проволоки расположены вертикально/ и шесть y -плоскостей /сигнальные проволоки расположены горизонтально/. Чувствительные размеры каждой плоскости - $3 \times 0,8$ м². Средняя часть камер /вертикальная полоса шириной $32 \div 40$ см/, через которую проходит интенсивный прямой пучок частиц, сделана нечувствительной. Левая и правая части каждого пакета работают независимо. Шаг намотки сигнальных проволок равен 10 мм. Каждая x -полуплоскость содержит 128 каналов съема информации, y -плоскость - 80 каналов; таким образом, всего имеется 2496 каналов.

Электронная аппаратура камер /18/ сконструирована для регистрации только одной частицы в каждой полуплоскости. Это позволило существенно сократить объем аппаратуры и применить параллельное кодирование номеров сработавших проволок /19/, а для измерения времени дрейфа в каждой из полуплоскостей использовать только один время-цифровой преобразователь. Для подавления фоновых событий используется процессор /20/, отбирающий события с двумя треками, лежащими в горизонтальной плоскости на одинаковой высоте. Время принятия решения процессора - 12 мкс. Применение процессора позволило улучшить соотношение эффект/фон для регистрируемых событий в десятки раз.

Камеры имеют следующие характеристики: координатное разрешение $\sigma \approx 0,2$ мм, временное разрешение 300 нс. Эффективность срабатывания полуплоскости - 99%, а ее трековая эффективность - 90% вследствие сбоя кодов при прохождении двух частиц. Значения эффективностей соответствуют загрузке 10^6 частиц.с⁻¹. Рабочий диапазон напряжений питания камер - 500 В.

Сцинтилляционные счетчики имеют апертуру $1 \times 0,5$ м² и просматриваются четырьмя фотоумножителями ФЭУ-30.

Пороговые черенковские счетчики /21/ имеют апертуру $1 \times 0,5$ м² и предназначены для регистрации электронов и позитронов с угловым разбросом $\pm 10^\circ$ относительно нормали. Счетчики наполнены фреоном-12 при атмосферном давлении. Длина газового радиатора равна 1,5 м. Порог черенковского излучения составляет для электронов -10 МэВ, для мюонов - 2,1 ГэВ, для π -мезонов 2,8 ГэВ.

В каждом счетчике находятся два зеркала размерами 750×600 мм², фокусирующие черенковское излучение на два фотоумножителя ФЭУ-49Б. Зеркала имеют форму, близкую к эллиптической, и изготовлены из эпоксидной смолы с вакуумным напылением алюминия, толщина зеркала $4 \div 5$ мм. Перед фотоумножителями находятся сместители спектра из p -терфенила для увеличения амплитуды за счет транс-

формации ультрафиолетовой части черенковского излучения в видимую область. Коэффициент увеличения амплитуды - 1,5.

Эффективность счетчиков в среднем по площади составляет $97 \div 99\%$. Среднее число фотоэлектронов - $5 \div 6$. Среднеквадратичный разброс средних амплитуд по площади входного окна равен $6 \div 8\%$.

В эксперименте используются блоки быстрой электроники и блоки в стандарте КАМАК /18-20,22,23,27,28/.

Мастер-импульс вырабатывался при совпадении сигналов от сцинтилляционных и черенковских счетчиков. При этом в блоки КАМАК записывалось 50 шестнадцатиразрядных слов: амплитудно-временная информация от сцинтилляционных и черенковских счетчиков, номера сработавших проволок, время дрейфа и показания мониторов. Затем процессор отбирал события, в которых треки электрона и позитрона лежали в горизонтальном слое высотой 4 см; информация о таких событиях передавалась в ЭВМ М-6000 и записывалась на магнитную ленту.

§3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Обработка на линии с ЭВМ проводилась с помощью системы программ DAS- μ /24/. Система позволяла за цикл ускорителя принимать информацию о двухстах событиях и анализировать полученные данные с помощью 56 гистограмм, содержащих амплитудные и временные спектры сцинтилляционных и черенковских счетчиков, распределения по номерам сработавших проволок и по времени дрейфа в камерах.

Для контроля за работой установки в целом совместно с программой DAS- μ использовалась программа проведения треков по номерам проволок. Примененный алгоритм позволил, обрабатывая принятые события, контролировать работу дрейфовых камер, форму и положение пучка по отношению к оси канала.

§4. ИЗМЕРЕНИЯ

Поток γ -квантов в канале при наборе статистики был равен $6,7 \cdot 10^7$ за цикл работы ускорителя при длительности сброса на мишень 1,7 с. Величина сброса ограничивалась загрузками дрейфовых камер. Во время набора статистики загрузка ДК поддерживалась на уровне 10^6 с⁻¹. Среднее число запусков за цикл - $\approx 2 \cdot 10^3$, после подавления быстрым процессором - ≈ 40 . Полные потоки γ -квантов, прошедших через канал при работе с мишенями толщиной 0,5 мкм и 0,35 мкм, равны соответственно $2,25 \cdot 10^{12}$ и $4,29 \cdot 10^{12}$. Полное число записанных триггеров $3,8 \cdot 10^6$.

Наряду с набором позитрониев проводились фоновые измерения. Для этого в начальную часть канала вводилась пленка из лавсана

толщиной 10 мкм, которая должна была разваливать позитронии, не оказывая влияния на другие частицы. Поток γ -квантов и полное число триггеров при этих измерениях были равны соответственно $4,23 \cdot 10^{12}$ и $1,2 \cdot 10^6$.

Для калибровок перед СП-73 устанавливался конвертор из плексигласа толщиной $2,5 \cdot 10^{-3}$ радиационной длины. Электрон-позитронные пары, генерированные на конверторе, позволили определить положение пучка γ -квантов и оценить точностные характеристики установки.

Мониторинг пучка γ -квантов осуществлялся двумя телескопами. Каждый состоял из счетчика антисовпадений, конвертора из свинца размером $2 \times 2 \times 0,5$ см³ и двух счетчиков совпадений. В первом телескопе все счетчики - сцинтилляционные. Во втором один из счетчиков совпадения - черенковский с радиатором из водного раствора амино-Г-кислоты^{/25/}. Второй телескоп не регистрировал медленных фоновых частиц, проходивших через счетчики совпадений и останавливающихся в конверторе. Показания обоих мониторов совпадали.

§5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАР ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ДИССОЦИАЦИИ ПОЗИТРОНИЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Электрон и позитрон, возникающие при диссоциации позитрония в магнитном поле СП-73, обладают рядом характерных признаков.

1. Углы треков e^+ и e^- относительно горизонтальной плоскости θ_{e^+} и θ_{e^-} малы и равны между собой, а продолженные через магнит треки направлены в мишень.

2. Разность высот Δy между e^+ и e^- на выходном окне вакуумной камеры равна нулю.

3. Расстояние Δx между продолженными через магнит треками равно нулю на входе в СП-73.

4. Точка испускания e^+e^- пары лежит в той части сечения канала, где проходит пучок γ -квантов.

5. Импульсы P_{e^+} и P_{e^-} равны между собой.

Величины θ_{e^+} , θ_{e^-} , Δy , Δx , P_{e^+} , P_{e^-} в действительности искажаются из-за наличия горизонтальной составляющей магнитного поля СП-73, а также из-за многократного рассеяния частиц в алюминиевой мембране, в дрейфовых камерах и в воздухе.

Продукты развала позитрония выделялись путем введения ограничений на величины θ_{e^+} , θ_{e^-} , Δy , Δx и на координаты точки испускания пары. При этом учитывалась зависимость этих параметров от импульсов e^+ и e^- . Вид зависимостей брался из анализа распределений по этим же переменным e^+e^- -пар, генерированных на конверторе из плексигласа.

Для выделения позитрониев использовалось распределение $\epsilon = \ln \frac{P_{e^+}}{P_{e^-}}$; в этом распределении продукты развала A_{2e} должны группироваться в узкий пик в окрестности нуля.

§6. ПРОВЕДЕНИЕ ТРЕКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЦ

В начале обработки были определены параметры дрейфовых функций для каждой сигнальной плоскости, углы поворота и величины сдвигов плоскостей дрейфовых камер друг относительно друга. Событие отбиралось для анализа, если в каждой из двух проекций обоих телескопов срабатывало не менее четырех сигнальных плоскостей. Из-за лево-правой неопределенности в каждой проекции проводилось 2ⁿ треков /n - число сработавших плоскостей в проекции/, из которых отбирался один с минимальным значением χ^2 .

Так как перед магнитом СП-73 нет координатных детекторов, то при определении импульсов предполагалось, что частицы выходят из мишени. Для определения импульсов и координат входа частиц в магнит СП-73 предварительно методом Монте-Карло разыгрывались события вылета A_{2e} из мишени и их последующего развала в поле СП-73. Траектории электрона и позитрона в магните рассчитывались методом Рунге-Кутты с использованием карты магнитного поля. Полученный набор данных - импульс частицы P_e , координаты ее влета x_0, y_0 и вылета x, y из магнита, угол вылета из магнита в горизонтальной плоскости θ_x - был использован для аппроксимации каждой из трех величин x_0, y_0, P_e полиномом от трех переменных x, y, θ_x . Максимальная степень полиномов не превышала 4.

§7. ИДЕНТИФИКАЦИЯ e^+e^- -ПАР, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ДИССОЦИАЦИИ ПОЗИТРОНИЯ

Для выделения позитрониев на параметры $\Delta x, \Delta y$ и θ_i вводились ограничения, зависящие от импульсов e^+ и e^- . Ниже будут приводиться только значения границ, соответствующие $P_{e^+} = P_{e^-} = 600$ МэВ/с. После проведения треков и введения мягких ограничений

$$|\Delta x| < 21 \text{ мм}, \quad |\Delta y| < 18 \text{ мм}, \quad |\theta_i| < 10,5 \text{ мрад} \quad /4/$$

из $3,8 \cdot 10^6$ событий осталось $6,4 \cdot 10^4$. Распределение этих событий по ϵ с шагом 0,02 приведено на рис.2а.

Затем были отброшены события, в которых точка испускания e^+e^- -пары лежала вне области прохождения пучка γ -квантов, и на параметры были наложены последовательно более жесткие ограничения:

$$|\Delta x| < 12 \text{ мм}, \quad |\Delta y| < 7 \text{ мм}, \quad |\theta_i| < 8,3 \text{ мрад} \quad \text{и} \quad /5/$$

$$|\Delta x| < 9 \text{ мм}, \quad |\Delta y| < 3,4 \text{ мм}, \quad |\theta_i| < 6,5 \text{ мрад}. \quad /6/$$

Осталось ~12000 и ~3800 событий соответственно. Распределения этих событий по ϵ приведены на рис.2б и в. В этих распределениях имеется узкий пик в окрестности $\epsilon = 0$. Дальнейшее усиление критериев не приводит к существенному улучшению соотношения между эффектом и фоном.

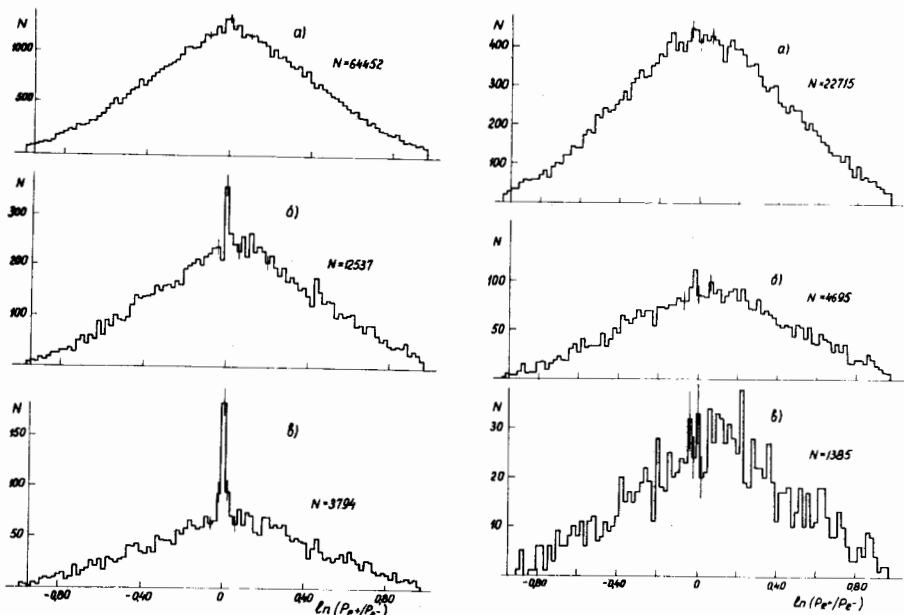


Рис.2. Распределения /а, б и в/ событий статистики, удовлетворяющих критериям /4/, /5/ и /6/ соответственно, по $\epsilon = \ln(P_{e^+}/P_{e^-})$.

Распределение 2в, построенное с шагом 0,005 /рис.5а/, аппроксимировалось суммой двух кривых: пик аппроксимировался распределением Гаусса, а фоновая подложка - плавной кривой, откуда была найдена полная ширина пика на полувысоте: $\Delta_{\text{экср}} = 2,4\%$. Это значение близко к расчетной величине аппаратного разрешения по переменной ϵ : $\Delta_{\text{расч}} = 2,3\%$.

На рис.3 приведены распределения по ϵ фоновых событий, набранных с лавсановой пленкой толщиной 10 мкм. События удовлетворяют соответственно тем же критериям, что и на рис.2. Отсутствие на рис.3в пика объясняется развалом позитрония в пленке и удалением e^+ , e^- из канала очищающими полями.

Пучок позитрониев имеет ту же конфигурацию, что и пучок фотонов. Поэтому для e^+e^- пар, удовлетворяющих условию /6/, но исходящих из той области канала, где нет позитрониев, в распределении по ϵ пика не должно быть. Распределение таких пар по ϵ представлено на рис.4а, из которого видно, что узкий пик в окрестности $\epsilon = 0$ отсутствует и, следовательно, не генерируется фоновыми процессами.

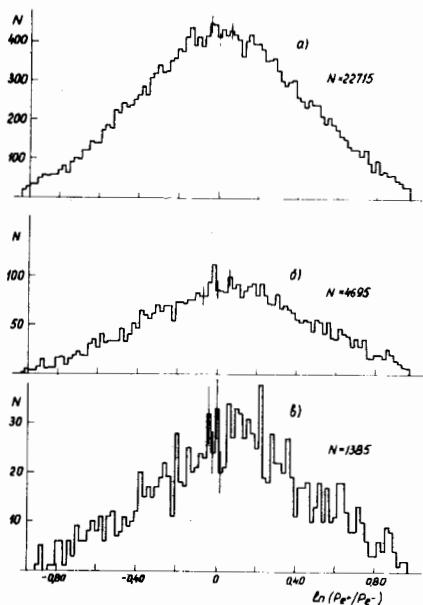


Рис.3. Распределения /а, б и в/ событий фона, удовлетворяющих критериям /4/, /5/ и /6/ соответственно, по ϵ .

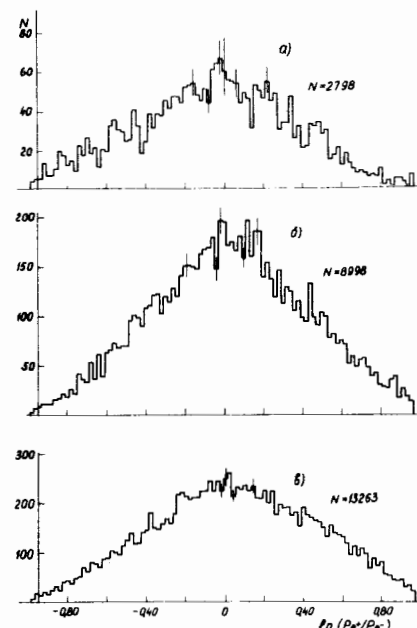


Рис.4. Распределения событий статистики по ϵ : а/ генерированных вне пучка γ -квантов и удовлетворяющих критерию /6/; б/ удовлетворяющих критерию /5/, но не удовлетворяющих хотя бы по одному параметру критерию /6/; в/ распределение событий от конвертора, удовлетворяющих критерию /6/.

На рис.4б представлено распределение по переменной ϵ e^+e^- пар, удовлетворяющих условиям /5/, но не удовлетворяющих хотя бы по одному параметру условиям /6/. Отсутствие узкого пика указывает, что он связан только с теми парами, которые испускаются из небольшой области по Δx , Δy и θ_i .

На рис.4в представлено распределение по переменной ϵ e^+e^- пар, генерированных на плексигласовом конверторе и удовлетворяющих условиям /6/. Отсутствие узкого пика указывает на то, что использованная аппаратура и система критериев не формируют пиков, если их не должно быть по физическим причинам.

Амплитудные спектры в черенковских счетчиках для событий, лежащих в интервале $\epsilon = \pm 0,08$, соответствуют электронам. Случайные совпадения в этой группе событий не превышают нескольких процентов.

Из приведенного анализа следует, что события в пике обусловлены диссоциацией в магнитном поле ультрарелятивистских позитрониев. Так как основным источником позитрониев является распад $\pi^0 \rightarrow \gamma + A_2e$, то наблюдение позитрониев является вместе с тем обнаружением атомного распада π^0 -мезона и, следовательно, процесса прямого превращения времениподобного фотона в атом.

Количество позитрониев определялось по событиям статистики и фона, удовлетворяющим критериям /6/. Из распределения статистики по ϵ /рис.2в/ поканально вычиталось фоновое распределение /рис.3в/, нормированное на поток γ -квантов, соответствующий статистике. Разностное распределение содержит в трех центральных каналах $N_{A_2e} = 185 \pm 30$.

Для оценки величины ρ предполагалось, что все фотоны и позитронии испускаются π^0 -мезонами. Основная неопределенность после такого допущения обусловлена погрешностью в определении числа A_2e , которые разваливаются и возбуждаются в мишени: очи-

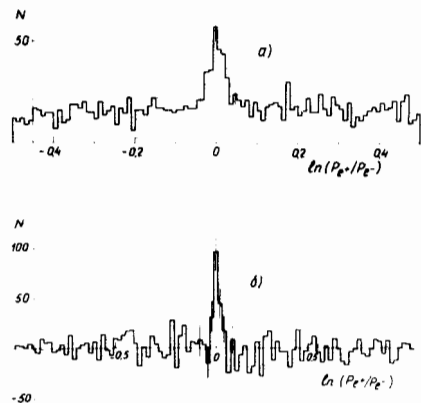


Рис.5. а/ Распределение событий статистики, удовлетворяющих критерию /6/, по ϵ с шагом 0,005; б/ распределение событий статистики, удовлетворяющих критерию /6/, после вычитания фона, с шагом 0,01.

щающие магниты пропускают только позитронии в основном состоянии. Используемые в качестве мишеней углеродные пленки расслаивались, а от степени расслоения зависит доля π^0 -мезонов, распадающихся в пределах мишени, и, следовательно, количество развалившихся и возбужденных

позитрониев. Так как степень расслоения и развитие этого процесса в течение сеанса неизвестны, то оценка величины делалась для мишени без расслоения и полностью расслоенной мишени. Если учитывать только сечение развала, то для величины ρ получаем значения: $\rho = 1 \div 2 \cdot 10^{-9}$. Теоретические расчеты полного сечения возбуждения A_2 отсутствуют. Если предположить, что сечение возбуждения равно сечению развала, то верхнее значение ρ увеличится в $\sim 2,5$ раза.

при определении ρ учитывалась эффективность регистрации позитрониев, обусловленная ограниченным динамическим диапазоном магнитного спектрометра / $\sim 32\%$ / и потерями позитрониев за счет осцилляций / $\sim 10\%$ /, эффективность детекторов / $\sim 40\%$ /, обработки / $\sim 70\%$ / и др. Поток γ -квантов умножался на коэффициент $\sim 0,9$, учитывающий долю γ -квантов, идущих из мишени.

Авторы выражают благодарность В.П.Джелепову, Д.Кишу, Б.М.Понтекорво, Н.Е.Тюрину, В.А.Ярбе - за поддержку эксперимента; В.И.Ганичеву, Л.М.Онищенко, В.Г.Сазонову, В.И.Сидоровой, Л.М.Смирнову - за проектирование аппаратуры и помощь при ее изготовлении; В.Г.Зинову, А.Н.Синаеву - за обеспечение эксперимента электронными блоками; А.В.Самойлову за обсуждение постановки опыта и ценные советы; Ю.Г.Баше, Т.С.Григалашвили, А.И.Григорьеву, Э.И.Мальцеву, А.А.Олейнику, Б.А.Серебрякову, С.А.Черному - за помощь при создании аппаратуры; А.П.Курову за установку пленочных мишеней; Н.А.Владимировой, Н.А.Калининой, В.В.Ализаде, Т.Д.Блохинцевой, В.П.Курочкину, Ж.П.Пустыльник - за участие в измерениях; А.М.Вахрамееву, Л.Н.Королеву, В.М.Кудрявцеву, Ю.А.Ласточкину, Б.И.Лесникову, В.А.Смирнову - за подготовку канала и детекторов к работе; С.Г.Пластининой, Г.В.Покидовой, В.Ф.Чуркиной - за помощь при обработке и оформлении данных; П.И.Зольникову и коллективу фотолаборатории за оформление работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deutsch M. Phys.Rev., 1951, 82, p. 455.
2. Меледин Г.В., Сербо В.Г., Сливков А.К. Письма в ЖЭТФ, 1971, 13, с. 98.
3. Неменов Л.Л. ЯФ, 1972, 15, с. 1047.
4. Горчаков О.Е., Купцов А.В., Неменов Л.Л. ЯФ, 1976, 24, с.524.
5. Ахундов А.А., Бардин Д.Ю., Неменов Л.Л. ЯФ, 1978, 27, с. 1542.
6. Высоцкий М.И. ЯФ, 1979, 29, с. 845.
7. Неменов Л.Л. ЯФ, 1976, 24, с. 319.
8. Коцинян А.М., Препринт ЕФИ, ЕФИ-400/7/-80 Ереван, 1980.
9. Дульян Л.С., Коцинян А.М., Фаустов Р.Н. ЯФ, 1977, 25, с.814.
10. Неменов Л.Л. ЯФ, 1981, 34, с. 1306.
11. Любошиц В.Л., Подгорецкий М.И. ЖЭТФ, 1981, 81, с. 1556.
12. Вертоградов Л.С. и др. ОИЯИ, Р1-9181, Дубна, 1975.
13. Неменов Л.Л. и др. ПТЭ, 1980, 3, с. 41.
14. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, Р13-82-901, Дубна, 1982.
15. Alexeev G.D. et al. Nuclear Instr. and Meth., 1978, 153, p. 157.
16. Alexeev G.D., Khazins D.M., Kruglov V.V. Lett Nuovo Chimento, 1979, 25, p. 157.
17. Алексеев Г.Д., Круглов В.В., Хазинс Д.М. ЭЧАЯ, 1982, 13, с. 703.
18. Карпухин В.В., Круглов В.В., Купцов А.В. ОИЯИ, Р13-82-902, Дубна, 1982.
19. Карпухин В.В. ПТЭ, 1980, 2, с. 88.
20. Карпухин В.В. ОИЯИ, Р13-83-913, Дубна, 1983.
21. Горчаков О.Е. и др. ОИЯИ, 13-82-818, Дубна, 1982.
22. Борейко В.Ф. и др. ПТЭ, 1981, 6, с. 63.
23. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-844, Дубна, 1982.
24. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, 10-82-312, Дубна, 1982.
25. Saito K., Suga K. Nuovo Chimento, 1959, 11, p. 600.
26. Карпухин В.В. ОИЯИ, 13-82-503, Дубна, 1982.
27. Карпухин В.В. ОИЯИ, 13-83-322, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 декабря 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Алексеев Г.Д. и др. P1-83-894
Наблюдение ультррелятивистских позитрониев

В эксперименте на ускорителе ИФВЭ осуществлено наблюдение ультррелятивистских позитрониев, генерированных в протон-углеродных соударениях при энергии 70 ГэВ. Экспериментальная установка включала в себя специализированный вакуумный канал длиной 40 м, спектрометрический магнит, 12 дрейфовых камер размером 3 x 0,8 м², сцинтилляционные и пороговые черенковские счетчики. Зарегистрировано 185±30 позитрониев. Дана оценка вероятности атомного распада π^0 -мезона в предположении, что этот распад является единственным источником позитрониев.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Alekseev G.D. et al. P1-83-894
Observation of Ultrarelativistic Positroniums

In an experiment on IHEP accelerator the observation of ultrarelativistic positroniums was performed, which were generated in proton-carbon collisions at 70 GeV. The experimental setup included a specialized vacuum channel 40 m long, a spectrometric magnet, 12 drift chambers with 3x0.8 m² dimensions, scintillation and threshold Cherenkov counters. 185 ± 30 positroniums have been observed. The estimate for probability of atomic decay of π^0 -meson was made under assumption that the given decay is the only source of positroniums.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой