

Омичи (4)

И Н С Т И Т У Т ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р

препринт 327

В.Е.Балакин, Г.И.Будкер, Ю.В.Коршунов, С.И.Мишнев
Е.В.Пахтусова, Ю.Н.Пестов, В.А.Сидоров, А.Н. Скринский
Г.И.Тумайкин, А.Г.Хабахпашев

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ψ -МЕЗОННОГО РЕЗОНАНСА НА ВСТРЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОН - ПОЗИТРОННЫХ ПУЧКАХ

НОВОСИБИРСК

1969

В.Е.Балакин, Г.И.Будкер, Ю.В.Коршунов, С.И.Мишнев,

Е.В.Пахтусова, Ю.Н.Пестов, В.А.Сидоров, А.Н.Скринский,

Г.И.Тумайкин, А.Г.Хабахпашев

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ γ -МЕЗОН - НОГО РЕЗОНАНСА НА ВСТРЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОН - ПОЗИ - ТРОННЫХ ПУЧКАХ

2. Намечены конструкции системы основного магнита по -
скольку необходимо увеличить тангенциальный угол системы искровых ка -
мер.

3. В основной магните сделаны специальные отверстия, поз -
воляющие использовать в качестве модулирующего процесса
двойное торможение пучка.

4. Улучшены вакуумные условия эксперимента. Время жизни
при суммарном токе 100 ма достигает 8 часов.

5. Интенсивность пучка электронов-позитронов увеличена
до 10^{11} частиц в импульсе, что обеспечивает скорости накопления
дозагревов около 2 мкс в импульсе. Начальный ток электронов в
среднем по длине пучка составляет 40 ма, электро -
нов - 60 ма.

Система искровых камер состоит из двух одинаковых по -
ловин (верхней и нижней), шахтывенных углом $2 \times 0,9$ градуса
на угол действия магнитного поля. Их расположение показано
на рис.1. Искровые камеры с тонкими пластинами служат для оп -
ределения дуги пучка электронов и координат точки взаимодействия.

На двух установках со встречными пучками (Новосибирск и Орсе) уже проведено несколько работ по изучению нейтральных векторных мезонов /1-6/. Продолжением этого цикла исследований является настоящая работа по изучению ψ -мезонного резонанса. Её отличием от аналогичной работы французской группы /6/ является одновременная регистрация всех трех основных ветвей распада ψ -мезона: K^+K^- , $K_S^0 K_L^0$ (через $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$) и $\pi^+ \pi^- \pi^0$, а также пар χ -мезонов, образующихся при этой энергии. Кроме того, в работе уделено внимание поиску нейтральных мод распада.

Работа проведена на электрон-позитронном накопителе ВЭПП-2. С декабря 1967 года по апрель 1969 года эта установка подверглась значительной реконструкции /7/:

1. ВЧ - резонатор накопителя работает на третьей (вместо первой) гармонике частоты обращения частиц и имеет значительно более высокое напряжение. Это позволило сократить длину области взаимодействия частиц до размеров, охватываемых системой искровых камер.

2. Изменение конструкции обмотки основного магнита позволило несколько увеличить телесный угол системы искровых камер.

3. В основном магните накопителя сделаны отверстия, позволяющие использовать в качестве мониторирующего процесса двойное тормозное излучение /8/.

4. Улучшены вакуумные условия накопителя. Время жизни при суммарном токе 100 ма достигает 5 часов.

5. Интенсивность пучка синхротрона-инжектора увеличена до 10^{11} частиц в импульсе, что обеспечивает скорость накопления позитронов около 2 ма в минуту. Начальный ток позитронов в среднем по качеству цикла измерений составляет 40 ма, электронов - 60 ма.

Система искровых камер состоит из двух одинаковых половин (верхней и нижней), охватывающих угол $2 \times 0,9$ стерадиана вблизи вертикального направления. Их расположение показано на рис.1. Искровые камеры с тонкими пластинами служат для определения углов вылета частиц и координат точки взаимодействия.

Определение сорта частиц проводится по характеру их взаимодействия с материалом пластин "ливневых" и "пробежных" камер. Ливневая камера содержит 11 свинцовых пластин толщиной 2 мм; пробежная - 21 пластину из нержавеющей стали толщиной 8 мм. Довольно сложная система зеркал позволяет пользоваться одной фотокамерой.

Запуск системы искровых камер проводится четырьмя сцинтилляционными счетчиками, включенными в две схемы совпадений с разрешающим временем $2\tau = 20$ нсек. Четырехкратная схема совпадений настроена на регистрацию частиц с минимальной ионизацией (эффективность 97%). Двухкратная - соединена лишь с внутренними (ближайшими к вакуумной камере накопителя) счетчиками и настроена на регистрацию заряженных K -мезонов (эффективность 100%). Их энергия в максимуме ψ -резонанса составляет всего 16 Мэв, а соответствующий импульс света в сцинтилляторе значительно больше, чем для релятивистской частицы. Для облегчения последующей обработки величина этого импульса для каждого события регистрировалась на фотографии треков.

При поиске нейтральных мод распада ψ -мезона между вакуумной камерой накопителя и сцинтилляционными счетчиками помещались свинцовые радиаторы толщиной 10 мм.

Для защиты от космического излучения служит счётчик антисовпадений размером $160 \times 160 \times 5$ см³ на одном фотоумножителе ФЭУ-65. Между этим счётчиком и камерами помещен слой свинца толщиной 20 см, преграждающий путь в счётчик антисовпадений частицам исследуемого процесса. Включение счётчика антисовпадений в 50 раз снижает частоту срабатываний системы от космического излучения. Дополнительный фактор 4 в уменьшении числа срабатываний даёт синхронизация с фазой напряжения на резонаторе накопителя. В этих условиях система искровых камер срабатывает 40 раз в час от космического излучения. В рабочих условиях значительно большую загрузку дают частицы, выбывающие из пучков.

Точность абсолютного определения энергии по магнитным измерениям не превышает 1%, но её стабильность и воспроизводимость для различных серий измерений контролировалась методом ядерного резонанса с точностью лучше 0,01%. Абсолютная калибровка энергетической шкалы проведена по табличному зна

чению энергии γ -резонанса 1019,5 Мэв /9/.

Основная серия измерений проводилась в течение одного месяца при круглосуточной работе установки и дала около 100 тысяч фотографий. Измерения проводились при 9 значениях энергии частиц в накопителях от 508 до 514 Мэв. Четвертая часть времени потрачена на фоновые измерения, для которых пучки разводились по вертикали на 2 мм.

Контроль за условиями встречи пучков и мониторингирование (интегрирование светимости) проводились по регистрации событий двойного тормозного излучения системой из двух счётчиков на кристаллах NaCl , включенных в схему совпадений с порогом 5 Мэв.

К сожалению, до настоящего времени успели выделить и обработать лишь два типа событий: упругое электрон-позитронное рассеяние и образование пары заряженных K -мезонов. Оба типа событий имеют коллинеарные треки в верхней и нижней геометрических камерах. Электрон-позитронная пара даёт характерную картину ливней в ливневых камерах; заряженные K -мезоны выделяются по большой амплитуде импульса в сцинтилляционных счётчиках.

Более двухсот K -мезонных событий имеют в ливневых и пробных камерах характерную картину распада K -мезона, остановившегося в первом сцинтилляционном счётчике. Эта группа событий так же, как и упругое рассеяние, не имеет фона.

Интегральные результаты основной серии измерений иллюстрируются таблицей.

	Эффект	Фон
Время измерений (час)	208	64
Дебит /10/ (кулам)	564	167
2γ - монитор (тыс.)	1216	2,2
Число фотографий (тыс.)	81,3	24,0
Упругое рассеяние $e^+ + e^-$	528	0
Заряженные K -мезоны	647	35

Расчёт геометрических условий регистрации для нашей системы искровых камер проведен методом Монте-Карло. Сечение регистрации электрон-позитронного рассеяния для энергии ψ -резонанса составляет 0,067 мкбарн, эффективность регистрации образующихся пар заряженных K -мезонов - 7,4%.

Наиболее существенными поправками при обработке экспериментальных данных являются так называемые радиационные поправки /11/. Реально измеряемое сечение σ_p связано с интересующим нас ("идеальным") сечением выражением $\sigma_p = \sigma(1 + \delta_p)$. В максимуме ψ -резонанса $\delta_p = -0,25$.

На рис.2 показаны результаты предварительной обработки основной серии измерений. Аппроксимация этих результатов кривой Брейта-Вигнера методом наибольшего правдоподобия даёт следующие значения параметров резонанса:

$$\Gamma = 4,1 \pm 0,5 \text{ Мэв}$$

$$\sigma_0 = 2,3 \pm 0,3 \text{ мкбарн}$$

Отсюда, используя табличное /8/ значение вероятности распада ψ -мезона на пару заряженных K -мезонов $47 \pm 3\%$, получаем полное резонансное сечение образования ψ -мезона

$$\sigma_\psi = 4,8 \pm 0,6 \text{ мкбарн},$$

а также относительную вероятность и ширину его лептонного распада

$$B_{e^+e^-} = (3,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$$

$$\Gamma_{e^+e^-} = 1,42 \pm 0,13 \text{ кэв}$$

Эти величины находятся в согласии как с результатами, полученными в Орсе /6/ по изучению других мод распада ψ -мезона, так и с измерениями, выполненными другими методами /12/.

Для изучения нейтральных продуктов электрон-позитронного взаимодействия проведена специальная двухнедельная серия измерений со свинцовыми радиаторами перед счётчиками (рис.1). Интересно отметить, что при толщине радиаторов 10 мм частота срабатывания четырехкратной схемы совпадений снижается в 10 раз.

До настоящего времени из 10 тысяч полученных фотографий выделены лишь коллинеарные события, соответствующие регистрации электрон-позитронного рассеяния и двухквантовой аннигиляции

под большими углами относительно направления встречи. Результат этой предварительной обработки приведен в таблице:

	Эффект	Фон
Время измерений (час)	137	24
Дебит (кулам)	320	53
2 γ - монитор (тыс)	890	-
Число фотографий (тыс)	8,7	1,3
Упругое рассеяние e^+e^-	395	0
Двухквантовая аннигиляция	49	0

Отклонение обнаруженного числа событий двухквантовой аннигиляции от расчётного

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = 0,1 \pm 0,2,$$

что соответствует параметру нарушения квантовой электродинамики

$$\frac{1}{Q^2} = 0,1 \pm 0,2 \text{ Гэв}^{-2}$$

Это ограничение много слабее уже имеющихся [11], но полученное в другом процессе, несет дополнительную информацию (относится к электронному пропагатору).

Авторы благодарны В.Н.Байеру за многочисленные дискуссии по проблемам, представляющим взаимный интерес, а также большому коллективу сотрудников, принимавших участие в получении и обработке результатов измерений.

Рис.1. Система искровых камер.

1 - входной счетчик антиковалоний; 2 - входной счетчик позитронов; 3 - пробная искровая камера; 4 - лизарная камера; 5, 7 - светлячковые счетчики; 6 - входной счетчик позитронов; 8, 10 - искровые камеры с тонкими пластинами; 9 - одиночный радиатор толщиной 10 мм; 11 - область встречи; 12, 13 - внутренняя и наружная вакуумные камеры; 14 - магнит надозондега.

Л и т е р а т у р а

1. Auslander V.L. et. al. *Phys. Lett.*, 25B, 433, 1967.
2. Ауслендер В.Л. и др. ЯФ, 9, 114, 1969.
3. Augustin J.E. et. al. *Phys. Rev. Lett.*, 20, 126, 1968.
4. Augustin J.E. et. al. *Phys. Lett.*, 28B, 508, 1969.
5. Augustin J.E. et. al. *Phys. Lett.*, 28B, 513, 1969.
6. Augustin J.E. et. al. *Phys. Lett.*, 28B, 517, 1969.
7. Ауслендер и др. Представлено на Международную конференцию по ускорителям. Ереван, 1969.
8. Голубничий П.И. и др. Атомная энергия, 3, 168, 1967.
9. Rosenfeld A.H. et. al. *tables (1968)*.
10. Ауслендер В.Л. и др. Атомная энергия, 3, 176, 1967.
11. Baier V.N., Fadin B.S., *Phys. Lett.*, 27B, 223, 1968.
12. S. Ting. Материалы Международной конференции по высоким энергиям. Вена, 1968, стр.43.

Для изучения нейтральных продуктов электрон-позитронного взаимодействия проводилась специальная двухканальная серия измерений со сцинтилляционными радиаторами перед счётчиком (рис.1). Интересно отметить, что при толщине радиатора 10 мм частота регистрации четырёхкратной схемы совпадает с 10 раз.

До настоящего времени из 10 тысяч полученных фотографий выделены лишь коллинеарные события, соответствующие регистрации электрон-позитронного рассеяния в двухкратной схеме.

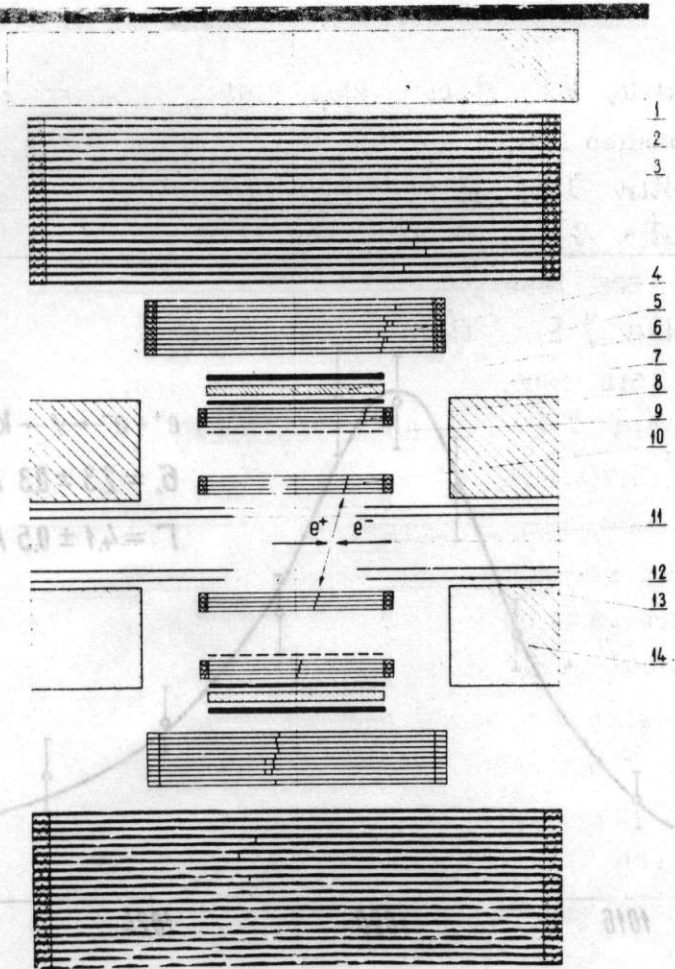


Рис.1. Система искровых камер:

1 - сцинтилляционный счётчик антисовпадений; 2 - слой свинца толщиной 200 мм; 3 - пробежная искровая камера; 4 - лизневая искровая камера; 5, 7 - сцинтилляционные счётчики; 6 - слой дюрала толщиной 20 мм; 8, 10 - искровые камеры с тонкими пластинами; 9 - свинцовый радиатор толщиной 10 мм; 11 - область встречи; 12, 13 - внутренняя и наружная вакуумные камеры; 14 - магнит накопителя.

1. J. J. Aubert et al., Phys. Lett., 25B 483, 1967.
2. Аусладалер и др.
3. Aubert J. E. Phys. Lett., 25, 128, 1968.
4. Aubert J. E. Phys. Lett., 25, 128, 1968.

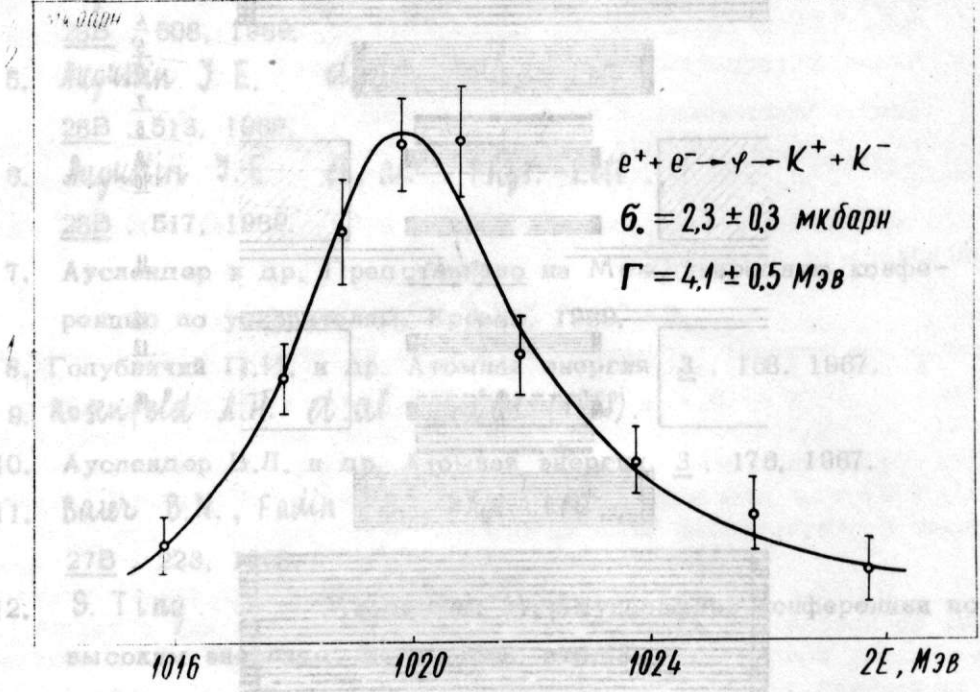
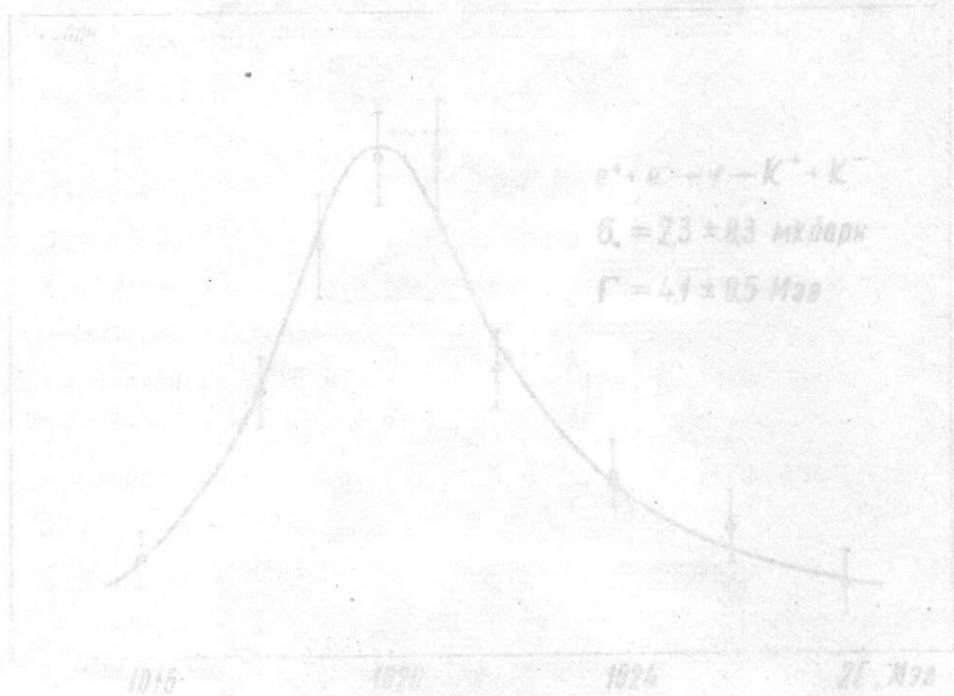


Рис. 2. Сечение процесса $e^+ + e^- \rightarrow \gamma \rightarrow K^+ + K^-$

1 - сцинтилляционный счётчик в туннельной камере; 2 - счётчик
 3 - счётчик в туннельной камере; 4 - счётчик в туннельной камере;
 5 - счётчик в туннельной камере; 6 - счётчик в туннельной камере;
 7 - счётчик в туннельной камере; 8 - счётчик в туннельной камере;
 9 - счётчик в туннельной камере; 10 - счётчик в туннельной камере;
 11 - счётчик в туннельной камере; 12 - счётчик в туннельной камере;
 13 - счётчик в туннельной камере; 14 - счётчик в туннельной камере;



Ответственный за выпуск **ХАБАХПАШЕВ А.Г.**
 Подписано к печати **28.08.69**
 Усл. **0,5** печ.л., тираж **200** экз.
 Заказ № **327** . Бесплатно.

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР, нв.