

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

4653/82

27/9-82

13-82-524

В.И.Баскаков*, В.А.Басков*, В.А.Башкиров*,
Б.А.Долгошеин*, В.К.Чернятин*, П.А.Рукояткин

РАЗДЕЛЕНИЕ АДРОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ
С ПОМОЩЬЮ МНОГОПЛАСТИНЧАТОГО
ИОНИЗАЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА
ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НА СЖАТОМ КСЕНОНЕ

* Московский инженерно-физический институт.

1982

В эксперименте по поиску короткоживущих частиц^{1/}, выполняемом на двухплечевом спектрометре на внутренней мишени ускорителя ИФВЭ /рис.1/, предусматривается выделение лептонов из продуктов распада. Функцией детектора электронов /ЕД/, расположенного в одном из плеч установки, является выделение электронов в присутствии высокого адронного фона.

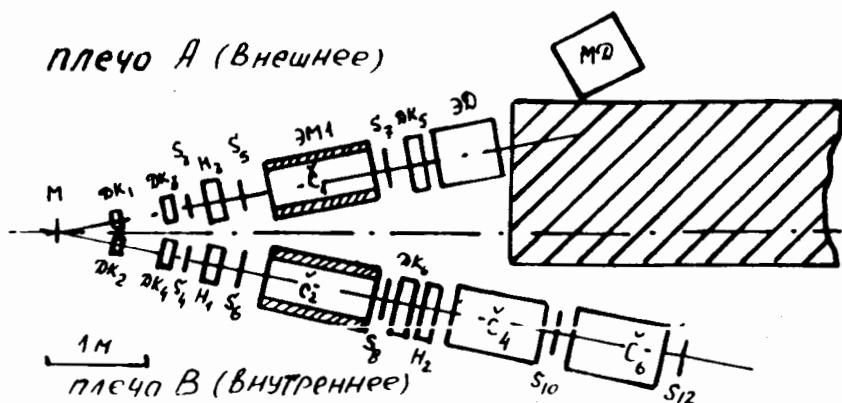


Рис.1. Схема установки "Тау".

ОПИСАНИЕ ДЕТЕКТОРА ЭЛЕКТРОНОВ

Детектор электронов представляет собой многопластинчатый ионизационный спектрометр полного поглощения. Внутри корпуса, выполненного из нержавеющей стали /см. рис.2/, расположены свинцовые пластины поглотителя*. Из широко доступных материалов свинец обладает максимальным отношением ядерной длины поглощения к радиационной длине: $L_{\text{яд.}}/x_0 \approx 33$.

Размеры спектрометра диктуются его расположением в установке между блоком дрейфовых камер ДК₅ и кожухом кольцевого магнита /расстояние 25 см/. Выбор же структуры детектора /толщина поглотителя + детектирующий зазор/ определяется, с одной стороны,

* Корпус спектрометра как сосуд, работающий под высоким давлением, изготовлен и испытан в опытном производстве ОИЯИ.

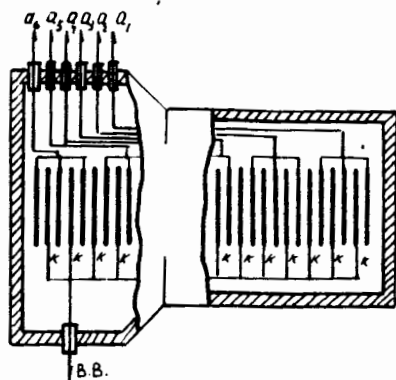


Рис.2. Схема многопластинчатого ионизационного спектрометра / a_1, \dots, a_6 - выходы анодных групп/; к - катоды; ВВ - высоковольтный вывод/.

конструкционными свойствами свинца /необходима достаточная жесткость электродов/, с другой - необходимостью при заданной длине спектрометра получать максимальный ионизационный сигнал. При импульсе электронов $2 + 3$ ГэВ/с для поглощения 95% энергии необходима длина детектора, равная 14

радиационным длинам. Исходя из этого была выбрана толщина поглотителя - 2 мм, величина зазора - 3 мм. Всего в спектрометре 38 пластин, таким образом, полная длина составляет 13,8 рад. длин. Пластины объединены в 6 последовательных секций. Первая группа электродов - 2,9 рад. длины, остальные - 2,2 рад. длины. Отрицательное напряжение до 5 кВ подается на объединенные катодные пластины через установленный на спектрометре высоковольтный фильтр. Электроды представляют собой овал с размерами 260×140 мм².

В качестве газового наполнителя используется ксенон с добавкой 4% метана для увеличения скорости дрейфа. Давление газа 30 атм. Ксенон был выбран из-за его высокой плотности / $5,9 \times 10^{-8}$ г/см³/, что позволяет получить максимальный сигнал по сравнению с другими газами, которые обычно используются в ионизационных детекторах.

Сигналы с анодных групп пластин поступают непосредственно на входы предусилителей без разделительных конденсаторов. Каждая анодная группа имеет независимый канал регистрации, который состоит из предусилителя, основного усилителя и зарядоцифрового преобразователя, связанного при помощи системы КАМАК с ЭВМ. Кроме того, имеется еще один регистрирующий канал, аналогичный описанным. На основной усилитель данного канала регистрации подается сигнал, полученный от всех предусилителей на резистивном сумматоре. В дальнейшем этот сигнал можно использовать в триггере.

В головном каскаде предусилителя, выполненного по токовой схеме, используются 2 биполярных транзистора, соединенных параллельно. Входное сопротивление предусилителя меньше 10 Ом, эквивалентный шумовой заряд при емкости ~ 600 пФ составлял $2,4 \cdot 10^4$ электронов /ширина на половине высоты/. Градуировка регистрирующей электроники осуществлялась при помощи генератора "ORTEC-480". Градуировочный сигнал подавался через емкость 20 пФ на катоды спектрометра.

КАЛИБРОВочНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Калибровочные измерения проводились на канале №6 серпуховского протонного ускорителя при импульсе частиц 1,5; 2; 2,5 ГэВ/с. Содержание электронов в пучке менялось от 8 до 0,5%. Для их выделения использовались 2 газовых черенковских счетчика, амплитудные спектры с которых записывались на магнитную ленту. Затем при обработке данных в режиме офф-лайн с их помощью отбирались события, соответствующие прохождению электрона /амплитуда сигналов в двух черенковских счетчиках выше определенного порога/ или адрона /отсутствие сигналов в обоих счетчиках/.

На рис.3а,б представлены спектры энерговывделений в электронном детекторе. На адронном спектре пик в области малых энерговывделений соответствует одиночным π -мезонам, прошедшим через объем детектора без ядерных взаимодействий. В нашем случае доля таких событий достигает $\sim 60\%$. Ввиду большого импульсного разброса пучка / $\Delta p/p \sim 25\%$ / ширина электронного пика составила $\sim 30\%$ при всех исследуемых энергиях.

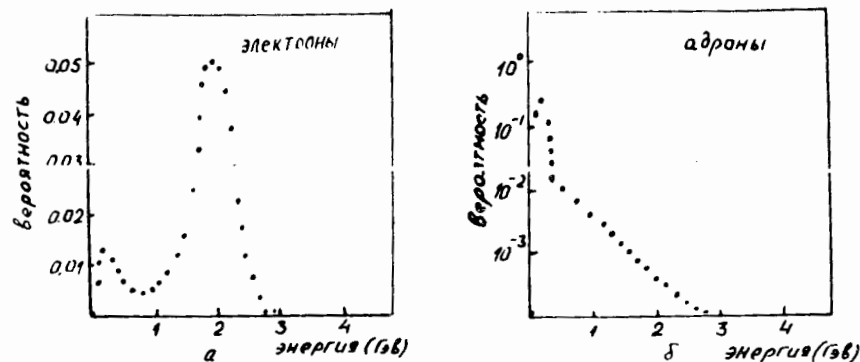


Рис.3. Амплитудные распределения импульсов спектрометра в пучке частиц с импульсом 2 ГэВ/с.

РАЗДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И АДРОНОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОПЛАСТИНЧАТОГО ИОНИЗАЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА

Согласно результатам работы ^{1/2/}, где описан аналогичный спектрометр, наибольший коэффициент режекции /отношение эффективности регистрации адронов к эффективности регистрации электронов/ можно получить, проводя отбор событий по полному энерговывделению в детекторе. Поскольку ширина электронного пика определялась в основном импульсным разбросом пучка, непосредственно измерить собственное разрешение детектора не удалось. Однако, используя данные работ ^{1/2/}, можно оценить ожидаемое разрешение нашего де-

тктора / $\sigma_{r.m.s.} = 0,16$ ГэВ при энергии электронов 2 ГэВ/. Воспользовавшись затем амплитудным спектром для адронов, можно получить коэффициент режекции по полному энергосодержанию в детекторе: $\epsilon_h / \epsilon_e = 1,5 \cdot 10^{-2}$ для $\epsilon_e = 99\%$. Для энергий 1,5 и 2,5 ГэВ результаты различаются на 20%.

Использование черенковского счетчика C_1 для выделения электронов в ходе эксперимента позволяет снизить эффективность регистрации адронов только на 2 порядка из-за малой длины счетчика / $\sim 1,5$ м/ и большой фоновой загрузки. Таким образом, суммарный коэффициент режекции системы "черенковский счетчик + спектрометр полного поглощения" составляет $\sim 10^{-4}$ /содержание электронов в пучке, как указывалось выше, $\sim 10^{-4}$ /. С целью дальнейшего понижения адронного фона исследовалась возможность выделения электронов по особенностям продольного развития каскада. Для этого были отобраны электронные и адронные линии в энергетическом диапазоне 1,4 ÷ 2,4 ГэВ /ширина диапазона $-\pm 3 \sigma_{r.m.s.}$ энергетического разрешения электронного детектора при импульсе частиц 2 ГэВ/с. Форма каскада слабо зависит от энергии частиц ^{3,4/}, поэтому импульсный разброс пучка не будет сказываться на коэффициенте режекции адронов при использовании критериев отбора, основанных на пространственном распределении каскада.

На рис. 4 и 5 приведены соответственно распределения центров тяжести $\bar{\xi}$ и ширин Δ / Δ - среднеквадратичное отклонение продольного распределения ионизации в индивидуальном каскаде/ в продольном направлении для электронов и адронов. Наличие 6 пиков в адронном распределении на рис. 4 и значительная часть адронных

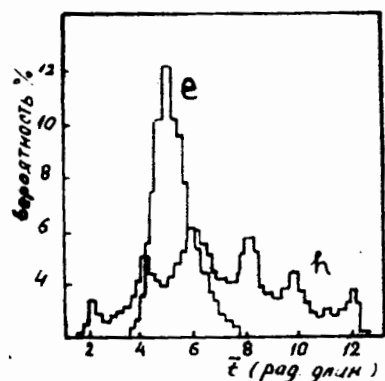


Рис. 4. Распределение по толщине спектрометра продольного центра тяжести каскадов $\bar{\xi}$ для адронов (h) и электронов (e), импульс 2 ГэВ/с.

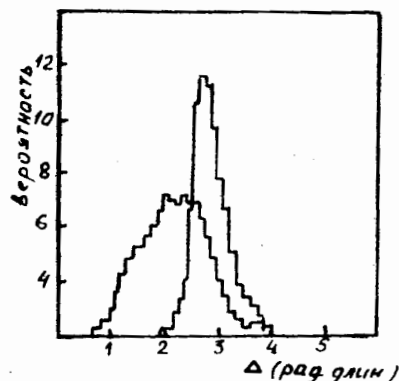


Рис. 5. Распределение продольных ширин ливней Δ для адронов (h) и электронов (e), импульс 2 ГэВ/с.

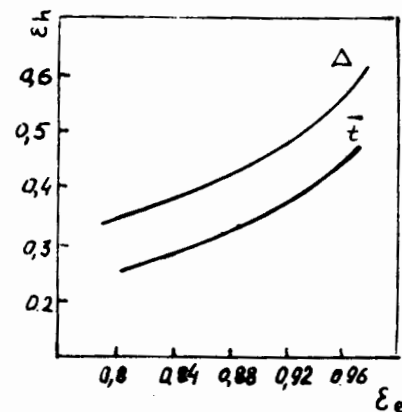


Рис. 6. Адрон-электронная режекция при использовании распределений по Δ и $\bar{\xi}$, импульс 2 ГэВ/с.

событий, имеющих малую величину Δ на рис. 5, объясняется в работе ^{2/} образованием в ядерных расщеплениях сильноионизирующих частиц. Благодаря большой плотности ионизации такая частица может имитировать большое число ливневых частиц с минимальной ионизацией. При ее регистрации сигнал в одной из групп электронов значительно превосходит дру-

гие, и, следовательно, центр тяжести каскада будет находиться вблизи этой группы, а его ширина будет иметь меньшую величину.

На рис. 6 показана режекция адронов от электронов по центру тяжести и по ширине каскадов. Из рисунка видно, что более эффективным является выделение электронов по положению центра тяжести. При 90-процентном уровне эффективности регистрации электронов режекция дополнительно улучшается в ~ 3 раза.

Кроме описанных выше методов разделения адронов и электронов был использован также метод максимального правдоподобия, описанный в работах ^{3,5/}. Суть метода заключается в следующем. Если заряд, выделившийся в i -й группе / $i = 1, 2, \dots, 6$ /, обозначить через Q_i , продольное распределение заряда в индивидуальном событии будет характеризоваться 6-мерным вектором $\vec{Q} = (Q_1, \dots, Q_6)$. Среднее распределение каскадов будет характеризоваться вектором $\langle \vec{Q} \rangle = \langle Q_i \rangle$. Для идентификации частиц используется распределение величин

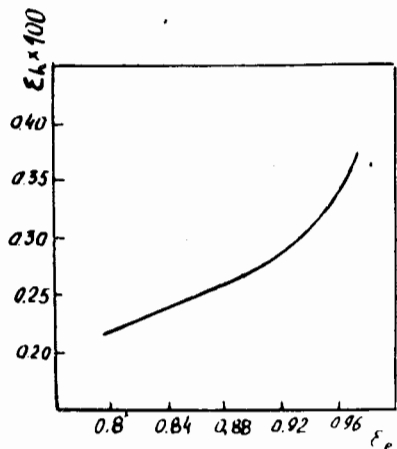
$$\chi^2 = (\vec{Q} - \langle \vec{Q} \rangle)^{-1} (\vec{Q} - \langle \vec{Q} \rangle),$$

где σ_{ij} - ковариантная матрица, компоненты которой определяются из калибровочного набора данных с хорошо определенными электронными событиями:

$$\sigma_{ij} = \{(Q_i - \bar{Q}_i)(Q_j - \bar{Q}_j)\}.$$

При калибровочных измерениях изучалась режекция частиц при фиксированном импульсе налетающей частицы. В общем случае, когда импульс неизвестен, необходимо учесть энергетическую зависимость $\langle \vec{Q} \rangle$ и σ_{ij} ^{5/}.

На рис. 7 представлена электрон-адронная режекция по критерию χ^2 для событий, лежавших в диапазоне 1,4 ÷ 2,4 ГэВ. Таким образом, применение данного критерия дополнительно улучшает режекцию до уровня $3 \cdot 10^{-3}$ при эффективности регистрации электронов 90%.



Следует отметить, что в качестве эталонного набора данных для определения σ_{ij} использовался электронный пик, ширина которого определялась импульсным разбросом пучка. При точно известном значении импульса электрона эффективность метода χ^2 должна улучшиться.

Рис. 7. Адрон-электронная режекция по критерию χ^2 после предварительного отбора событий по энерговыделению в спектрометре, импульс 2 ГэВ/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследована способность многопластинчатого ионизационного спектрометра разделять адроны и электроны по различным характеристикам каскадов, образуемых этими частицами в поглотителе. Помимо стандартного метода разделения по полному энерговыделению изучены методы дополнительной режекции с использованием характеристик продольного развития ливней.

При использовании метода разделения по положению центра тяжести режекция улучшается в ~ 3 раза. При использовании метода χ^2 , который одновременно учитывает как энергетические, так и пространственные характеристики, коэффициент режекции для частиц с импульсом 2 ГэВ/с при эффективности регистрации электронов 90% оказался равным $3 \cdot 10^{-3}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золин Л.С. и др. ОИЯИ, Р1-9964, Дубна, 1976.
2. Баскаков В.И. и др. Препринт ИФВЭ, ОП-78-45, 1978.
3. Babaev A. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1979, 160, p. 427.
4. Jensen T. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1977, 143, p. 429.
5. Engler J. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1976, 133, p. 521.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-411	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Баскаков В.И. и др.

13-82-524

Разделение адронов и электронов с помощью многопластинчатого ионизационного спектрометра полного поглощения на сжатом ксеноне

Исследована способность многопластинчатого ионизационного спектрометра полного поглощения на сжатом ксеноне разделять адроны и электроны по различным характеристикам каскадов, образуемых этими частицами в детекторе. Помимо стандартного метода разделения по полному энергосвделению изучены методы дополнительной режекции с применением характеристик продольного развития ливней. При использовании метода разделения по положению центра тяжести режекция улучшается в ~ 3 раза. При использовании метода χ^2 , учитывающего одновременно как энергетические, так и пространственные характеристики каскадов, коэффициент режекции оказался равным $3 \cdot 10^{-8}$ для частиц с импульсом 2 ГэВ/с при эффективности регистрации электронов 90%. Прибор используется для выделения электронных событий при наличии сильного адронного фона.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Baskakov V.I. et al.

13-82-524

Electron and Hadron Rejection by Means of Multiflat Ionization Full Absorption Spectrometer on Pressed Xenon

The ability of multiflat ionization full absorption spectrometer on pressed xenon to reject hadrons and electrons by differend cascade characteristics is investigated. Except of standard full energy release rejection method a supplementary one using long shower development characteristics is studied. The rejection becomes better by factor ~3 if the centre weight rejection method is used. It equals $3 \cdot 10^{-8}$ for particle with 2 GeV/c momentum and 90% electron rejection efficiency, when χ^2 method which takes into account both space and energy characteristics is used.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.