

СЗ44.13

3085/2

П-312

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 3328



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

В.И. Петрухин, В.С. Погосов, Ю.Д. Прокошкин,
Ю.Н. Симонов

ПОРОГОВЫЙ ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК
С РАДИАТОРОМ ИЗ ПЛЕКСИГЛАСА

1967.

P13 - 3328

**В.И. Петрухин, В.С. Погосов, Ю.Д. Прокошкин,
Ю.Н. Симонов**

**Пороговый черенковский счетчик
с радиатором из плексигласа**

Направлено в ПТЭ

1. Введение

Во многих экспериментах, выполняемых на синхротронных, приходится использовать пучки, в состав которых входят различные частицы. При этом примесь "посторонних" частиц в пучке часто достигает большой величины: так, примесь электронов в пучках отрицательных π^- -мезонов приближается к 50%. Наличие этих примесей приводит к появлению добавочного фона, регистрируемого аппаратурой. Ниже описывается пороговый черенковский счетчик с радиатором из плексигласа, позволяющий выделять электроны в пучках π^- -мезонов. Этот счетчик использовался при проведении исследований редких процессов ^{1-3/}, где проблемы уменьшения фона, связанного с регистрацией посторонних частиц, приобретают существенное значение.

2. Постановка эксперимента

Исследовавшийся в настоящей работе пороговый черенковский счетчик имел плексигласовый полированный радиатор, выполненный в форме прямоугольного параллелепипеда. Радиатор находился в оптическом контакте со световодом, соединенным с фотоэлектронным умножителем 56 A V P. Характеристики черенковского счетчика были изучены для двух типов световодов (рис. 1), один из которых являлся прямым продолжением

радиатора ("прямой световод"), а другой выводил черенковское излучение из радиатора под углом 45^0 ("косой световод"). Толщина радиатора l также варьировалась: были исследованы счетчики с $l = 14; 28; 56$ мм. Конструкция счетчика обеспечивала быструю смену световодов и радиаторов.

Исследование характеристик черенковских счетчиков было проведено на пучке, содержащем π^- -мезоны, μ^- -мезоны и электроны. Выведенный из синхроциклотрона пучок отрицательных частиц с импульсом 175 Мэв/с проходил через сцинтилляционные счетчики C_1 и C_2 (рис. 2) и регистрировался сцинтилляционными счетчиками C_3 , C_4 и черенковским спектрометром полного поглощения C_6 /4/. Исследуемый черенковский счетчик C_5 помещался после счетчика C_4 .

Счетчики C_3 и C_4 были включены в наносекундную схему совпадений /5/, которая запускала пятилучевой скоростной осциллограф /6/. Импульсы от всех счетчиков подавались на входы осциллографа и фотографировались на его экране. После обработки на проекторе полученных осциллограмм был проведен многомерный временной и амплитудный анализ зарегистрированных событий.

3.Разделение частиц по времени пролета и амплитудам импульсов

Распределение числа зарегистрированных частиц N по времени пролета $t_3 - t_2$ между счетчиками C_3 и C_2 приведено на рис. 3. Пролетная база равнялась 8,8 м. Как видно из рисунка, на этой базе удается полностью отделить электроны от π^- и μ^- -мезонов. Перекрывание временных распределений для π^- и μ^- -мезонов не превышает 1%. Содержание частиц в пучке, найденное по данным рис. 3, в месте расположения черенковского счетчика C_5 составляет: π^- -мезонов - 15%, μ^- -мезонов - 22%, электронов - 63%.

Небольшая примесь посторонних частиц в выделенных по времени пролета компонентах пучка может существенно повлиять на результаты измерения эффективности черенковского счетчика. Поэтому наряду с разделением частиц по времени пролета был использован амплитудный анализ импульсов от черенковского спектрометра C_6 и сцинтилляционных счетчиков C_3 и C_4 .

На рис. 4а приведены амплитудные спектры импульсов от спектрометра C_6 , полученные для электронов, μ^- -мезонов и π^- -мезонов, разделенных по времени пролета (рис.3). Осциллограммы отбирались при этом в следующих интервалах времени пролета $t_3 - t_2$: для электронов - 27,5-29,5 нсек, для π^- -мезонов - 32,5-35 нсек и для μ^- -мезонов - 36,5-38,5 нсек.

Энергетическое разрешение черенковского спектрометра для электронов было в 1,5 раза ниже, чем его обычное значение (50%), так как одновременно с описываемыми экспериментами на этой же установке проводились исследования, во время которых в пучок частиц между счетчиком C_5 и спектрометром C_6 помещались свинцовые пластины различной толщины и сцинтилляционные счетчики. Однако и использовавшееся разрешение спектрометра оказалось достаточным для существенного уменьшения эффективности регистрации π^- - и μ^- -мезонов при сохранении эффективности регистрации электронов, близкой к единице (рис. 4б).

Дополнительная дискриминация частиц осуществлялась на основании амплитудного анализа импульсов от счетчиков C_4 и C_3 (рис. 5)^{ж)}. При построении распределений числа событий N по амплитудам A_3 для π^- -, μ^- -мезонов и электронов осциллограммы отбирались в тех же временных интервалах, что и на рис. 4.

Приведенные на рис. 5а распределения $\Delta N / \Delta A_3$ для π^- - и μ^- -мезонов сохранили свою форму и после введения отбора по амплитуде импульса от черенковского спектрометра $A_6 < 0,5$ мм (с введением этого критерия отбора эффективность регистрации электронов падает более чем в 100 раз). Введение отбора $A_6 > 7$ мм, резко уменьшающего эффективность регистрации π^- - и μ^- -мезонов (рис. 4), не повлияло на форму распределения $\Delta N / \Delta A_3$ для электронов (рис. 5). Это свидетельствует об отсутствии заметных примесей посторонних частиц в выделенных по времени пролета компонентах пучка.

ж) На рис. 5а приведены аппаратные спектры, форма которых в области малых амплитуд определяется пороговыми характеристиками схемы совпадений.

4. Характеристики порогового черенковского счетчика

Амплитудные спектры импульсов черенковского счетчика C_5 , измеренные для электронов, μ^- - и π^- -мезонов при различных конфигурациях радиаторов и световодов, приведены на рис. 6. При построении этих распределений использовались критерии временного отбора, описанные в предыдущем параграфе. Как видно из рис. 7 и 8, где приведена эффективность счетчика C_5 , наиболее высокой эффективностью регистрации электронов, достигающей 96%, обладает счетчик с косым световодом и радиатором толщиной 56 мм. Форма амплитудного спектра $\Delta N / \Delta A_5$, измеренного для электронов, выделенных по времени пролета, не изменилась после введения отбора по амплитуде импульса от черенковского спектрометра $A_6 > 7$ мм (рис. 6), эффективность регистрации электронов ϵ_5 также осталась неизменной. Отсюда следует, что отличие измерений эффективности регистрации электронов от единицы не связано с возможной небольшой примесью мезонов в группе частиц, идентифицированных по времени пролета как электроны.

Введение противоположного критерия отбора $A_6 < 7$ мм, резко подавляющего регистрацию электронов, также не повлияло на величину эффективности черенковского счетчика к μ^- - и π^- -мезонам. Аналогичные результаты получены и при введении отбора по амплитудам импульсов от сцинтилляционных счетчиков A_3 и A_4 .

Эффективность регистрации π^+ -мезонов черенковским счетчиком была определена при помощи установки, использовавшейся для измерения времени жизни π^+ -мезона^{1/2} (рис. 8). Пучок π^+ -мезонов проходил через сцинтилляционный счетчик C_0 , тормозящий фильтр Ф, черенковский счетчик с косым световодом и радиатором толщиной 56 мм, сцинтилляционные счетчики C_1 и C_2 . π^+ -мезоны, остановившиеся в сцинтилляторе счетчика C_3 , выделялись наносекундной схемой совпадений ($C_1 + C_3 - C_4$), запускавшей пятилучевой осциллограф. Импульсы от всех счетчиков размещались на лучах осциллографа с быстрой (30 нсек/см) и медленной (1 мксек/см) развертками, фотографировались и анализировались по времени и амплитуде. Счетчик C_0 располагался на расстоянии 4 м от счетчика C_1 и использовался для идентификации частиц по времени пролета. Случаи остановки π^+ -мезонов в счетчике C_3 выделялись по характерному $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ -распаду. Для

определения эффективности регистрации черенковским счетчиком позитронов и μ^+ -мезонов было сфотографировано несколько десятков тысяч осциллограмм с выключением счетчика C_4 .

Полученные в результате этих измерений зависимости эффективности ϵ_3 от нижнего порога обрезания амплитуды импульса A_5 приведены на рис. 9. Эффективность черенковского счетчика к позитронам не отличается от полученной ранее в опытах с электронами. Эффективность регистрации π^+ -мезонов с импульсом 125 Мэв/с оказалась даже в области малых амплитуд близкой к 10^{-3} . При увеличении порога обрезания A_5 различие в эффективностях черенковского счетчика к электронам и π^+ -мезонам достигает четырех порядков величины, в то время как эффективность регистрации электронов остается все еще близкой к единице (85%).

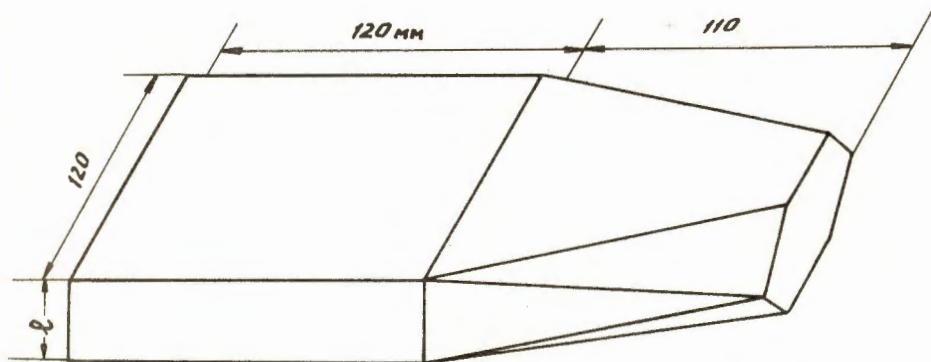
Таким образом, описанный пороговый черенковский счетчик эффективно отделяет электроны от μ^- и π^- -мезонов и может быть использован для подавления фона, связанного с регистрацией электронов, присутствующих в виде примеси в мезонных пучках, получаемых на синхротронных. Эффективность этого счетчика существенно зависит от толщины радиатора и конструкции световода.

В заключение пользуемся случаем поблагодарить Г.И.Минашкину, А.Х.Полсавову и В.Н.Шарову за помощь в обработке фотографий.

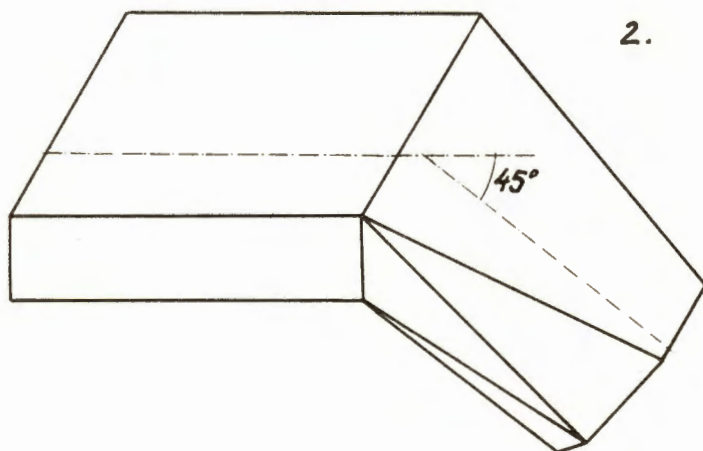
Л и т е р а т у р а

1. В.М.Кутьин, В.И.Петрухин, Ю.Д. Прокошкин. Письма в ЖЭТФ, 2, 387 (1965).
2. A.F.Dunaizev, V.M.Kutyin, Yu.D.Prokoshkin, E.A.Razuvaev, Yu.N.Simonov. Phys. Lett., 23, 283 (1966).
3. И.М.Василевский, В.В.Вишняков, А.Ф.Дунайцев, Ю.Д.Прокошкин, В.И.Рыкалин, А.А.Тяпкин. Труды международной конференции по физике высоких энергий, Дубна, 1, 883 (1964).
4. A.F.Dunaizev, V.I.Petrukhin, Yu.D.Prokoshkin, V.I.Rykalin. Nuovo Cimento, 24, 405 (1962).
5. А.Ф.Дунайцев. ПТЭ, 6, 77 (1964).
6. А.Ф.Дунайцев, В.И.Петрухин, Ю.Д.Прокошкин, В.И.Рыкалин. ПТЭ, 2, 114(1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 мая 1967 года.



1.



2.

Рис. 1. Радиатор и световод порогового черенковского счётчика. 1 - прямой световод, 2 - косой световод.

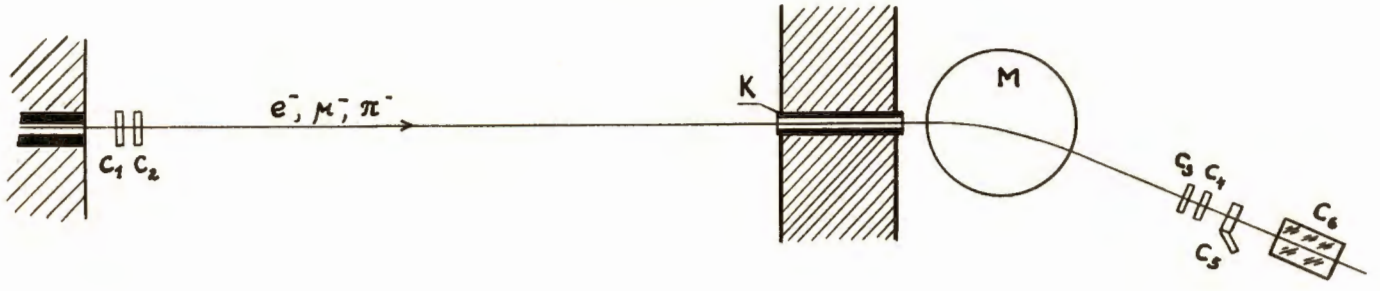


Рис. 2. Схема эксперимента. e^-, μ^-, π^- - пучок отрицательных частиц, К - коллиматор, М - магнит с полюсом диаметром 120 см, C_1-C_4 - спициллиационные счётчики, C_5 - пороговый черенковский счётчик с радиатором из плексигласа, C_6 - черенковский спектрометр полного поглощения.

$$\Delta N / \Delta(t_3 - t_2)$$

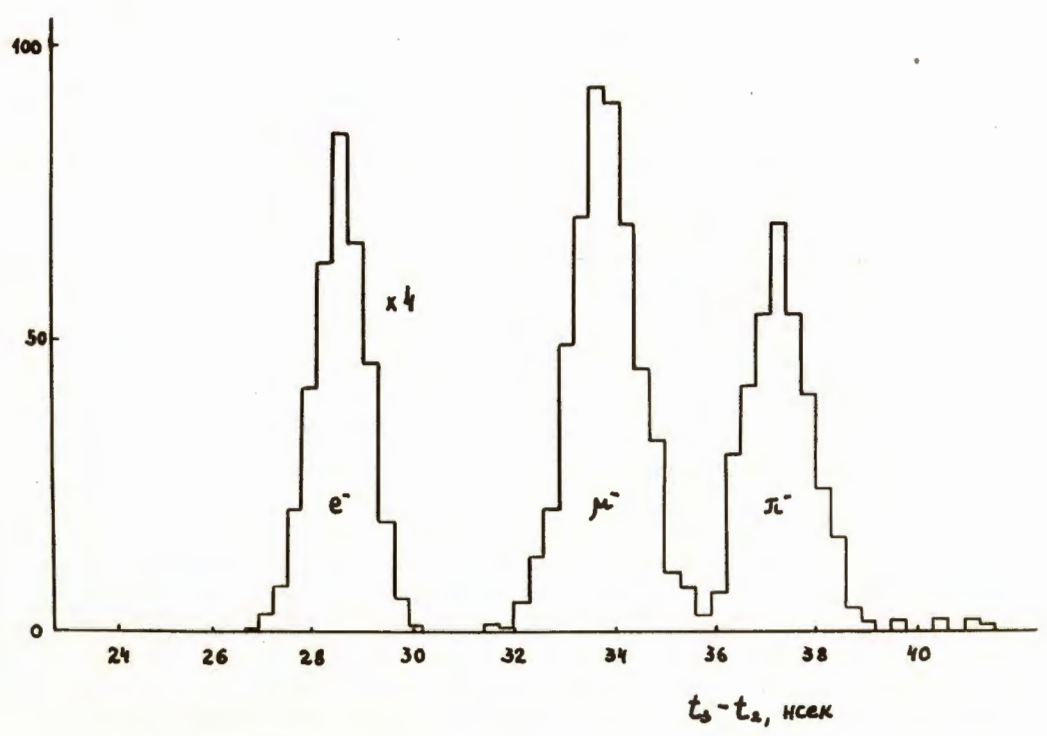


Рис. 3. Распределение числа зарегистрированных частиц N по времени пролета $t_3 - t_2$ между счётчиками C_2 и C_3 . Пик в интервале $26 < t_3 - t_2 < 31$ нсек, соответствующий регистрации электронов, изображен в уменьшенном масштабе (1:4).

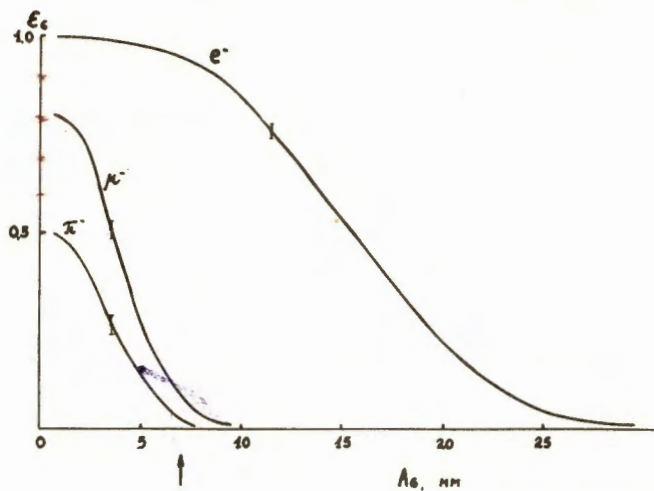
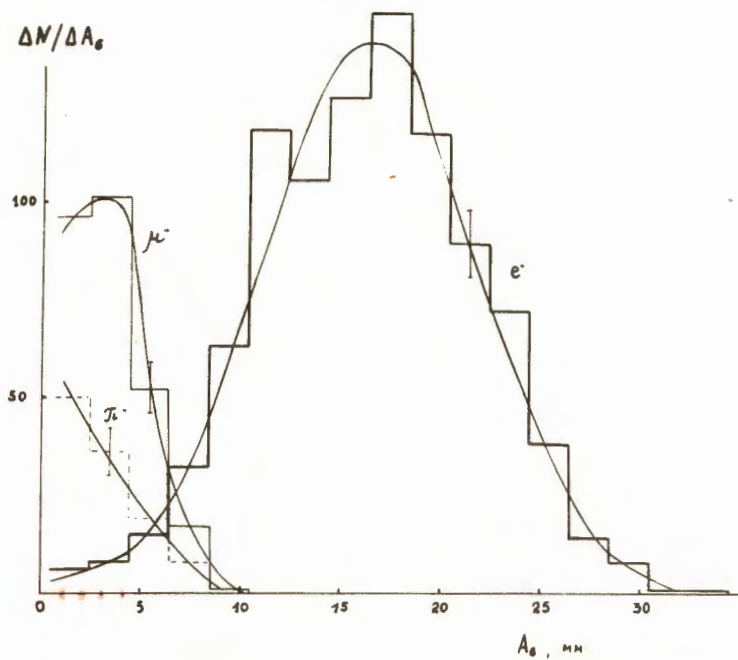


Рис. 4. а) Распределение числа зарегистрированных частиц N по амплитудам A_0 импульсов от черенковского спектрометра. Для наглядности по гистограммам проведены плавные кривые.
 б) Зависимость эффективности регистрации электронов, μ^- - и π^- -мезонов черенковским спектрометром ϵ_0 от нижнего порога обрезания амплитуды импульса A_0 . Стрелкой указана уровень отбора ($A_0 > 7$ мм), использовавшегося для выделения электронов.

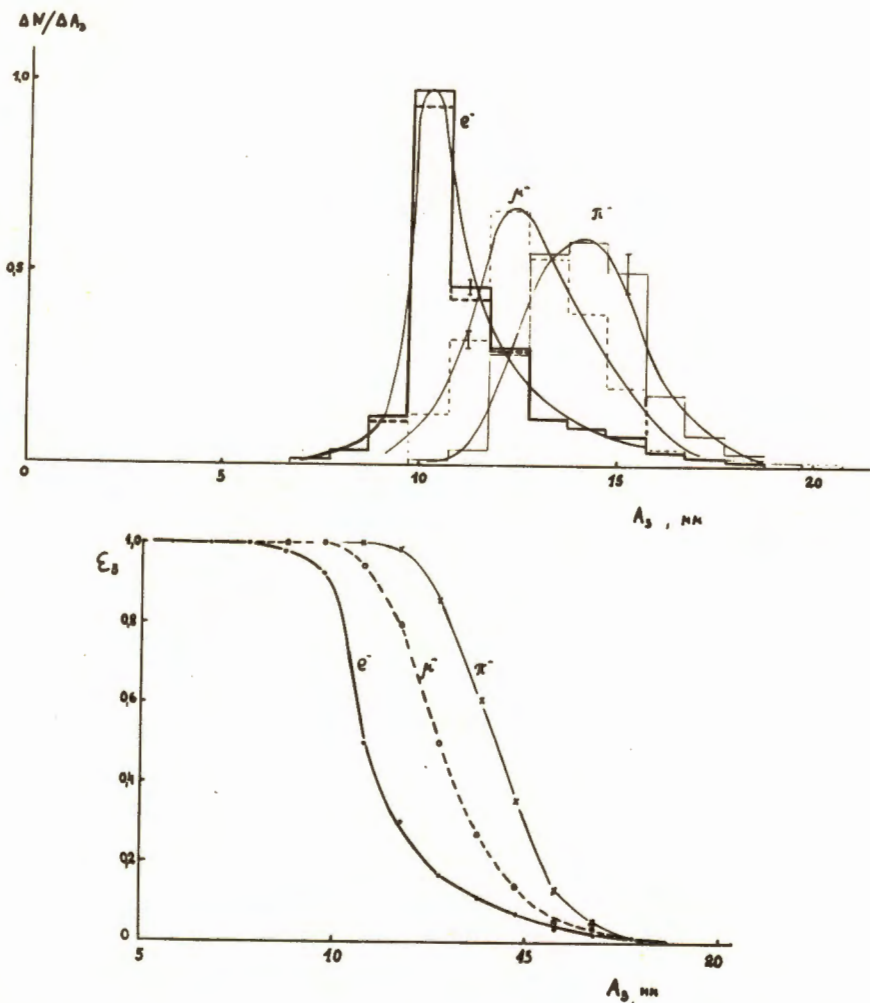


Рис. 5. а) Распределение числа зарегистрированных частиц N по амплитудам A_3 импульсов от счётчика C_3 . Для наглядности по гистограммам проведены плавные кривые. Изменение распределения $\Delta N/\Delta A_3$ для электронов после введения критерия отбора $A_6 > 7$ мм показано на гистограмме пунктиром.
 б) Зависимость эффективности ϵ_3 регистрации электронов, μ^- и π^- -мезонов счётчиком C_3 от нижнего порога обрезания амплитуды импульса A_3 .

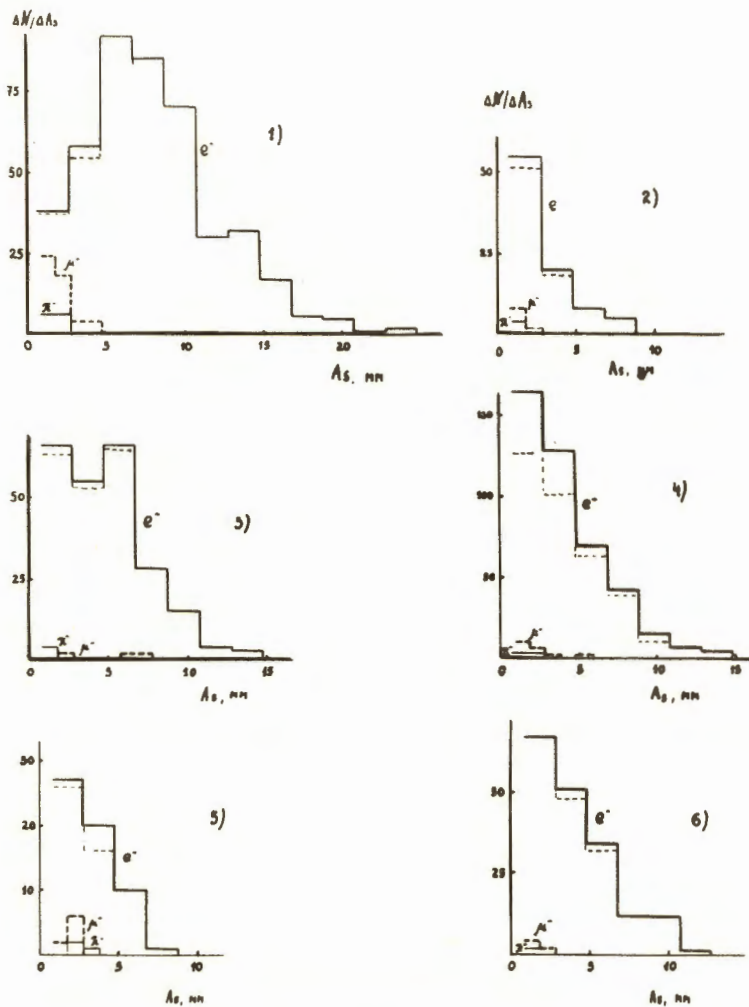


Рис. 6. Распределение числа зарегистрированных частиц N по амплитудам A_5 импульсов от черенковского счётчика. 1 - косой световод, $l = 56$ мм; 2 - прямой световод, $l = 28$ мм; 3 - косой световод, $l = 28$ мм; 4 - прямой световод, $l = 14$ мм; 5 - косой световод, $l = 14$ мм. Изменение распределения $\Delta N / \Delta A_5$ для электронов после введения критерия отбора $A_5 > 7$ мм показано на гистограмме пунктиром.

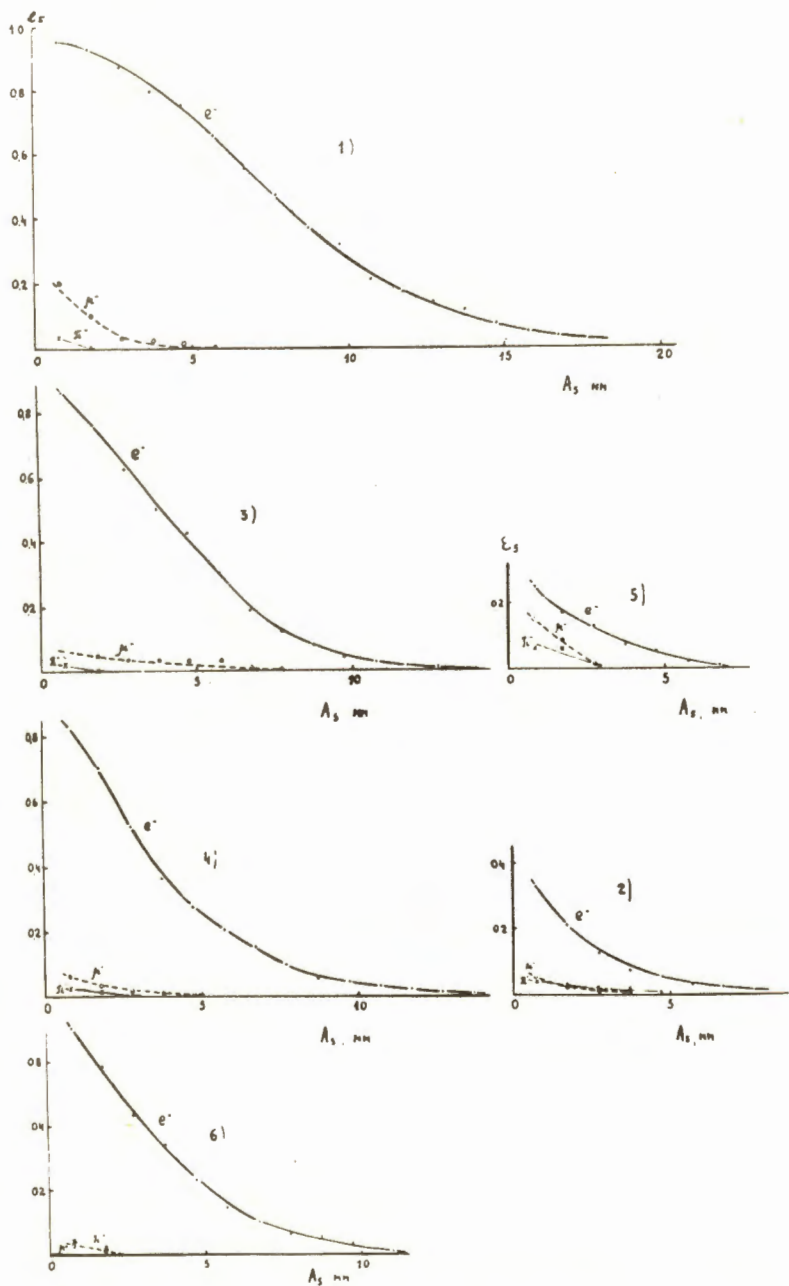


Рис. 7. Зависимость эффективности ϵ_3 регистрации электронов, μ^- и π^- -мезонов черенковским счётчиком от нижнего порога обрезания амплитуды импульса A_3 . Обозначения те же, что и на рис. 6.

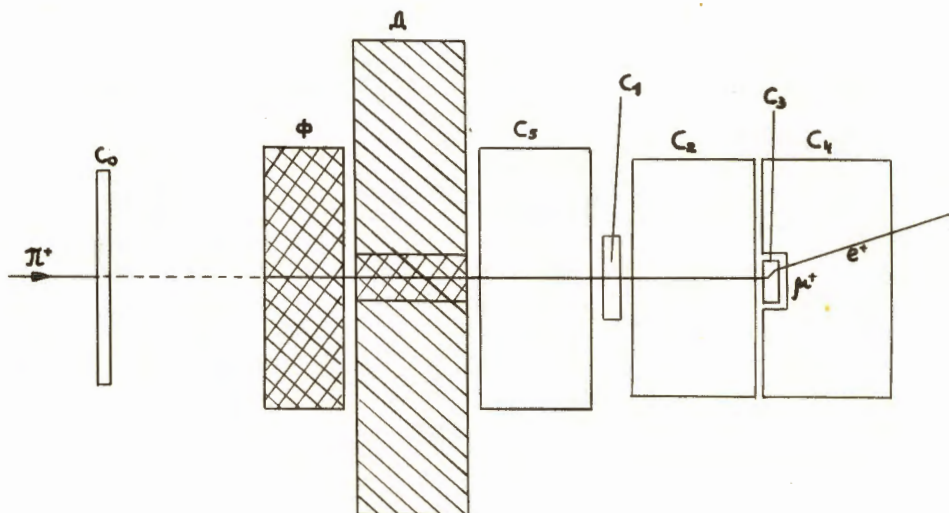


Рис. 8. Схема эксперимента по исследованию характеристик черенковского счётчика на пучке π^+ -мезонов. π^+ -пучок положительно заряженных частиц (π^+ , μ^+ , e^+), Φ - полиэтиленовый фильтр, D - свинцовая диафрагма, $C_1 + C_4$ - сцинтилляционные счётчики, C_5 - пороговый черенковский счётчик с косым световодом. Свинцовая защита, окружавшая установку, на рисунке не показана.

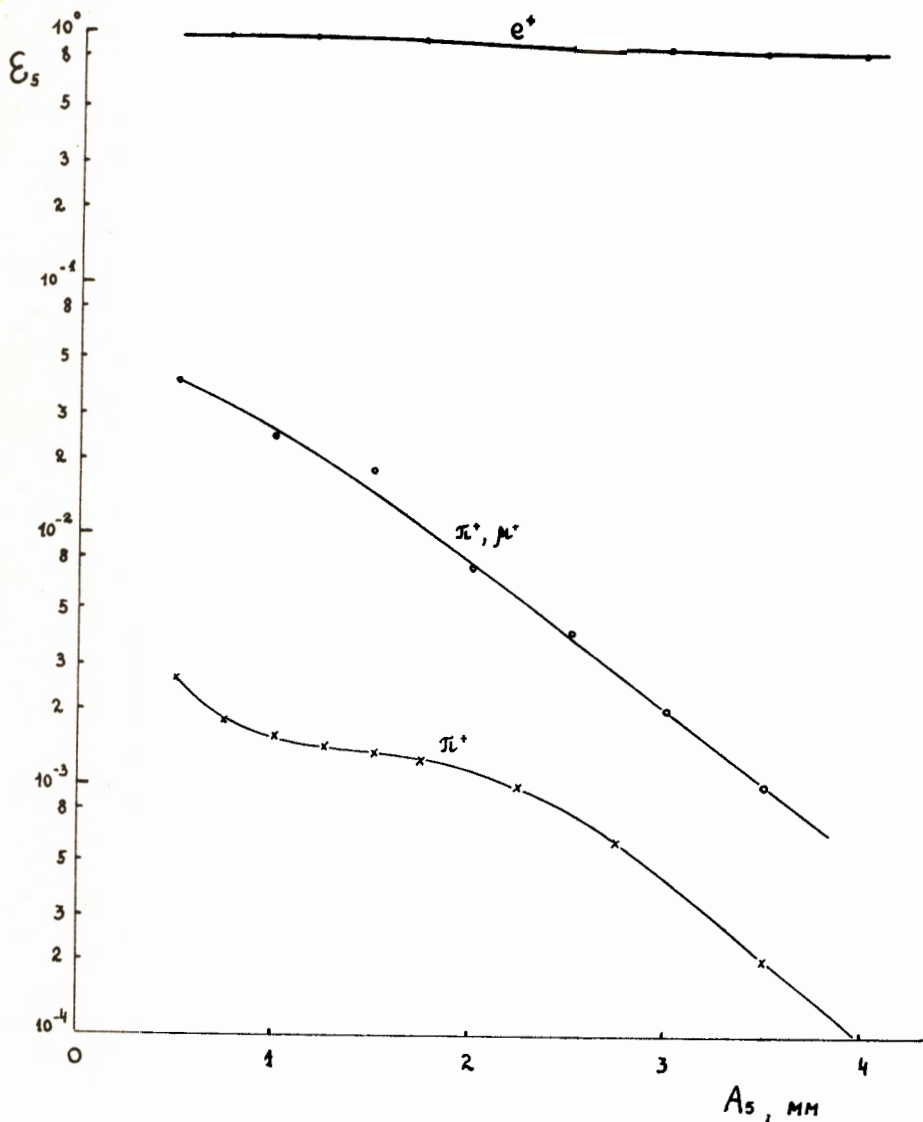


Рис. 9. Эффективность регистрации позитронов μ^+ - и π^+ -мезонов черенковским счётчиком ϵ_s в зависимости от нижнего порога обрезания амплитуды импульса A_s . e^+ измерено для позитронов с импульсом 150 Мэв/с; μ^+ и π^+ измерено для пучка, содержащего на входе в счётчик S_5 π^+ -мезоны и μ^+ -мезоны в пропорции 2,5 : 1 с импульсами 137 и 145 Мэв/с, соответственно; π^+ измерено для π^+ -мезонов, останавливающихся в счётчике S_3 и имеющих на входе в счётчик импульс, равный 125 Мэв/с.