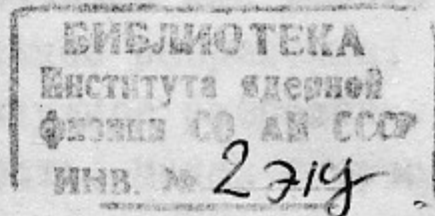


Г. 52

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР
СОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
ГКАЭ СССР

В.П.Глаголев, И.С.Крашениников, С.С.Курочкин,
А.П.Онучин, В.А.Сидоров, В.И.Степанов,
А.Г.Хабахпашев, П.С.Чернов.

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА
ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ .



Гор. Новосибирск

1963 г.

Эксперименты со встречными позитрон-электронными пучками ставятся для исследования процессов упругого рассеяния и рождения элементарных частиц при аннигиляции позитрон-электронной пары /1,2/. При энергиях до 700 Мэв идут следующие реакции с двумя частицами в конечном состоянии

$$1. e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^-$$

$$2. e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$$

$$3. e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$$

$$4. e^+ + e^- \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

$$5. e^+ + e^- \rightarrow K^+ + K^-$$

Изучение угловых и энергетических зависимостей в этих реакциях даст новый материал для квантовой электродинамики и изучения структуры частиц.

В каждой из этих реакций одновременно возникают две частицы, которые с точностью до радиационных поправок имеют одинаковую энергию и разлетаются в противоположных направлениях. Эта особенность позволяет выделить изучаемый процесс на большом уровне фона.

Одной из основных трудностей проведения эксперимента является малая скорость счета. В отличие от эксперимента с электронными встречными пучками /3/, в эксперименте с позитрон-электронными пучками одновременно идут несколько каналов реакций, и для разделения их регистрирующая аппаратура должна выделять сорт частиц.

Рассмотрение условий проведения эксперимента позволяет сформулировать следующие основные требования, которым должна удовлетворять система регистрации, предназначенная для работы на встречных пучках.

1) Высокое временное разрешение.

2) Хорошее амплитудное разрешение сцинтилляционных счетчиков.

3) Многоканальность. Малая скорость счета приводит к необходимости одновременного измерения под разными углами и использования нескольких каналов регистрации под одним углом.

4) Блочный принцип построения. Отдельными функциональными блоками являются схемы быстрых совпадений, схемы медленных совпадений, схемы антисовпадений, амплитудные дискриминаторы и т.д. Это делает систему универсальной и пригодной для проведения разных экспериментов, в том числе различных контрольных экспериментов.

5) Высокая надежность, идентичность и взаимозаменяемость однотипных блоков.

6) Стабильность системы должна обеспечить проведение измерений с точностью 1%.

7) Необходимо иметь удобный метод дистанционной проверки временных и амплитудных параметров каналов регистрации.

Элементы системы регистрации.

Система регистрации включает в себя сцинтилляционные счетчики, быстрые и медленные схемы совпадений, быстрые и медленные схемы совпадений и антисовпадений, схемы задержанных самосовпадений, амплитудные дискриминаторы, разветвители и многоканальную систему накопления информации.

В комплект аппаратуры входит 5 типов сцинтилляционных счетчиков, отличающихся лишь размерами сцинтилляторов (100x100x15, 140x140x15, 170x170x15, 200x200x30, 170x170x60 мм³). Сцинтилляторы изготовлены из полистирольной пластмассы Харьковского завода химреактивов и соединяются с фотоумножителями плексигласовыми световодами. Коэффициент собирания света 10-20% с однородностью по всему размеру сцинтиллятора не хуже 20%. В счетчиках используются временные фотоумножители ФЭУ-30 с торовидной диодной системой и диаметром фотокатода 50 мм. Время нарастания импульса на выходе ФЭУ лучше 3 нсек.

Трехканальная схема быстрых совпадений имеет разрешающее время $2\tau = 8$ нсек, чувствительность - 0,7 в. В диапазоне амплитуд входных импульсов от 1 до 5 в разрешающее время изменяется меньше чем на 20%. Схема не пропускает двойных совпадающих импульсов с амплитудой до 10 в и одиночных импульсов с амплитудой до 20 в.

Быстрые схемы совпадений-антисовпадений имеют два канала совпадений и один канал антисовпадений. Разрешающее время канала антисовпадений 25 нсек, чувствительность - 0,7 в.

Стабильность порога чувствительности быстрых схем совпадений и антисовпадений 20%.

Для включения сцинтилляционного счетчика одновременно в две быстрые схемы совпадений разработаны блоки разветвителей, которые представляют собой два двойных эмиттерных повторителя с общим входом и двумя выходами. Коэффициент передачи разветвителя близок к единице. Время нарастания не хуже 3 нсек.

Схема задержанных самосовпадений имеет один вход и регистрирует пары импульсов, в которых второй импульс запаздывает относительно первого на время от 10 до 100 нсек. Чувствительность схемы задержанных самосовпадений ~ 1 вольта. Схема предназначена для регистрации процессов

распада остановившихся в сцинтилляторе π^+ -мезонов.

Трехканальная схема медленных совпадений имеет разрешающее время 1 мксек и чувствительность 5 вольт. В схеме медленных совпадений-анти-совпадений имеется два канала совпадений и один антисовпадений. Разрешающее время по каналу антисовпадений 2 мксек.

Амплитудный дискриминатор имеет рабочий диапазон изменений порога 0,1 - 5 в. Его регулировка (по логарифмическому закону) осуществляется двумя ступенчатыми переключателями. Стабильность порога дискриминации 1%.

Все быстрые и медленные схемы дают на выходе стандартный сигнал амплитудой 12 вольт и длительностью 1 мксек и могут включаться в другие медленные схемы совпадений и антисовпадений. Идентичность параметров однотипных блоков позволяет производить их замену без дополнительной настройки.

Для повышения надежности все элементы системы регистрации выполнены на транзисторах. Электронные блоки монтируются на стандартных шасси и вставляются в общую стойку, которая вмещает 32 таких типовых схемы. Полный комплект системы регистрации включает в себя 80 сцинтилляционных счетчиков и 250 функциональных электронных блоков.

Для накопления информации используется 256-канальная система памяти на ферритах, разработанная на базе анализатора "Диафрагма". Блок управления позволяет использовать систему в различных режимах накопления информации. Система имеет режим внешнего управления; предусмотрена блокировка для борьбы с внешними электромагнитными наводками. Вывод информации осуществляется на осциллографическую трубку, систему индикации на неоновых лампах, самописец и цифропечать.

Для контроля за работой каждого канала регистрации во все сцинтилляционные счетчики вставляются полупроводниковые импульсные источники света.

Примерные схемы экспериментов.

Для иллюстрации возможностей разработанной системы регистрации ниже приводятся возможные схемы экспериментов.

Блок-схема одного канала регистрации для эксперимента по измерению угловой зависимости сечения упругого рассеяния электронов на позитронах показана на рис. 1. Сцинтилляционные счетчики С-1 и С-2, включенные в схему быстрых совпадений, регистрируют электрон-позитронную пару.

Для уменьшения фона случайных совпадений используется счетчик С-3, включенный вместе с С-1 и С-2 в схему медленных совпадений.

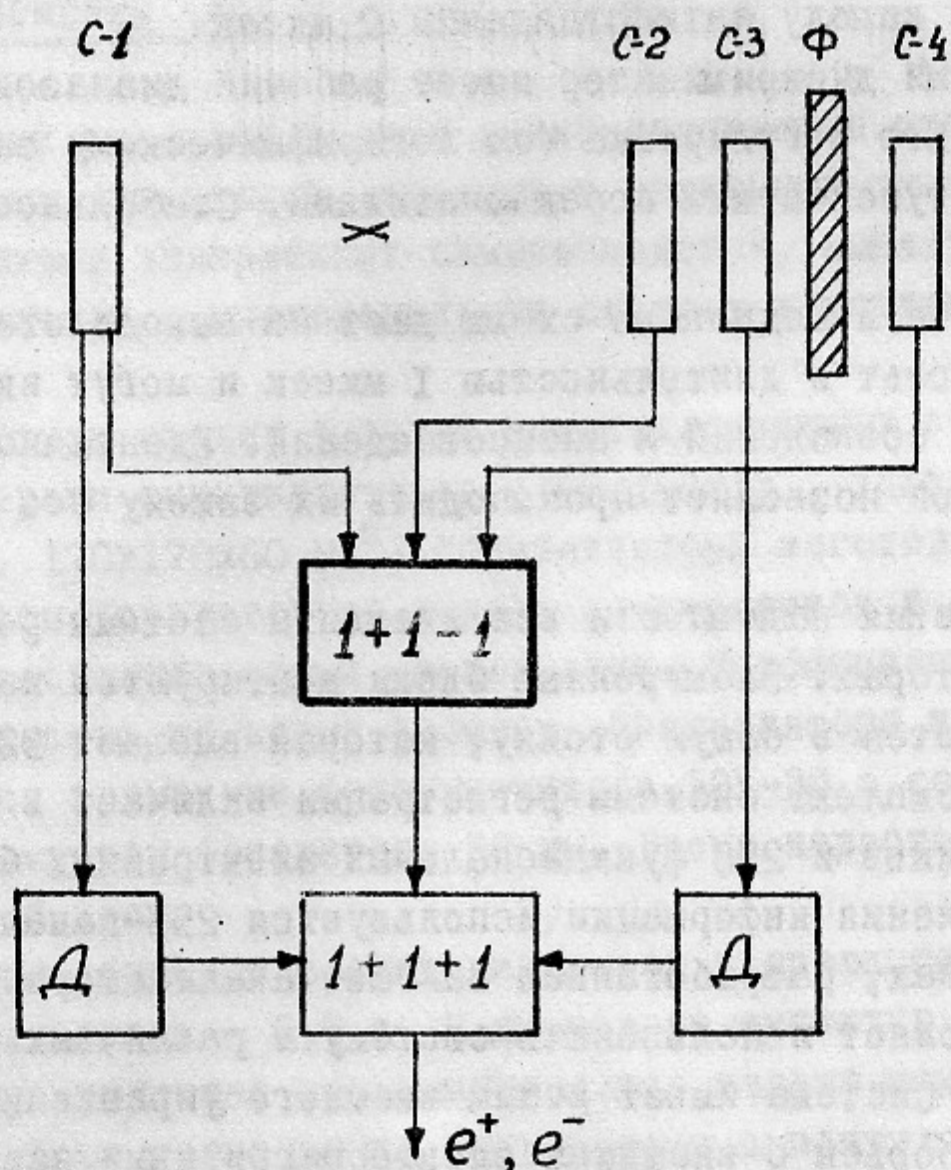


Рис. I. Блок-схема регистрации

C-1, C-2, C-3 и C-4 - сцинтилляционные счетчики;

Ф - фильтр; 1+1+1 - схема тройных совпадений;

1+1-1 - схема совпадений-антисовпадений;

Д - дискриминатор. Контур "быстрого" блока выделен.

Счетчик С-4 включен в схему антисовпадений для исключения регистрации космических мезонов и мезонов, возникающих в эксперименте. Фильтр Ф пропускает мезоны и поглощает ливни от электронов и позитронов. Амплитудные дискриминаторы позволяют установить определенный порог регистрации по энергии, поглощенной в сцинтилляторе, и обеспечить высокую стабильность этого порога.

В приведенной схеме эксперимента электроны, рассеянные на угол θ , и позитроны, рассеянные на угол $180 - \theta$, регистрируются одним и тем же счетчиком. Для разделения этих процессов можно между счетчиком С-1 и областью взаимодействий создать магнитное поле.

В настоящее время нельзя точно вычислить эффект и фон в эксперименте. Приближенные оценки показывают, что если накопленные токи электронов и позитронов будут соответственно составлять 1 и 0,1 а и размеры пучков по радиусу и вертикали будут соответственно $\Delta z = 0,5$ см, $\Delta h = 0,05$ см, отношение длины области взаимодействия к длине сгустка $\sim \frac{1}{10}$, то при энергии 300 Мэв и телесном угле счетчика $2 \cdot 10^{-2}$ под углом 90° скорость счета будет составлять ~ 10 имп/час, отношение фон/эффект $\sim 10\%$. При использовании 10 регистрирующих каналов за 10 часов может быть получена статистическая точность 3%.

В эксперименте по измерению угловой зависимости сечения двухфотонной аннигиляции (рис. 2) будут использованы два счетчика полного поглощения СП-1 и СП-2, включенные на совпадение. Счетчик С-3 включен на антисовпадения для исключения регистрации заряженных частиц. Для тех же параметров пучков скорость счета γ -квантов под углом 90° будет составлять $\sim 2,5$ имп/час, фон $\sim 20\%$ от эффекта.

Блок-схема эксперимента для регистрации μ - и $\bar{\mu}$ -мезонов показана на рис. 3. Счетчики С-1 и С-2 регистрируют пары заряженных частиц. Фильтр Ф-1 поглощает ливни от электронов и позитронов и пропускает мезоны. Счетчик С-3 дает сигнал о том, что частицы, зарегистрированные счетчиком С-1 и С-2, являются мезонами. Фильтр Ф-2 поглощает π -мезоны и пропускает μ -мезоны. Счетчик С-4 включен на антисовпадения в канал регистрации π -мезонов и на совпадения в канал регистрации μ -мезонов. μ -мезоны, рождающиеся при электронно-позитронной аннигиляции, поглощаются в фильтре Ф-3. Счетчик С-5 включен на антисовпадения в канал регистрации μ -мезона для исключения космических мезонов, т.о. в этом эксперименте можно одновременно регистрировать π - и μ -мезоны.

Оценки показывают, что при тех же параметрах пучков для телесного угла $6 \cdot 10^{-2}$ скорость счета μ -мезонов будет составлять ~ 4 имп/час. Скорость счета π -мезонов $\sim 1,5$ имп/час. Для увеличения скорости счета здесь также может быть использовано несколько регистрирующих каналов.

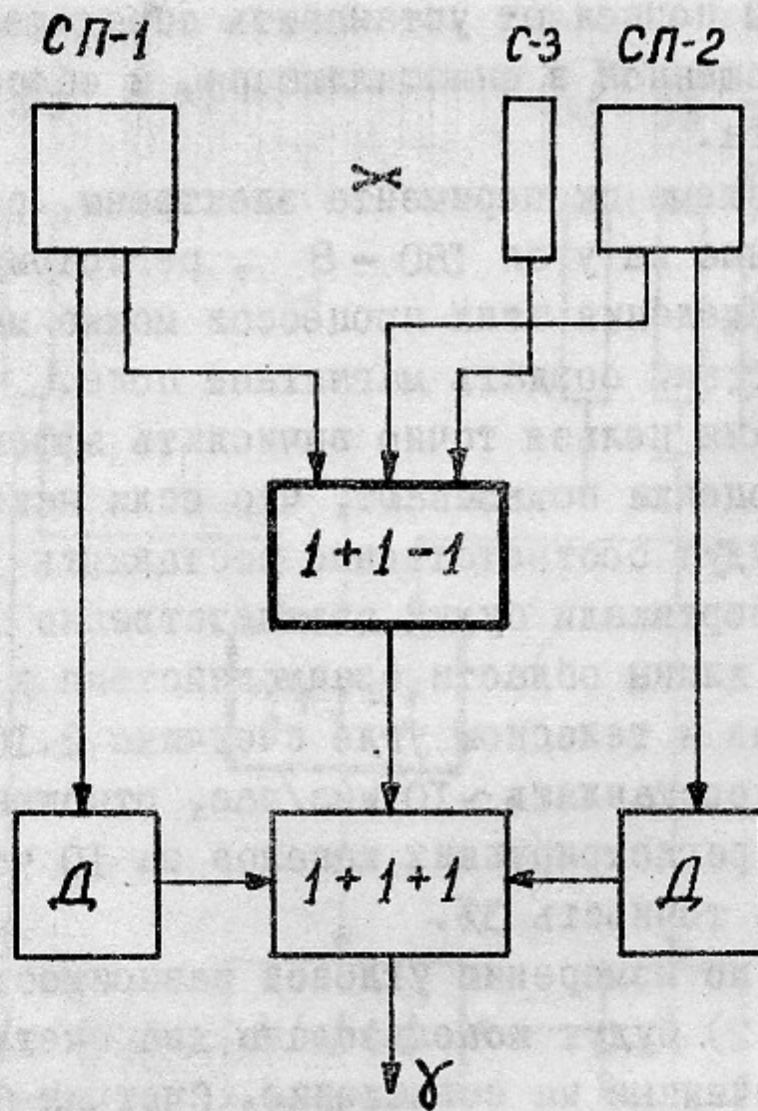


Рис. 2. Блок-схема регистрации

СП-1 и СП-2 — счетчики полного поглощения.

Остальные обозначения такие же, как и на рис. 1.

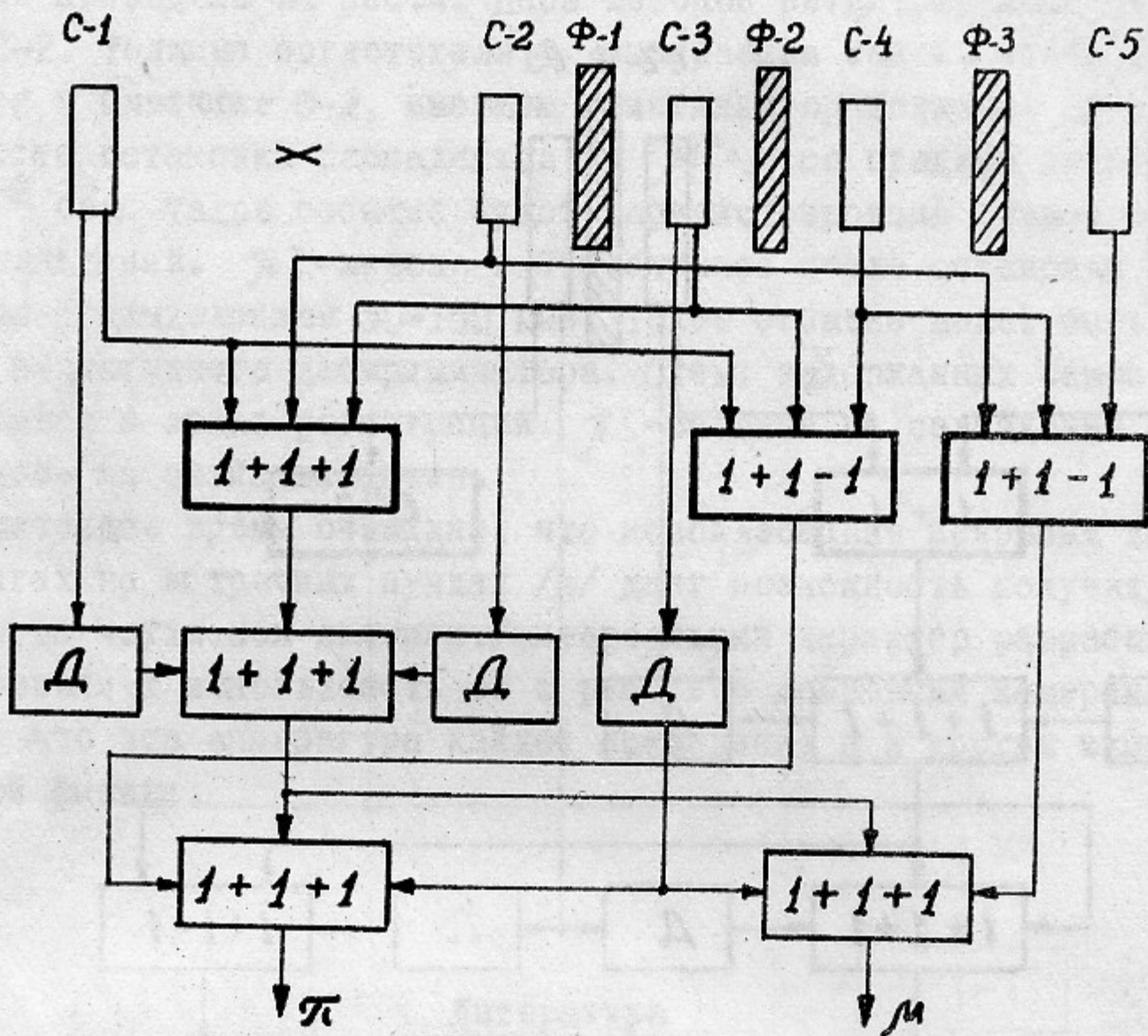


Рис. 3. Блок-схема регистрации пар π^- и μ^- - мезонов. Обозначения такие же, как на рис. 1.

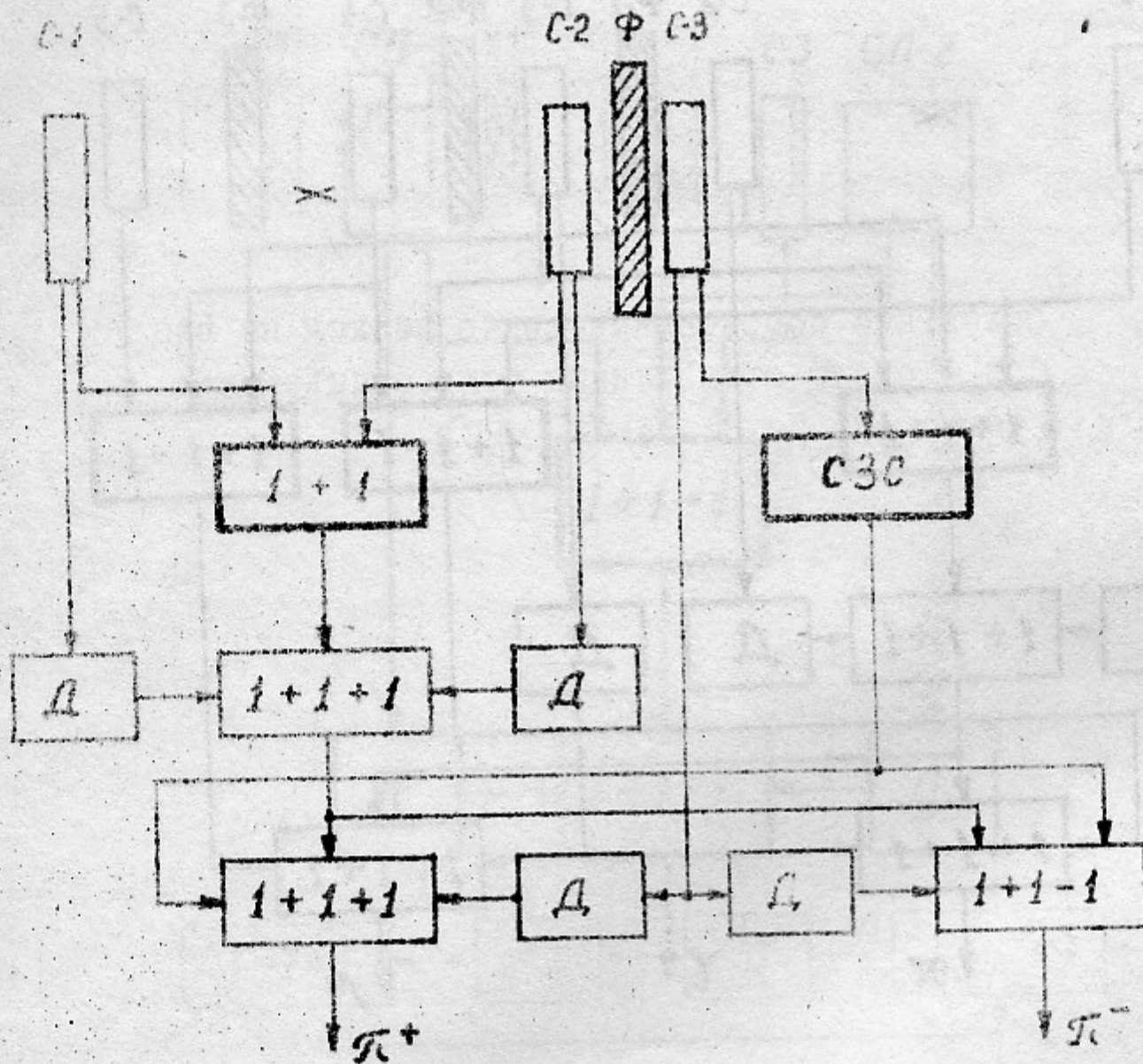


Рис. 4. Блок-схема регистрации $\pi^+\pi^-$.
 СЗС - схема задержанных самосовпадений.
 Остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Для регистрации π -мезонов могут быть использованы процессы распада π^+ -мезонов и образования звезд π^- -мезонами. Блок-схема регистрации приведена на рис.4. Пары мезонов регистрируются счетчиками С-1 и С-2. Толщина поглотителя Φ выбирается такой, чтобы π -мезон остановился в счетчике С-2, имеющем сцинтиллятор толщиной 60 мм. π^+ -мезоны после остановки распадаются на $\mu^+ + \nu$ со средним временем жизни $2,6 \cdot 10^{-8}$ сек. Такое событие будет зарегистрировано схемой задержанных самосовпадений. π^- -мезон в 75% случаев после остановки дает звезду с энергосвечением 30-150 Мэв. Такое событие может быть выделено с помощью амплитудного дискриминатора. Схема задержанных самосовпадений включается в канал регистрации π^+ -мезонов на совпадения и в канал π^- -мезонов - на антисовпадения.

В настоящее время очевидно, что использование искровых камер в экспериментах на встречных пучках /4/ дает возможность получить большую информацию об изучаемом явлении. Универсальный характер разработанной системы позволяет использовать ее в работе с искровыми камерами. Можно надеяться, что эта аппаратура найдет применение и в других экспериментах ядерной физики.

Литература

1. Будкер Г.И., Наумов А.А. и сотрудники. "Работы по встречным электронным, позитронно-электронным и протонным пучкам в ИЯФ СО АН СССР". Доклады совещания по физике и технике метода встречных пучков, г.Новосибирск, 1963 г.
2. Байер В.Н. УФН, 78, 619 (1962).
3. Ерозолимский Б.Г., Онучин А.П., Хабахпашев А.Г. Доклады совещания по физике и технике метода встречных пучков, г.Харьков, 1962 г.
4. Кушниренко Е.А., Родионов С.Н., Сидоров В.А. "Искровая камера с акустическим выводом информации". Доклады совещания по физике и технике метода встречных пучков, г.Новосибирск, 1963 г.