

6
-19
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P-287

И.М. Василевский, В.В. Вишняков

ГОДСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЧЕТЧИКОВ
С УПРАВЛЯЕМЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
 π -МЕЗОНОВ, РАССЕЯННЫХ НА ВОДОРОДЕ
Труды, 1960, №2, с. 58-63.

И.М. Василевский, В.В. Вишняков

ГОДОСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЧЕТЧИКОВ
С УПРАВЛЯЕМЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
 π -МЕЗОНОВ, РАССЕЯННЫХ НА ВОДОРОДЕ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

Описывается годоскопическая система газоразрядных счетчиков с управляемым импульсным питанием, которая использовалась на синхроциклотроне для изучения рассеяния π^- -мезонов протонами. Система содержала 428 годоскопических счетчиков. В работе отмечаются особенности использования подобных систем в некоторых исследованиях, проводимых на ускорителях.

В экспериментах по изучению угловых распределений рассеянных π^- -мезонов обычно используются сцинтилляционные счетчики, толстослойные фотоэмульсии и трековые камеры. Хотя два последних метода дают подробную картину явления, их недостатком является трудоемкость обработки полученных данных. Большое распространение для изучения угловых распределений рассеянных π^- -мезонов получил метод сцинтилляционных счетчиков, позволяющий проводить исследования при значительно больших интенсивностях пучков π^- -мезонов, чем при работе с камерами. Большинство результатов, имеющих хорошую статистическую точность, получено методом сцинтилляционных счетчиков. Однако недостатком этого метода является то, что для получения необходимого углового разрешения надо использовать счетчики, выделяющие малые телесные углы.

При исследовании космического излучения успешно используются годоскопические системы самогасящихся счетчиков. Такие системы являются управляемыми и позволяют при больших телесных углах установить, где прошла частица, хотя при этом и не получается непрерывная траектория. К числу недостатков годоскопической системы следует отнести довольно трудоемкую обработку снимков, которая по сложности, в какой-то мере, приближается к обработке снимков, получаемых на трековых камерах. Однако до последнего времени годоскопические системы самогасящихся счетчиков нельзя было использовать для работы на ускорителе, так как в системе возникли бы большие просчеты, обусловленные мертвым временем счетчиков и большим фоном радиационного излучения. Для устранения этих просчетов А.А.Тяпкиным^{1/} было предложено осуществить управляемое импульсное питание счетчиков высоким напряжением. Им была отмечена возможность эффективной регистрации частиц, прошедших через счетчики до появления на них импульса высокого напряжения, с разрешающим временем порядка нескольких микросекунд. Исследование работы газоразрядных счетчиков в режиме управляемого импульсного питания^{2/} показало возможность использования годоскопической системы счетчиков в экспериментах, проводимых на ускорителях заряженных частиц. Такой годо-

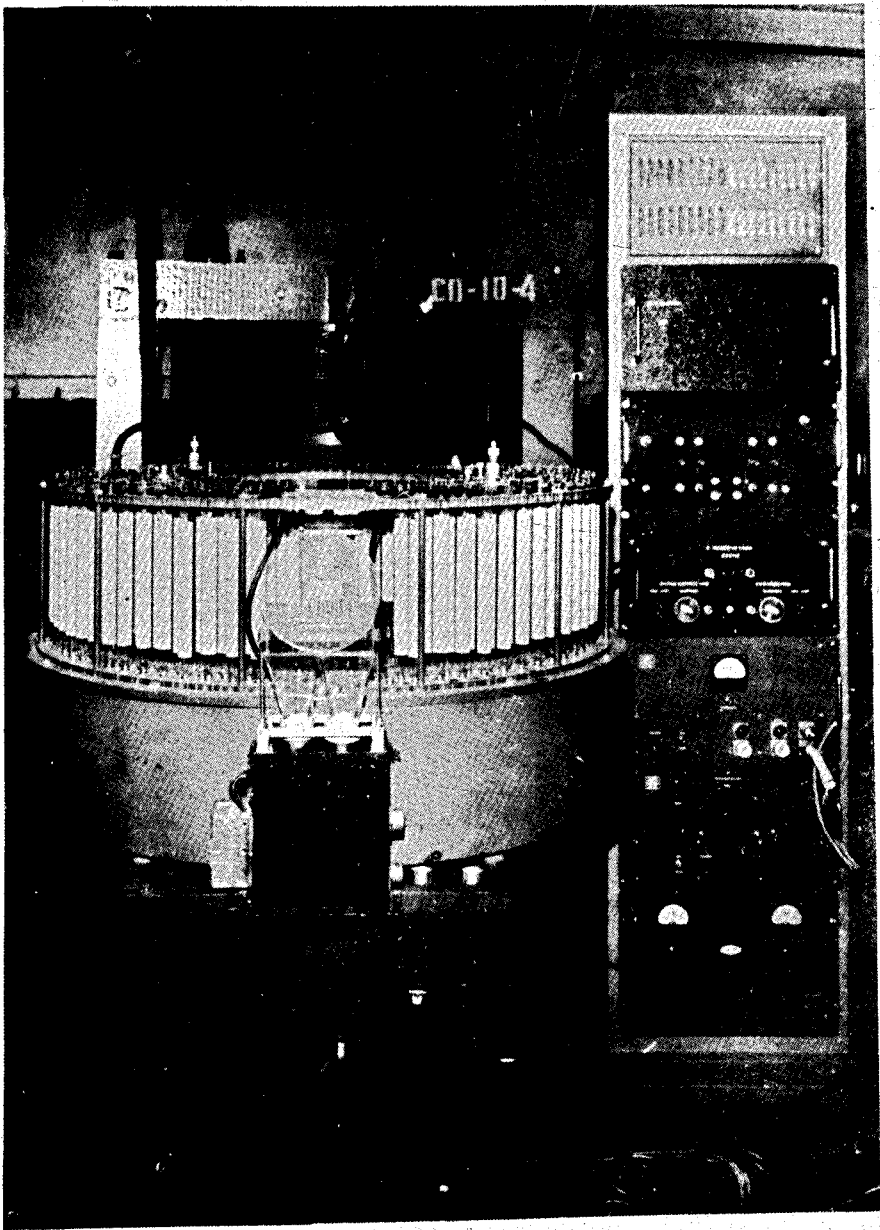


Рис. 1. Внешний вид годоскопа.

скоп был применен в работе по изучению упругого рассеяния π^- -мезонов с энергией 300 Мэв на водороде^{/3/}. Внешний вид годоскопа представлен на рис.1.

На рисунках 2 и 3 представлена конструкция годоскопической системы. Установка состояла из двух частей: управляющей системы, отбиравшей случаи взаимодействия π^- -мезонов в водородной мишени, и годоскопической системы, регистрировавшей траектории рассеянных частиц. В управляющую систему входили телескоп из сцинтилляционных счетчиков и группа газоразрядных счетчиков с малым мертвым временем. Пучок π^- -мезонов выделялся телескопом, состоящим из трех сцинтилляционных счетчиков, включенных на совпадение. В качестве сцинтилляторов использовались кристаллы толлана размером $25 \times 15 \times 3 \text{ мм}^3$, которые соединялись с фотоумножителями ФЭУ-19 при помощи полых световодов со стенками из алюминиевой фольги. Четвертый сцинтилляционный счетчик был расположен за водородной мишенью, сцинтиллятором в нем являлся раствор терфенила в (фенилциклогексане) /3г/л/, залитый в плексигласовый контейнер размером $135 \times 135 \times 15 \text{ мм}^3$. Контейнер соединялся при помощи плексигласовых световодов с двумя фотоумножителями. Вокруг мишени с жидким водородом для регистрации π^- -мезонов, рассеянных в телесный угол, выделяемый годоскопическими счетчиками, были установлены быстродействующие газоразрядные счетчики /рис.3/^{/4/}. Их катоды диаметром 10 мм и толщиной 0,15 мм были изготовлены из нержавеющей стали. Анодом служила молибденовая нить толщиной 0,1 мм. Счетчики были наполнены парами чистого метилала под давлением 160-200 мм ртутного столба. В установке использовалось 138 метилалевых счетчиков, которые были разделены на 12 групп симметрично по отношению к π^- -мезонному пучку. В каждой группе нити счетчиков соединялись вместе. Счетчики регистрировали π^- -мезоны, рассеянные в интервале углов от 20° до 160° в лабораторной системе. Эти счетчики были расположены с перекрытием, что устраняло неэффективность регистрации, обусловленную прохождением частиц между счетчиками.

На рис.2 виден разрез мишени для жидкого водорода. Контейнер для жидкого водорода, изготовленный из нержавеющей стали толщиной 0,2 мм, был разделен на две части - рабочую и вспомогательную, которые соединялись трубкой диаметром 20 мм. Рабочая часть водородной мишени представляла собой цилиндр диаметром 80 мм, длиной 100 мм и толщиной передней и задней стенок 0,1 мм, ось цилиндра совпадала с направлением пучка. Контейнер для водорода из нержавеющей стали был окружен тремя сосудами из пенополистирола марки ПС-4. Испарявшийся водород проходил между сосудами, охлаждая их. Для уменьшения скорости испарения водорода в пространство между двумя пенополистироловыми сосудами была введена рубашка, в которую заливался жидкий азот. Мишень обеспечивала работу с жидким водородом в течение 10 часов.

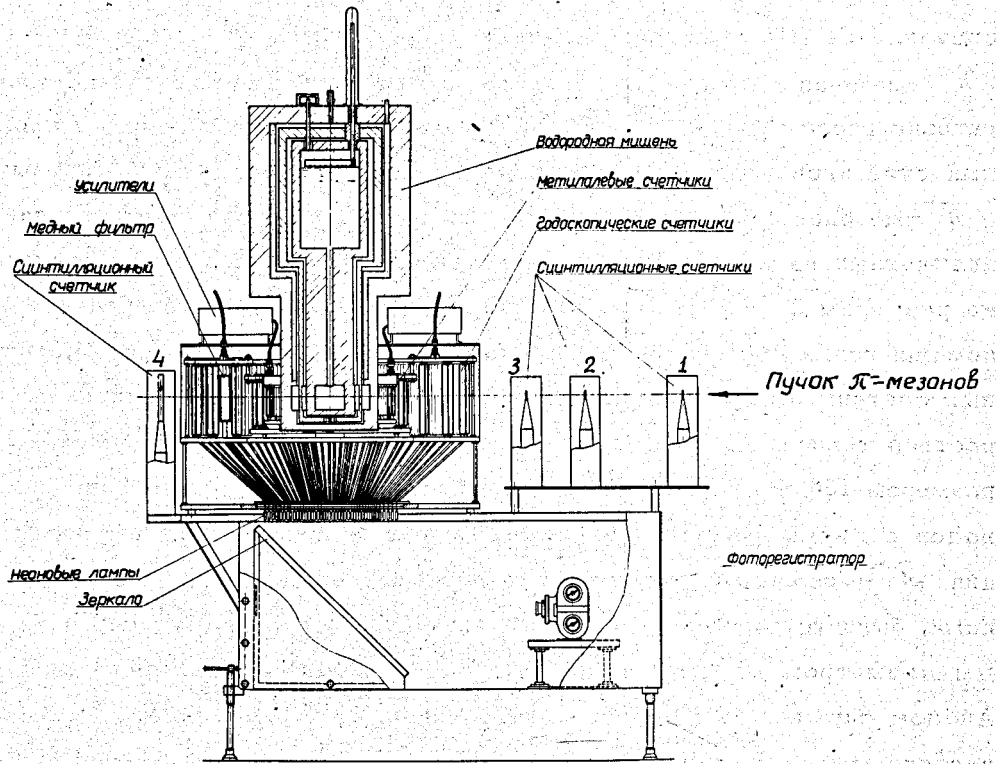


Рис. 2. Вертикальный разрез годоскопа.

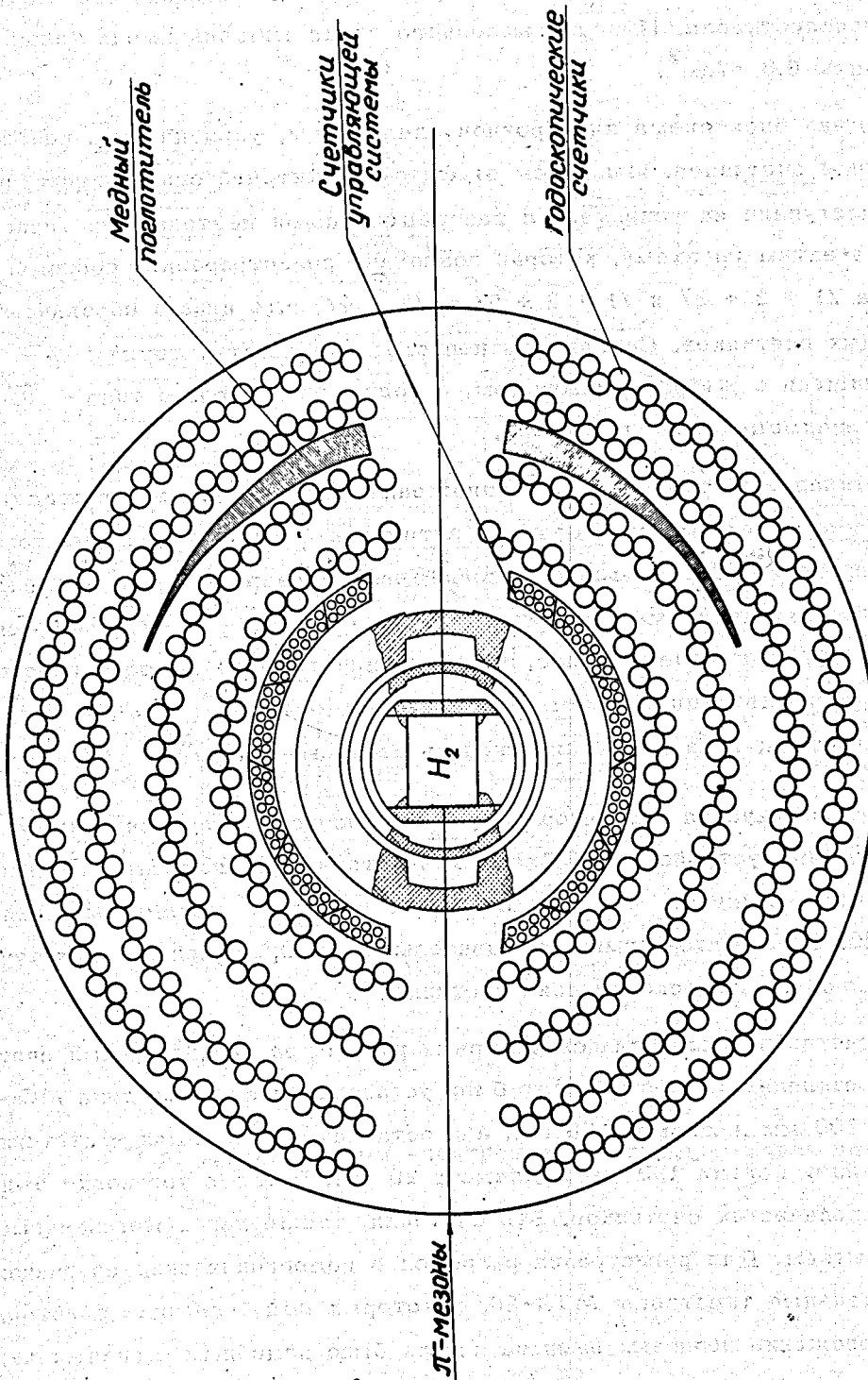


Рис. 3. Расположение счетчиков в годоскопической системе

Количество жидкого водорода в мишени определялось при помощи поплавкового уровня, изготовленного из пенополистирола. На пути мезонного пучка мишень имела толщину стенок, соответствующую $0,6 \text{ г/см}^2$.

На рис. 4 приведена блок-схема электронной аппаратуры, управляющей работой годоскопической системы счетчиков. Импульсы от фотоумножителей сцинтилляционных счетчиков 1, 2, 3, 4 поступали на усилители с распределенными постоянными /полоса пропускания 80 мгц/ , а затем на схему, которая позволяла регистрировать совпадения и антисовпадения типа $/1 + 2 + 3/$ и $/1 + 2 + 3/ - /3 + 4/$, где цифры обозначают номера сцинтилляционных счетчиков. Совпадения первого типа соответствуют $\hat{\pi}^-$ -мезонам, попавшим на мишень с жидким водородом, а совпадения второго типа - $\hat{\pi}^-$ -мезонам, испытавшим взаимодействие в мишени.

Импульсы от метилалевых счетчиков, расположенных вокруг мишени с жидким водородом, поступали в усилитель-преобразователь, затем - в смеситель и, кроме того, на схемы двойных совпадений. Схема двойных совпадений с разрешающим временем $5,10^{-7}$ сек, выделявшая совпадение между импульсом типа $/1 + 2 + 3/ - /3 + 4/$ и импульсом со смесителя, вырабатывала импульс, управляющий работой годоскопической части системы. При помощи двенадцати схем совпадений выделялась группа счетчиков, через которую прошла частица, и на панели зажигались неоновые лампы ^{x/}.

Управляющий импульс запускал генератор импульсов высокого напряжения и схему управления вспомогательными устройствами. Схема генератора была подобна описанной в работе ^{1/2/}. Для увеличения мощности импульса питания в выходном каскаде было включено восемь ламп ГИ-30. С генератора импульсы длительностью $0,8 \text{ мксек}$ и амплитудой около 2 кв подавались на годоскопические счетчики.

Годоскопические счетчики располагались четырьмя рядами за управляющими счетчиками, наполненными метилалем. В первом ряду были установлены счетчики типа МС-4, имевшие длину катода 100 мм и диаметр 20 мм , а в остальных трех рядах - счетчики типа МС-6, имевшие длину катода 190 мм и диаметр 20 мм . Всего в установке было использовано 426 годоскопических счетчиков. Эти счетчики, также как и метилалевые, располагались с перекрытием. Для регистрации разрядов в годоскопических счетчиках были применены безнакальные тиратроны МТХ-90, в которых поджигающий электрод не использовался. Расположение неоновых ламп на панели было подобным расположению годоскопических счетчиков. На той же панели в качестве маркеров были помещены две неоновые лампы /см.рис.6/, которые облегчали обработку фотографий.

На рис.5 приведена схема одной годоскопической ячейки. Обычно неоновые лампы

^{x/} Электронная схема для метилалевых счетчиков была взята из работы ^{1/4/}.

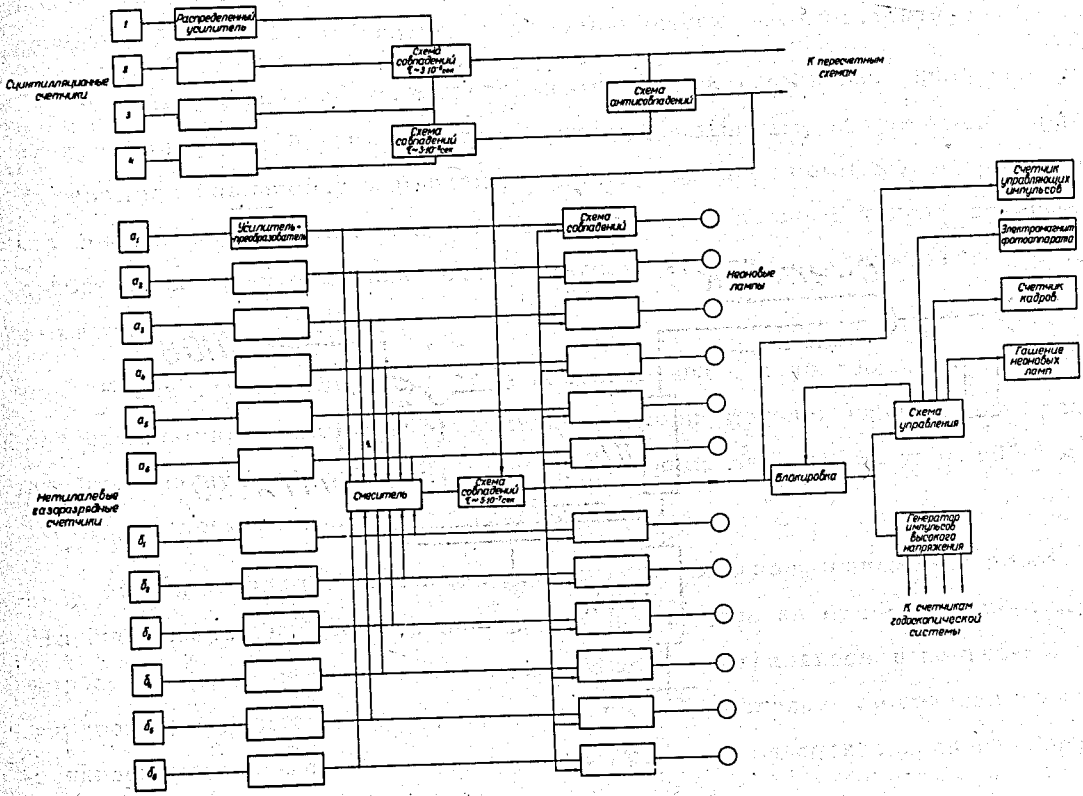


Рис. 4. Блок-схема электронной системы, управляющей годоскопом.

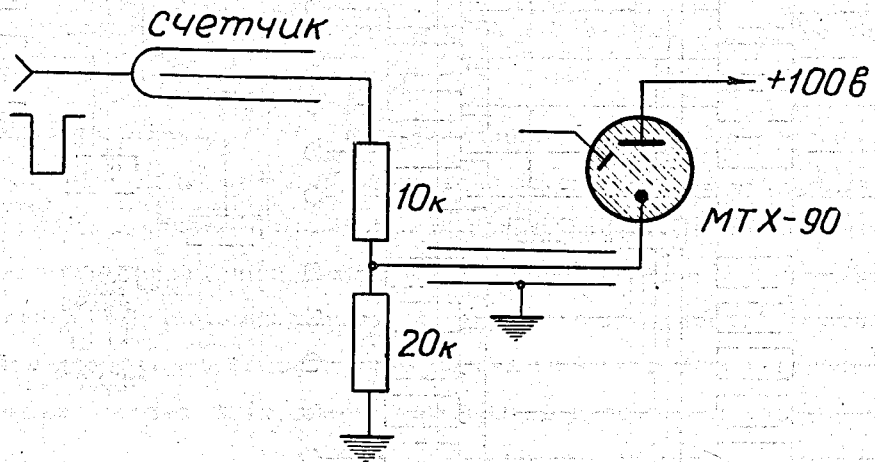


Рис. 5. Схема одной годоскопической ячейки.

не горели, так как анодное напряжение $V = 100\text{в}$ было выбрано меньше напряжения зажигания, но больше напряжения гашения. При загорании неоновая лампа сильно шунтировала сопротивление нагрузки, что приводило к большому току через счетчик в момент, когда на счетчике еще было импульсное высокое напряжение, и к искажению формы импульса питания. Для устранения этого явления последовательно с сопротивлением в 20 ком было включено дополнительное сопротивление в 10 ком.

Схема управления вспомогательными устройствами выполняла следующие функции: а/ приводила в действие электромагнитный механизм, запускающий фоторегистратор; б/ вводила блокировку управляющего импульса на время фотографирования равное 0,3 сек; в/ осуществляла гашение неоновых ламп после фотографирования; г/ вызывала срабатывание электромеханического счетчика кадров, расположенного на панели с неоновыми лампами.

В качестве фоторегистратора использовалась киносъемочная камера КС-50^б, которая производила кадрную съемку при помощи дополнительного электромагнита. Поворот изображения панели неоновых ламп при помощи зеркала на угол 90° позволил расположить фоторегистратор под телескопом.

На рис.6 представлена одна из фотографий, полученных при работе с годоскопом. На ней изображено упругое рассеяние π^- -мезона на водороде; протон отдачи прошел через два ряда годоскопических счетчиков и остановился в медном фильтре. Процесс упругого рассеяния идентифицировался по установлению корреляции между углами рассеянного мезона и протона отдачи, следующей из законов сохранения энергии и импульса.

При обработке фотографий измерялся не действительный угол рассеяния θ , а угол ψ между горизонтальной проекцией направления рассеяния и направлением пучка π^- -мезонов. Однако различие между углами θ и ψ невелико: так, например, если рассеяние произошло в центре мишени, то при $\psi = 20^\circ$ $\theta_{\max} = 22,5^\circ$, при $\psi = 90^\circ$ $\theta = 90^\circ$, а при $\psi = 160^\circ$ $\theta_{\min} = 157,5^\circ$. Неточность в определении угла рассеяния мезонов в горизонтальной плоскости при данном расположении годоскопических счетчиков составляла $\pm 4^\circ$.

Для определения телесного угла, выделяемого метилалевыми счетчиками, измерялась эффективная длина этих счетчиков. С этой целью метилалевые счетчики, помещенные в пучок мезонов, выделяемый телескопом из сцинтилляционных счетчиков с кристаллами шириной 3 мм, перемещались перпендикулярно пучку. Их эффективная длина оказалась равной 72 мм. Телесный угол, перекрываемый всеми метилалевыми счетчиками, для частиц, рассеянных в водородной мишени, составлял 1,73 стерadiana.

Для определенной эффективности групп метилалевых счетчиков производились измерения, при которых на место сцинтилляционного счетчика № 4 помещался счетчик № 2 и регистрировались тройные совпадения типа 1 + 2 + 3. В годоскопической установке

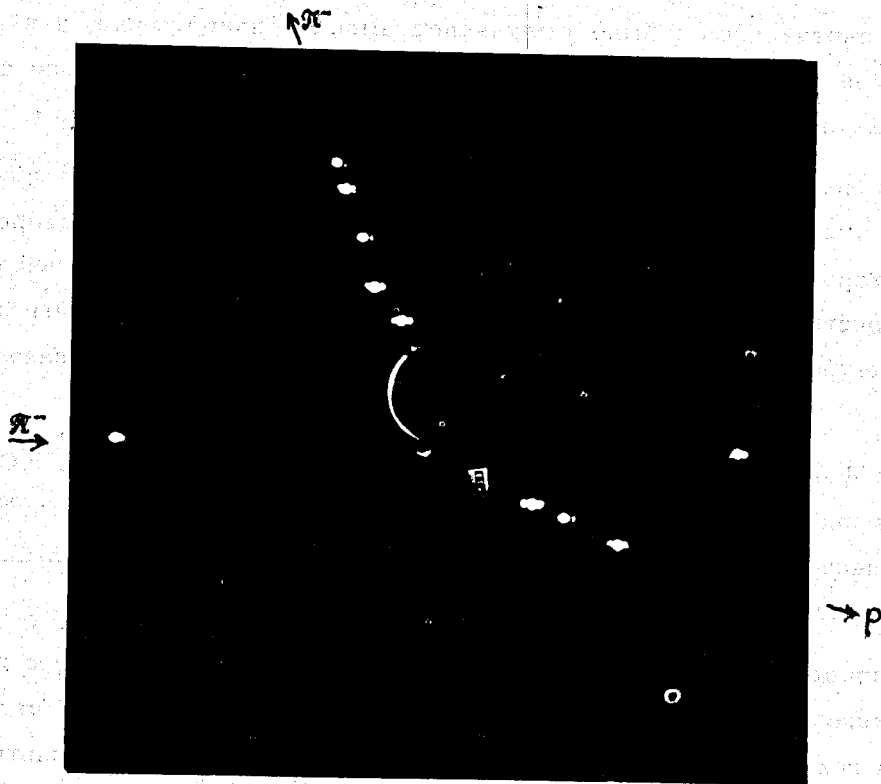


Рис. 6. На фотографии представлен случай упругого рассеяния π^- -мезона на водороде. Первая неоновая лампа в каждой траектории показывает группу метилалевых счетчиков, через которую прошла частица. Рассеянный π^- -мезон прошел через четыре ряда годоскопических счетчиков, а протон отдачи через первые два ряда и остановился в медном фильтре. Одиночные лампочки слева и справа - маркеры.

блок, на котором располагались метилалевые счетчики, был выполнен так, чтобы его можно было вращать вокруг вертикальной оси годоскопа со скоростью 1 оборот в 6 минут; при этом метилалевые счетчики вводились в мезонный пучок, выделяемый сцинтилляционными счетчиками. Число управляющих импульсов регистрировалось электронным самопишущим прибором ЭПП-09. Таким же образом осуществлялась регистрация числа совпадений типа 1+2+3. Отношение этих двух величин давало эффективность метилалевых счетчиков. Она оказалась равной 98%.

Для изучения эффективности годоскопических счетчиков блок с этими счетчиками поворачивался на некоторый угол Φ так, чтобы мезонный пучок проходил через годоскопические счетчики. Сцинтилляционные счетчики располагались так же, как и при измерении эффективности метилалевых счетчиков. Измерения производились при нескольких значениях угла Φ . Эффективность измерялась при разных величинах постоянного напряжения на счетчиках и разных задержках импульса питания. При выбранном постоянном напряжении $V_0 = 1$ в на годоскопических счетчиках их индивидуальная эффективность при разрешающем времени 3 мксек оказалась в среднем равной 85%. Снижение эффективности по сравнению с эффективностью, полученной при исследовании одного счетчика^{1/2}, было вызвано недостаточной мощностью импульса. В дальнейшем предполагается перейти на более мощный генератор с водородным тиратроном.

Опыт работы с годоскопической системой с управляемым импульсным питанием на ускорителе показал, что наиболее целесообразно использовать подобные системы для изучения таких явлений, как, например, упругое рассеяние π^- -мезонов при малых интенсивностях падающих пучков порядка нескольких частиц в секунду; измерение поляризации протонов отдачи при рассеянии π^- -мезонов на водороде и других процессов, исследование которых методом сцинтилляционных счетчиков потребовало бы очень большого времени работы ускорителя.

В заключение авторы считают своим долгом выразить искреннюю благодарность А.А.Тяпкину за руководство и помощь в работе, Н.М.Ковалевой за конструирование основных узлов установки, а также Ю.Д.Баякову за помощь в работе.

Работа поступила в издательский отдел 15 января 1959 г.

Л и т е р а т у р а

1. А.А.Тяпкин, ПТЭ, 1956, № 3, 51.
2. В.В.Вишняков, А.А.Тяпкин. Атомная энергия, 1957, № 10, 298.
3. И.М.Василевский, В.В.Вишняков. ЖЭТФ /в печати/.
4. Ю.Д.Баяков, М.С.Козодаев, А.А.Тяпкин, А.А.Марков, А.Н.Синаев. ПТЭ, 1958, № 6, 30.