

ЕРЕВАНСКИЙ  
ФИЗИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

ЕФИ-МЭ-10(68)

К. М. АВАКЯН, А. И. АЛИХАНИЯ, Т. Л. АСАТИАНИ,  
И. Е. ВАСИНЮК, Л. А. ЖИРОВА, В. А. ИВАНОВ,  
В. М. КРИШЯН, Э. М. МАТЕВОСЯН, Л. В. ТЕПЛЯШИНА

О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ  
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ШИРОКОЗАОРНЫХ  
ИСКРОВЫХ КАМЕРАХ

Е Р Е В А Н  
1968

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕРФИ-

К.М.АВАКЯН, А.И.АЛИХАНЯН, Т.Л.АСАТЯНИ  
И.Е.ВАСИНЮК, Л.А.ЖИРОВА, В.А.ИВАНОВ,  
В.М.КРИЩЯН, Э.М.МАТЕВОСЯН, Л.В.ТЕПЛЯШИНА

О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЗАРЯЖЕННЫХ  
ЧАСТИЦ В ШИРОКОЗАБОРНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕРАХ

---

ЕРЕВАН

1968

В настоящей работе приводятся данные по определению точности измерения импульсов и углов в широкоазорной искровой камере. Получены значения  $P = 6,21 \pm 0,037 \text{ Гэв/с}$ ,  $\Delta P/P = 7\%$  при измерении импульсов  $\pi$ -мезонов известной величины  $P = 6,13 \text{ Гэв/с}$  с  $\Delta P/P = 2,5\%$ . Среднеквадратичная ошибка в измерении углов  $\sigma_\varphi = 0,5 \cdot 10^{-3}$  рад. Приводятся также данные, полученные при добавлении к рабочему газу этилового спирта.

## I. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы искровые камеры с большим разрядным промежутком начинают широко применяться в экспериментах по исследованию частиц высоких энергий (на ускорителях и в космических лучах), что в значительной мере обусловлено успешным развитием этих камер в Советском Союзе.

Управляемость, малое время памяти (1 - 2 мксек<sup>\*)</sup>, малое время восстановления, (5 - 10 мсек,) возможность измерения с большой точностью импульсов, углов и в некоторой степени ионизации, высокая ливневая эффективность и возможность наблюдения распадов и взаимодействия частиц в газе камеры, вместе с простотой изготовления и дешевизной, делает весьма заманчивым их использование в качестве быстродействующих трековых приборов.

В соответствии с различными стадиями развития искрового разряда различают лавинную или световую<sup>[1,2]</sup>, стримерную<sup>[3,4]</sup>, проекционную<sup>[5]</sup>, и широкоазорную искровую камеру, в которой искра развивается вдоль траектории частицы<sup>[6,7]</sup>.

Интересной и многообещающей является недавно осуществленная разрядно-конденсационная камера<sup>[8]</sup>. В настоящее время наибольшее признание физиков - экспериментаторов получили стримерная и широкоазорная камеры. Каждая из этих камер имеет свои достоинства и недостатки.

\*) Осуществляется с помощью различных добавок к рабочему газу.

Так, например, стримерная камера, обладая высокой изотропностью с точки зрения пространственных координат, отличается относительно малой яркостью треков. Последнее обстоятельство вынуждает работать с сильно открытой диафрагмой, что приводит к уменьшению глубины резкости при фотографировании. Это может быть устранено применением усилителей света, либо большим коэффициентом уменьшения.

Из-за больших дисторсий, получаемых при фотографировании с помощью имеющихся электронно-оптических преобразователей, практически более приемлемым является прямое фотографирование с высоко-чувствительной фотопленкой.

Широкоазорная камера обладает ограниченной пространственной изотропностью с возможностью регистрации треков лишь до углов  $40-45^\circ$  к электрическому полю. Однако, большая яркость треков позволяет применять не только прямое фотографирование с большой глубиной резкости, но также видиконную систему и бесфильмовый съём информации с нитяных электродов при непосредственной связи с ЭВМ [9], что особенно существенно для ускорительных экспериментов.

Выбор типа камер определяется конкретной физической задачей. Одним из важнейших параметров при исследовании физики элементарных частиц является импульс частицы.

В 1962 г. [10] была показана принципиальная возможность измерения импульсов заряженных частиц в широкоазорной камере, помещенной в магнитное поле, по кривизне искрового следа. Первые количественные данные по точности измерения импульса заряженной частицы были нами получены в камере с зазором 40 см, помещенной в магнитное поле  $H = 13,5 \cdot 10^3$  Гаусс [11]. Измерения проводились на пучке  $\pi^-$ -мезонов с известным импульсом  $P = 4,1$  Гэв/с с  $\frac{\Delta P}{P} = 2,5\%$ . Полученная точность  $\frac{\Delta P}{P} = 10\%$  ( $P_{\max} \approx 40$  Гэв/с) уже превосходила точности, получаемые в камере Вильсона и в пузырьковой камере с тяжелой жидкостью. В дальнейшем аналогичные измерения в Кембридже [12] подтвердили и несколько улучшили полученные нами результаты. Приятно отметить, что в настоящее время уже осуществлены эксперименты, в которых широкоазорная камера в магнитном поле используется для определения импульсов частиц. Это эксперименты по исследованию широкоугольных электрон-позитронных пар на Кембриджском электронном ускорителе [13] экспери-

мент по исследованию  $K^0$ -мезонов в Принстоне [14] и Брукхэвене [15].

Подробный анализ ошибок в измерении импульса в широкоазорной камере показал, что главными источниками ошибок являются так называемые некогерентные и когерентные искажения треков.

Первое, в основном обусловлено средне-квадратичным разбросом первичных электронов из-за диффузии, зависящим от времени запаздывания в подаче высоковольтного импульса. Второе вызвано неоднородностью электрического и магнитного полей, а также оптической дисторсией фотографической системы.

В данной работе нами были приняты меры для уменьшения обоих типов искажений, а именно: собрана установка, в которой питание искровой камеры осуществлялось высоковольтным импульсом с крупным фронтом и малым временем задержки.

С улучшением крутизны фронта уменьшается сдвиг искры от истинной траектории частицы, что особенно существенно для камер в магнитном поле из-за наличия поперечного дрейфа  $[\vec{v} \times \vec{H}]$ .

С помощью специальных мер на краях камеры получено более однородное электрическое поле, чем в предыдущих работах.

Кроме того, с целью улучшения качества треков нами применялись добавки спирта к рабочему газу.

Известно, что искровые камеры, у которых рабочий газ отделен от электродов диэлектрической прослойкой (т.н. разрядная камера), обладают некоторым преимуществом в отношении высокой линейной эффективности и однородности по яркости треков, независимо от угла следования.

Однако, специальных измерений точности определения углов и импульсов для таких камер не проводилось.

Целью настоящей работы являлось определение точности измерения импульсов частиц при полученных нами оптимальных условиях с помощью коллимированного пучка  $\pi^-$ -мезонов с известным импульсом в различных широкоазорных камерах, в том числе и в камере с диэлектрической прослойкой, находящейся в магнитном поле и вне поля.

## II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схема эксперимента, осуществленного в 1967г., дана на рис. I. Камеры экспонировались на пучке  $\pi^-$ -мезонов Дубненского синхрофазотрона с импульсом  $P = 6,13 \text{ ГэВ/с}$  и разбросом в величине импульсов  $\frac{\Delta P}{P} = 2,5\%$ . Пучок  $\pi^-$ -мезонов, после коллиматора К, проходил через искровую камеру, помещенную в зазор электромагнита СП-40. ( $H = 13,5 \cdot 10^3 \text{ Гаусс}$ ) и далее через следующую камеру, установленную вне магнита. Запуск искровых камер производился телескопом сцинтилляционных счетчиков  $C_1C_2$ , быстрой схемой совпадения и управления с общим временем запаздывания 230нсек.

В эксперименте применялись камеры трех различных конструкций (рис. 2). Стенки камер, кроме передней (толщиной 12мм, марки К8), через которую фотографировались треки, были сделаны из обычного стекла, толщиной 6мм. В качестве рабочего газа использовался чистый неон, при давлении 1ата, а в разрядной камере смесь  $Ne +$  насыщенные пары  $C_2H_5OH$ .

Надо отметить, что в камерах, работающих с непрерывным продувом и очищением рабочего газа, наиболее подходящими материалами с точки зрения краевых эффектов являются вещества с малой диэлектрической постоянной  $\epsilon \sim 1$ . В этом отношении оргстекло ( $\epsilon \sim 2,3$ ) лучше обычного стекла ( $\epsilon \sim 8$ ). Однако, при исследованиях влияния различных добавок к рабочему газу, а также для длительных работ без перенаполнения, стеклянные камеры, как наиболее чистые, являются более подходящими.

Первая искровая камера (ИК-5I) имела один промежуток в 51см. Electroдами служили дюралюминиевые пластины толщиной 10мм. В области прохождения пучка толщина электродов была доведена до  $1,5 \pm 2 \text{ мм}$ .

Для возможности определения угловых точностей были изготовлены две двухсекционные примерно одинаковые искровые камеры. Одна из них (ИК-2x2I) имела два промежутка по 21см, разделенных общим электродом.

Этот электрод был изготовлен из медных проволочек диаметром 0,1мм, натянутых в одном направлении с шагом 1,5мм. Крайние

электроды были изготовлены также как в камере ИК-5I. Вторая камера, с диэлектрической прослойкой (ИКД-2x20), имела два промежутка по 20см, разделенных общим электродом той же конструкции, что и в ИК-2x2I. Крайними электродами служили дюралюминиевые рамки, на которые была натянута в одном направлении медная проволока диаметром 0,2мм и шагом 2мм. Эти два крайних электрода были изолированы от рабочего объема камеры диэлектрическими пластинами из стекла толщиной 6мм и 12мм. Разная толщина диэлектрика позволила нам рассмотреть вопрос о влиянии толщины диэлектрика на величину искажения электрического поля.

Рабочая площадь электродов у всех камер имела один и тот же размер  $S = (40 \times 26) \text{ см}^2$ , определяемый внутренним размером магнита. Таким образом, мы, по существу, имели камеру, у которой разрядный промежуток был сравним с длиной  $l$  и шириной  $h$  электродов.

Известно, что для однородности электрического поля необходимо, чтобы внешние крылья электродов выступали за рабочий объем на расстояние  $\Delta l \geq d$ , где  $d$  — длина пробойного промежутка. Однако, расстояние между полюсами магнита СП-40, равное 50см, ограничивало эту возможность и электроды во всех камерах выступали всего на 5см, т.е.  $\Delta l < d \left( \frac{\Delta h}{d} \approx \frac{1}{4} \div \frac{1}{3} \right)$

Эту трудность можно обойти, если уменьшая длину выступающих крыльев, одновременно увеличить их число. Задаваясь условием, чтобы дисторсия в пределах рабочего объема не превышала 10%, т.е.  $\eta = (1 - E_k/E_y) \leq 0,1$ , где  $E_{\text{Ц}}$  и  $E_{\text{К}}$  — вертикально составляющие напряженности электрического поля в центре и на краях камеры соответственно, методом плоского моделирования мы определили, что величина выступающих крыльев должна быть не менее  $1,5d$ . Однако, можно уменьшить длину выступающих крыльев, без нарушения условия  $\eta \leq 0,1$ , увеличив их число до  $n = 1,5d/\Delta l$ , где  $\Delta l$  — размер более коротких крыльев, который набирается из соображений наиболее рационального использования зазора магнита.

В рабочем состоянии все камеры были окружены экранирующими "распределенными" емкостями, как это показано на рис. 3. Это улучшало однородность электрического поля внутри камеры и одновременно экранировало ее от металлических частей магнита в случае, когда камера устанавливалась в магнитное поле. Так как вы-

сота электрода (рис. 2г) была равна 36 см, ясно что те 7 см, которые оставались от кромок электродов до поверхности полюсов, были малы для надежной изоляции высоковольтного электрода и экранировки всей камеры. И все же, использованный нами метод экранировки и изоляции (рис. 2, 3) позволил получить стабильную работу ИК-2 х 2I и ИКД-2 х 20 в зазоре магнита.

Высоковольтный импульс амплитудой 190 и 270 кВ формировался двумя генераторами типа Аркадьева-Маркса с числом ступеней 10 и 14 соответственно.

Важным достоинством этих генераторов являлось короткое время нарастания импульса, а также малая задержка срабатывания 80-100 нсек. Из осциллограммы (рис. 4), полученной с ёмкостного делителя, встроенного в заземленный электрод камеры, видно, что  $\tau_{\phi}$  порядка 1,5 + 2 нсек. Как уже отмечалось выше, уменьшение длительности переднего фронта имеет существенное значение для уменьшения влияния неоднородности электрического поля на качество искры. С другой стороны, короткие фронты затрудняют наладку искровых камер. Действительно, при фронте питающего импульса  $\sim 1 + 2$  нсек, верхняя граничная полоса частот лежит в диапазоне 1 + 0,5 ГГц. Соответственно, длина волны при этих частотах будет равна  $\lambda = c\tau_{\phi}$  (где  $c$  - скорость света,  $\tau_{\phi}$  - активная длительность фронта импульса); подставив значения, получим

$\lambda = 30 + 60$  см, т.е. длина волны сравнима с размерами электродов камер. (С учетом крыльев площадь электродов для всех трех камер равна 50 х 6 см). В этом случае на камере устанавливается своеобразный режим распространения фронта импульса не только вдоль, но и поперек и, следовательно, положение отраженной и падающей волны может иметь место по всему периметру камеры. Это может привести к такому распределению электрического поля в объеме камеры, когда по краям напряженность окажется выше допустимой. Чтобы это не произошло, необходимо нагрузочное сопротивление искровой камеры равномерно распределить по всему периметру. На практике оказывается вполне достаточным подключение сопротивлений только в четырех углах камеры. Например, на камерах (ИК-2 х 2I) и (ИКД-2 х 20) в каждом углу были установлены 10 сопротивлений марки ТВО-1ком-2W и  $R_{наг}$  было равно 2,5 ком, а на камере ИК-5I в каждом углу стояло 12 сопротивлений ТВО-1ком-2W (по числу внешних крыльев) и  $R_{наг}$  было равно 3 ком.

В случае применения широкозазорных искровых камер, у которых один из размеров электрода порядка 150 + 200 см (при фронте питающего импульса 1 + 2 нсек), последние необходимо рассматривать как полосковые линии передач. Нагрузочное сопротивление таких камер должно быть близко к "волновому" сопротивлению камеры, которое может быть найдено по упрощенной формуле.

Для камеры с симметричным расположением электродов

$$R_{наг} \approx Z_0 = \frac{188d}{W} \text{ ом}$$

Для камеры с несимметричным расположением электродов

$$R_{наг} \approx Z_0 = \frac{188d}{d+0,25W}$$

, где  $d$  - величина разрядного промежутка камеры,  $W$  - меньший размер электрода.

Фотографирование треков производилось стереоаппаратом с базовым расстоянием 68 мм, с двумя объективами Гелиос-44, на 35 мм аэрофотопленку чувствительностью 1100 ед ГОСТа.

Объективы были скорректированы на переднее стекло камеры.

Хотя нами специальных измерений эффективности не проводилось, однако по данным двух камер, эффективность регистрации  $\sim 100\%$ .

### III. ОБРАБОТКА ТРЕКОВ

Обработка треков велась на просмотрном проекторе "ЛУСИК" типа измерительных проекторов с сканированием в зоне сопровождения, непосредственно связанным с ЭВМ "Раздан-2". Результаты обработки печатались на бумажной ленте в десятичной системе цифр. На просмотрном проекторе определялись координаты точек трека с шагом 3-6 мм (отнесенных к натуре). Координаты непосредственно поступали в ячейки памяти "Раздан-2". После набора 88 точек на длине 20 или 40 см (в натуре) машина автоматически переводилась в счетный режим и обработка исходных данных велась в соответствии с одной из двух вложенных программ. По первой программе определялась кривизна (как ложная, так и реальная). Используя координаты трека, по методу наименьших квадратов машина строила параболу и выдавала на печать значение кривизны со знаком. Одновременно машина определяла ошибку в

определении кривизны, а также  $\delta x$  - среднеквадратичный отход точек от аппроксимирующей параболы. При определении импульса частоты в машину вводились дополнительные данные о величине магнитного поля и масштабе фотографирования.

По второй программе определились угол и смещение между искрами. Используя координаты первого и второго трека, машина методом наименьших квадратов проводила прямые  $x = K_1 y + c_1$ ,  $x = K_2 y + c_2$  и определяла угол между ними как  $\varphi = K_1 - K_2$  с учетом знака  $K_1$  и  $K_2$ . Смещение  $\Delta$  между искрами определялось как разность  $X'_k$  - конечной координаты первого трека и  $X''_n$  - начальной координаты второго трека,  $\Delta = X'_k - X''_n$ . Одновременно определялись  $\delta x$  для обоих треков. Обе программы вводились в "Раздатчик" - одновременно, а перевод машины с одной программы на другую осуществлялся оператором непосредственно с просмотрового проектора. Учитывая, что иногда снимались координаты, которые могли не относиться к треку, для их отбрасывания была применена специальная подпрограмма "фильтрации".

#### IV. РЕЗУЛЬТАТЫ

а) Точность определения импульсов по кривизне искрового трека в магнитном поле.

Как уже выше упоминалось, в магнитном поле экспонировались две камеры (ИК-2 х 2I) и (ИКД-2 х 20).

$\pi^-$ -мезоны с импульсом  $P = 6,13 \text{ Гэв/с}$  проходили через камеру под углом  $0 \pm 4^\circ$  к электрическому полю, на расстоянии  $\sim 10 \text{ см}$  от боковой стенки.

Расположение скинтилляторов относительно друг друга позволило получать треки  $\pi^-$ -мезонов, проходящие почти на одной глубине и перпендикулярно к направлению магнитного поля.

Напряжение на ИК-2 х 2I подавалось на весь промежуток (42 см) через крайние электроды.

Напряженность электрического поля равнялась  $\sim 4,5 \text{ кв/см}$ . При измерении импульса использовалась длина трека  $\sim 40 \text{ см}$  с откидыванием концов.

Камера с диэлектрической прослойкой ИКД - 2 х 20 работала как при параллельном, так и последовательном питании с ампли-

тудой высоковольтного импульса  $7 \text{ кв/см}$  и  $13,5 \text{ кв/см}$  соответственно. Измерение импульса проводилось для отдельных отсеков на длине трека  $18 \pm 2 \text{ см}$ .

Осуществить работу ИК-5I в магнитном поле не удалось из-за ограниченного размера зазора магнита и возросшего, с ростом разрядного промежутка, высоковольтного импульса, что вызывало пробой изоляции.

Результаты измерения в магнитном поле приведены на рисунках 5,6 и в таблице 1, где  $\ell$  - длина измеряемого трека,  $n$  - число измеренных треков,  $\delta x$  - среднеквадратичный разброс центральных точек от аппроксимирующей параболы,  $\delta p$  - среднеквадратичная ошибка,  $\frac{\Delta P}{P}$  - относительная среднеквадратичная ошибка. Там же даны ее ожидаемые величины.

б) Измерения вне магнитного поля.

На рис. 7,8,9 и в таблице 2 представлены данные по измерению ложной кривизны  $\delta_c$ , полученные для тех же камер вне магнитного поля.

в) Из распределений измеренных углов между искрами для (ИК-2 х 2I) и для (ИКД-2 х 20) ( $N\ell + C_2 H_5 OH$ ) (рис. 10, 11) с подачей высоковольтного импульса на крайние электроды ( $4,5 \text{ кв/см}$  и  $7 \text{ кв/см}$  соответственно), средние значения углов и среднеквадратичные ошибки с поправкой на оптическую дисторсию оказались:  $\bar{\varphi} = (0,1 \pm 0,15) 10^{-3} \text{ рад.}$ ,  $\delta\varphi = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$  для первой и  $\bar{\varphi} = (0,03 \pm 0,09) 10^{-3} \text{ рад.}$ ,  $\delta\varphi = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$  для второй камеры.

г) Добавки спирта.

Влияние паров спирта на качество треков видно из рис. 12, 13, 14 и таблицы 3, где дается зависимость  $\delta x$  от  $\tau_{заг}$  в камере ИКД - 2 х 20.

Полученные результаты находятся в согласии с работами [16, 17] и указывают на улучшение качества треков в искровых камерах при добавке к рабочему газу насыщенных паров спирта.

д) Обсуждение результатов.

В таблице 1 не приведены данные измерения импульсов и ложной кривизны для ИКД-2 х 20, наполненной чистым неоном, из-за больших искажений треков особенно в отсеке камеры с толстой диэлектрической прослойкой (отсек б). Однако проведенные исследо-

вания показывают, что эти искажения почти полностью исчезают при добавлении к  $Ne$  насыщенных паров спирта, и что такая разрядная камера наряду с широкоазорной камерой может служить для измерения импульсов с большой точностью. При этом надо использовать по возможности более тонкие диэлектрические прослойки с минимальной диэлектрической постоянной.

Анализ ошибок (табл. I) показал, что основной вклад в  $\frac{\Delta P}{P}$  наших измерений обусловлен оптикой. На оптическую дисторсию указывает также разный знак, среднего значения ложной кривизны, полученный для двух объективов стереоаппарата (рис. 7 а, б).

Вклад электрической дисторсии не заметен, кроме камеры ИКД-2 х 20 (отсек б). Таким образом, полученная точность не является предельной для широкоазорных искровых камер.

При  $\ell = 40 \div 50$  см и  $H = 10^4$  Гаусс можно ожидать  $R_{\max} \sim 200$  Гэв/с. Полученная нами угловая точность, дает для камер типа ИК-2 х 21, установленных до и после магнита длиной  $L \sim 150$  см и полем  $H = 10^4$  Гаусс,  $R_{\max} \sim 1000$  Гэв/с.

В таблице 4 суммированы данные по точности измерения импульсов заряженных частиц в широкоазорной камере, полученные в различных лабораториях.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить т.т. Семсвольден В.Н., Новикова Н.И., Куликова Ю, Струнов В. за содействие при постановке эксперимента в ЛВЭ ОИЯИ.

$H = 13,5 \cdot 10^{-3}$  Гаусс

Таблица I.

Тип камеры рабочий режим	Диафрагма объектива толщина $t_f$ ка, мм	Импульс P Гэв/с	$\sigma_P$	$\frac{\Delta P}{P} \%$	Ожидаемые ошибки в %									
					$\frac{\Delta P}{P_{\text{опт}}}$	$\frac{\Delta P}{P_{\text{эск}}}$	$\frac{\Delta P}{P}$							
ИКД - 2 х 21	I : II I мм	6	$\pm 0,036$	0,45	7,3	6,5	0,4	8±4,5	7	85	42	100		
$Ne$ , 760 тор $E = 4,5$ кв/см	I : 8 I,8 мм	$6,21 \pm 0,04$	0,48	7,7						75	42	160		
ИКД - 2 х 20	a/I : 2,8 I,4 мм	$6,01 \pm 0,5$	1,05	17,5						16	16	35	20	90
$Ne + C_2H_5OH$ $E = 13,5$ кв/см	• б/I : 28 I,4 мм	$5,96 \pm 0,21$	1,48	25				6,5	0,4	20	20	25	20	90

\*) Суммарная ошибка определялась по формуле:

$$\frac{\Delta P}{P} = \left[ \left( \frac{\Delta P}{P} \right)_{\text{опт.}}^2 + \left( \frac{\Delta P}{P} \right)_{\text{расс}}^2 + \left( \frac{\Delta P}{P} \right)_{\delta_x}^2 + \left( \frac{\Delta P}{P} \right)_{\text{эл.дист.}}^2 \right]^{1/2}$$

Таблица 2.

	Диаметр и толщина трена	$\bar{c} \times 10^{-2} \text{ M}^{-1}$	$\bar{c}_c$ $10^2 \text{ M}^{-1}$	$R_{\text{макс}}$ Габ/с	$\rho_{\text{см}}$	$n$
ИК - 5I	I : I6	$-0,55 \pm 0,023$	0,24	I70	5I	II5
	$d = 1 \text{ мм}$					
$E = 5,5 \text{ кв/см}$	I : II	$+0,34 \pm 0,037$	0,4I	I00	5I	I20
	$d = 1,5 \text{ мм}$					
ИК - 2 x 2I	I : II	$0,12 \pm 0,08$	0,43	95	42	3I
	$d = 1,4 \text{ мм}$					
$E = 4,5 \text{ кв/см}$	I : 8	$-0,1 \pm 0,05$	0,68	60	40	3I
	$d = 1,8 \text{ мм}$					
ИКД - 2 x 20	I : 8	$+0,04 \pm 0,22$	2,1	20	20	I28
	$d = 1 \text{ мм}$					
$Ne + C_2H_5OH$	I : 5,6	$-3,2 \pm 0,3$	3,1	15	20	I27
	$d = 1,2 \text{ мм}$					

ИКД - 2 x 20

Таблица 3.

$E = 9 \text{ кв/см}$	$Ne$	$Ne + C_2H_5OH$	$E = 7 \text{ кв/см}$
$\tau$ мксек	$\delta_x$ мм	$D_{эф} 10^2 \text{ см}^2/\text{сек}$	$\tau$ мксек
$\tau$ мксек	$\delta_x$ мм	$D_{эф} 10^2, \text{ см}^2/\text{сек}$	$\delta_x$ мм
0,23	0,16	0,23	0,09
1,0	0,12		-
1,5	0,19	-	-
5,0	0,24	5,0	0,12
-	-	$0,9 \pm 0,2$	$0,11 \pm 0,12$
15,0	0,41	10,0	0,15
-	-	20,0	-
30	0,66	30,0	0,19
			0,23

$D_{эф}$  определяется по формуле

$$\delta_x = (2 D_{эф} \tau_{30\%})^{1/2}$$

Таблица 4.

	$C \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$	$\sigma \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$	Рмакс Гэв/с	$\bar{P}$ Гэв/с	бр Гэв/с	$\frac{\Delta P}{P} \%$	Рмакс, Гэв/с	$\rho_{\text{макс}}$
БФМ 1963 (ускор)	-0,44±0,15	1,63	40	4,08±0,05	0,39	10	40	40
Кембридж 1964 (косм)		0,6		≥ 1,0*			5	40
Кембридж 1965 (ускор)	0,31±0,05	0,64	60	0,158**)				
Линстон 1966 (ускор)			25	0,3			25	41
Принстон 1967 (ускор)				0,975±0,04	0,035	3,6/1,6	30/60	40
				2,181±0,033	0,147	9/3,3	25/60	40
БФМ 1967 (ускор)	0,12±0,08 0,35±0,023 0,34±0,037	0,43 0,24 0,41	95 170 100	6,21±0,037	0,45	7,3	85	42 51 51
6 мм ***)	0,04±0,22	2,1	20	6,01±0,15	1,05	18	35	20
12 мм ***)	3,2±0,3	3,1	15	5,96±0,21	1,48	25	25	20

\*) Измерения проводились без магнитного поля

\*\*) Камера с диэлектрической прослойкой указанной толщины.

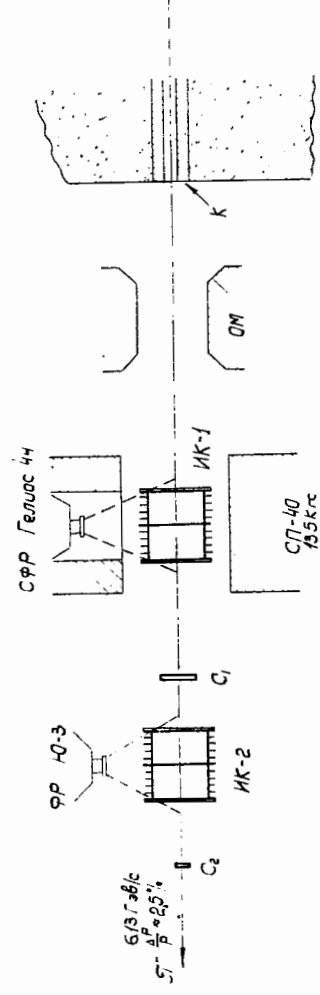


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

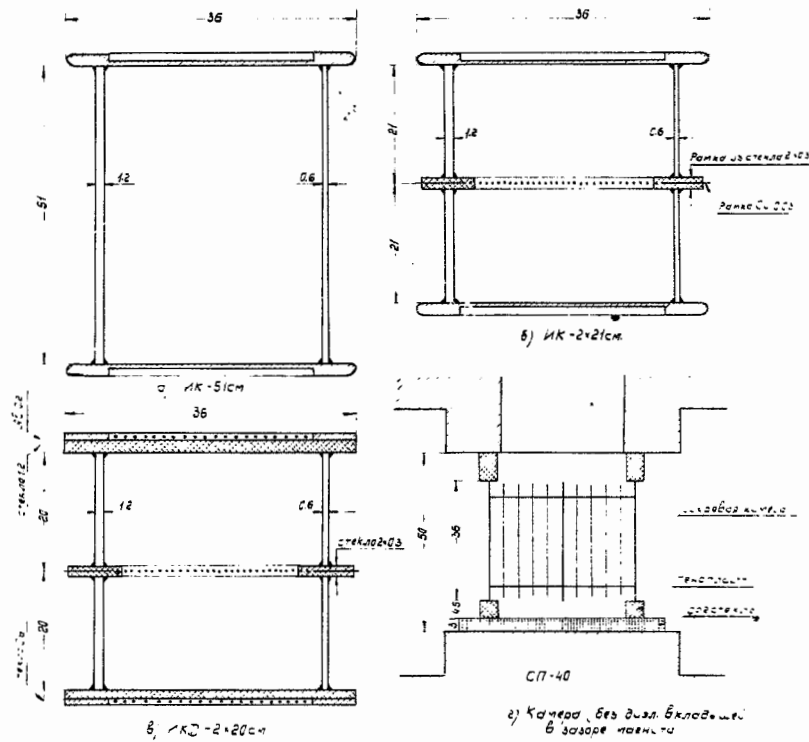


Рис. 2. Конструкция камер. (Все размеры даны в см).

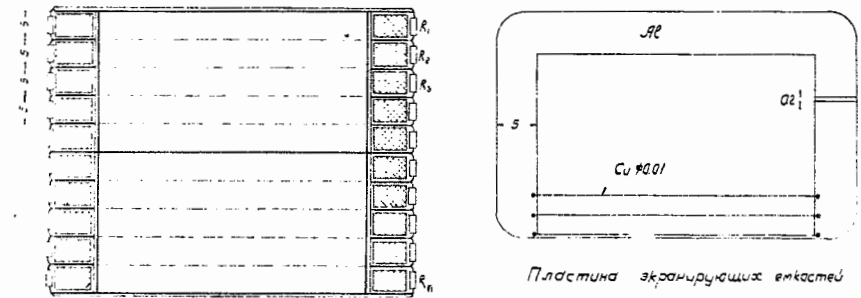


Рис. 3. Конструктивное выполнение экранирующих распределенных емкостей.  $R_1, R_2, \dots, R_n$  — нагрузочные сопротивления, распределены по четырем углам камеры. — диэлектрические вставки (размеры в см).

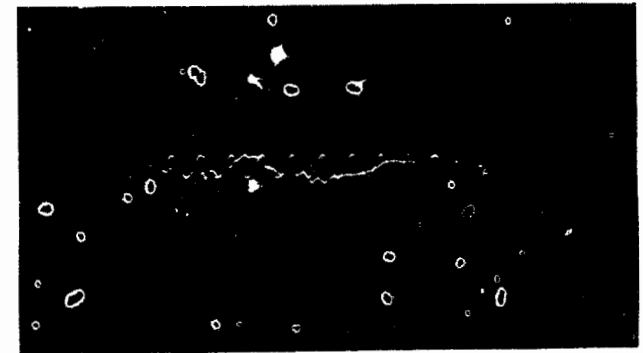


Рис. 4. Осциллограмма высоковольтных импульсов, питающих камеру (период градуировочных колебаний — 10 нсек).

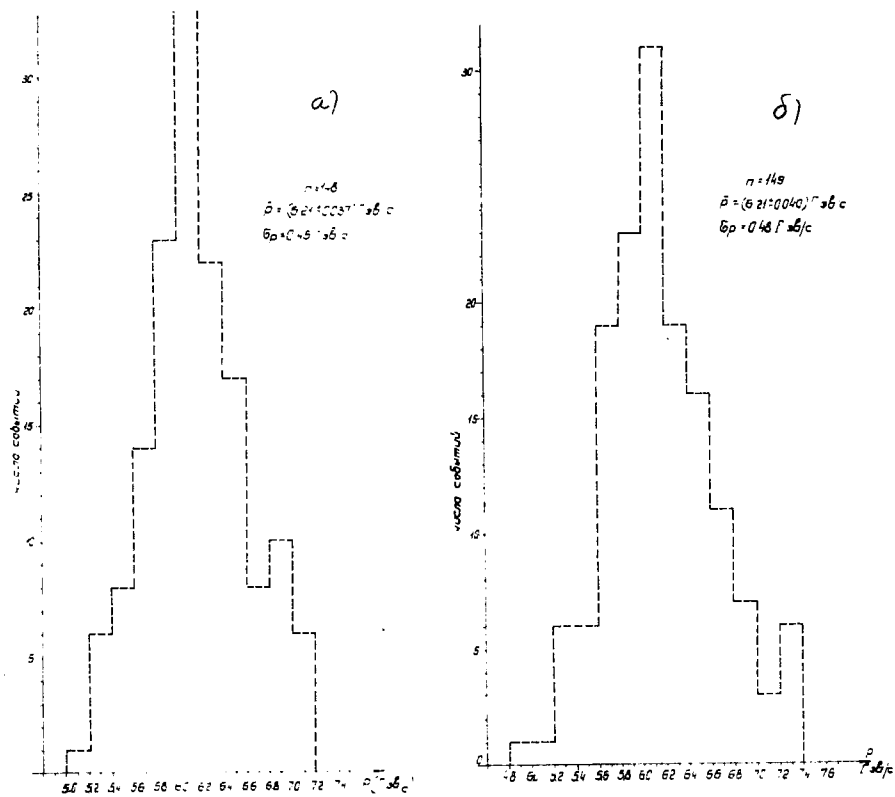


Рис. 5. Распределение значений импульсов в камере с разoom промежуток 2 x 21см. Относительные отверстия объектива стереоаппарата-1 : 11 (а) - 1 : 8 (б).

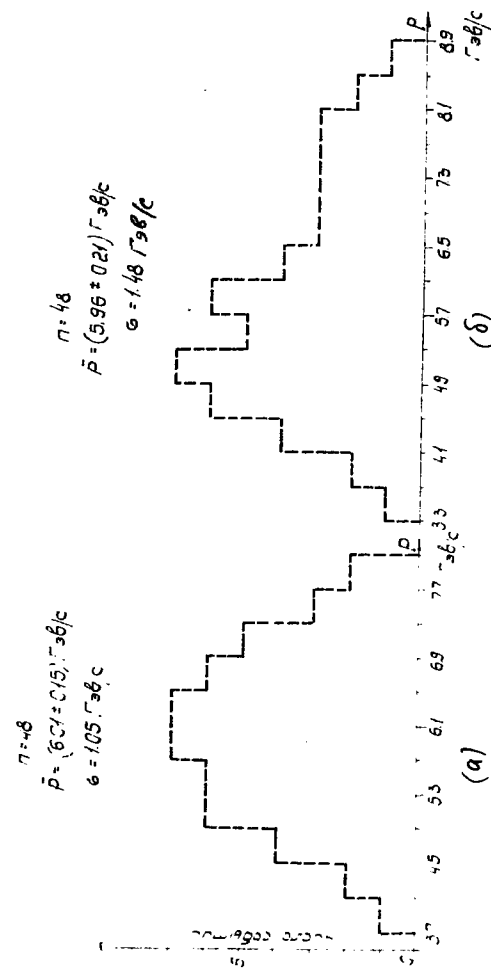


Рис. 6. Распределение значений импульсов в первом (а) и втором (б) отсеках камеры ИКД -2 x 20.

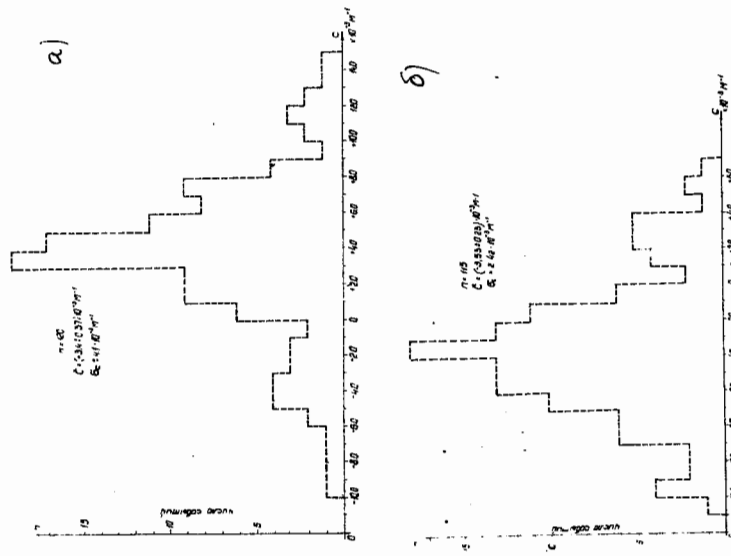
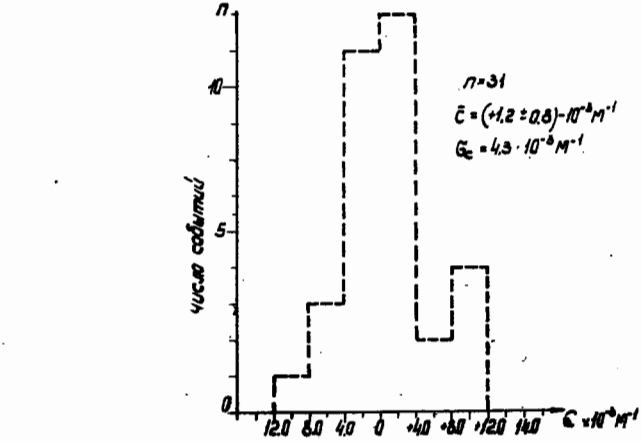


Рис. 7. Распределение значений ложной кривизны для треков в камере ИК-5I; относительные отверстия объективов стереоаппарата I : II (а) и I : 16 (б); с-типичный трек в камере. Наполнение - чистый Ne;  $E = 5,5$  кв/см.



8. Распределение значений ложной кривизны для треков в камере ИК-2 x 2I и типичный трек в камере. Относительное отверстие объектива стереоаппарата I : II, наполнение - чистый Ne,  $E = 4,5$  кв/см.

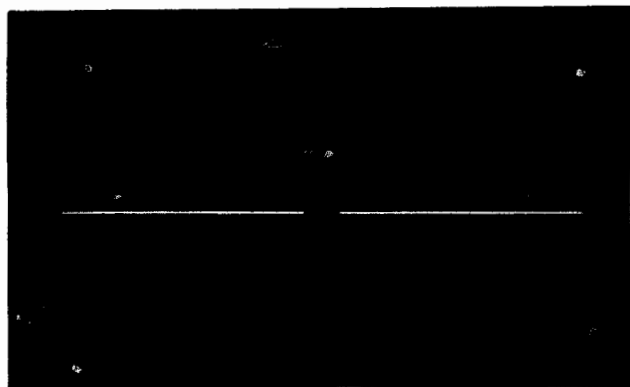
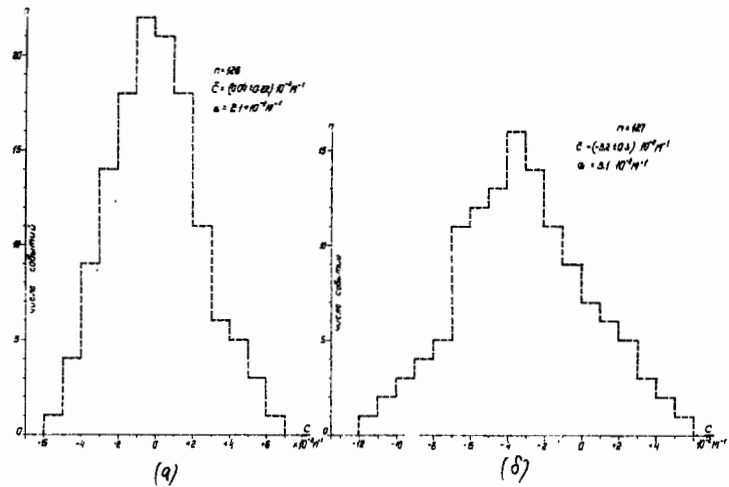


Рис. 9. Распределение значений ложной кривизны для треков в первой (а) и второй (б) половинах камеры ИКД-2 x 20 и типичный трек в камере.  $Ne$  + насыщенные пары  $C_2H_5OH$ ;  $E = 7$  кв/см.

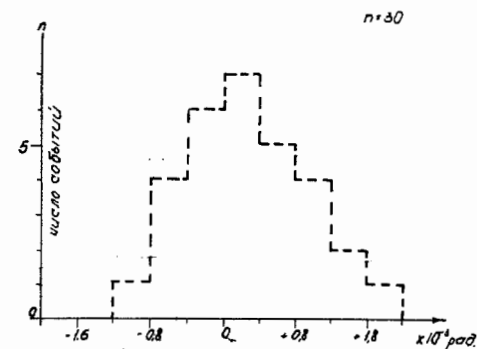


Рис. 10. Распределение значений относительного угла между искрами в камере (ИКД-2 x 21). Наполнение - чистый  $Ne$

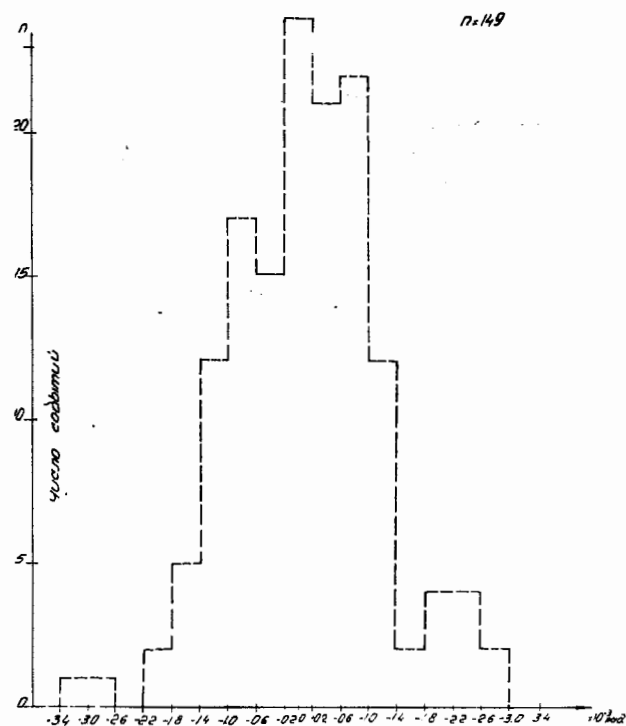


Рис. 11. Распределение значений относительного угла между искрами в камере (ИКД-20). Наполнение  $Ne$  + насыщенные пары  $C_2H_5OH$ .

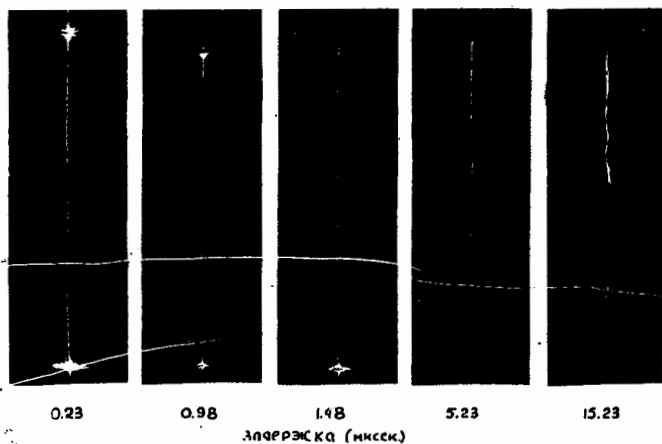


Рис.12. Влияние  $\tau$  на качество трека (чистый Ne).

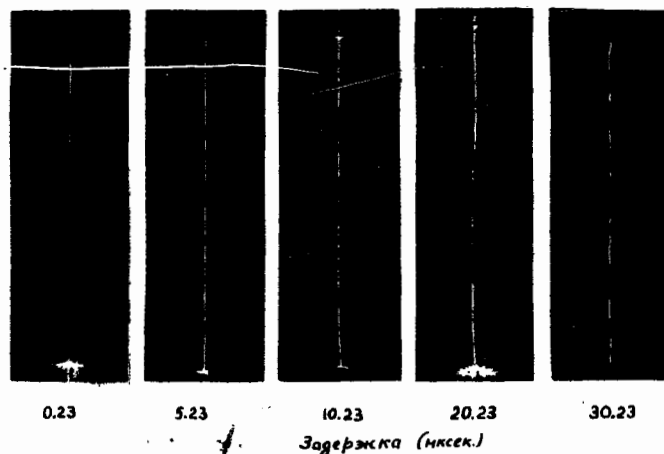


Рис.13. Влияние  $\tau$  на качество трека (Ne + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> OH).

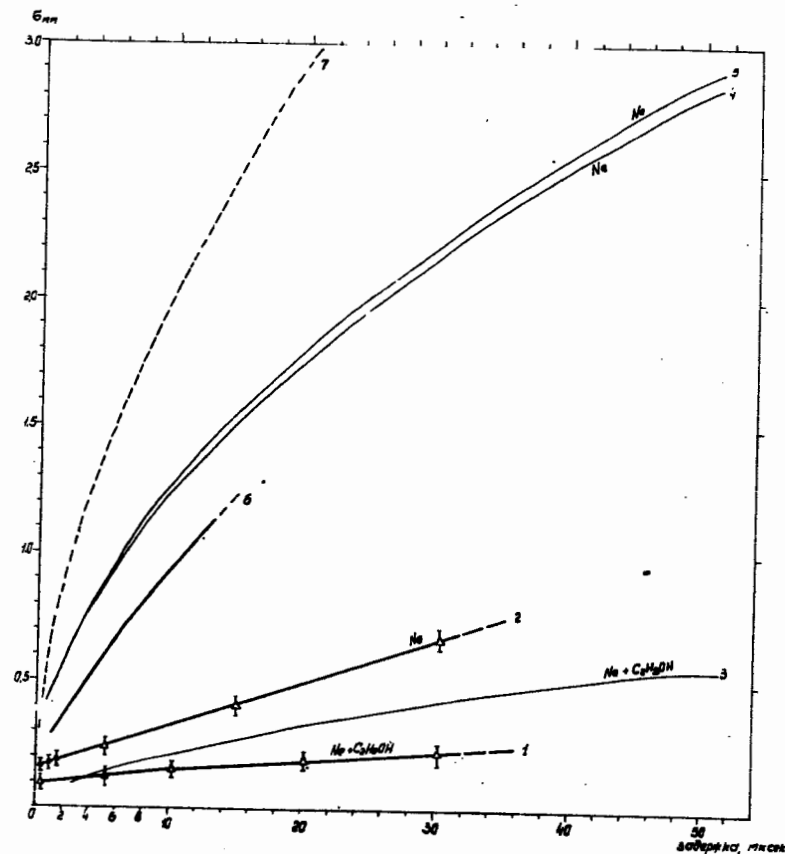


рис.14. Зависимость среднеквадратичного отклонения от аппроксимирующей его прямой при различных задержках в подаче высоковольтного импульса.

- 1,2 - Камера с диэлектриком (данная работа)
- 3,4 - Камера без диэлектрика [15]
- 5,6 - стримерная камера [18], [17]
- 7 - теоретическая кривая ( $D = 2,3 \cdot 10^8 \text{ см}^2/\text{сек}$ )

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бутслов М.М., Комаров Б.П., Савченко О.В. ЖЭТФ 46, 2245, 1964.
2. E.Gigi, F.Schneider. Preprint CERN AR/Int GS/65-1.
3. Михайлов В.А., Ройнишвили В.Н., Чиковани Г.Е. ПТЭ, I, 39, 1961.
4. Долгошеин Б.А., Лучков Б.Н., Родионов В.У. ЖЭТФ, 46, 5, 1964.
5. S.Fukui and Miyamoto. Nuovo Cimento II, 113, 1959.
6. G.Charpak. I.Phys.Radium 18, 539, 1957.
7. S.Fukui and Miyamoto. I.Phys.Soc.Japan 16, 2574, 1961.
8. Манджavidze З.Ш., Ройнишвили В.Н. Письма ЖЭТФ 5, 173, 1967.
9. G.E.Chikovani, G.C.Laverrierre and P.Shubelin.  
Nucl. Instr. and Meth. 47, 275, 1967.
10. Алиханян А.И., Асатиани Т.Л., Матевосян Э.М. ЖЭТФ, 17, 52, 1963.
11. Алиханян А.И., Асатиани Т.Л., Крицян В.М., Матевосян Э.М.,  
Назарян А.А., Шархатунян Р.О. XII Международная конференция  
по физике высоких энергий, Дубна, 1964, т.2, 303, 1966.
12. J.P.Garçon, D.Grossman, K.Strauch. Rev.Sci.Instr. 36, 1965.
13. CEAL-1039 Sehu-annual report, exp. 103a, exp. 103b, exp. 103h.
14. K.W.Chen Proceedings 1966 International Conference  
on Instrumentation For High Energy Physics, p.587.
15. L.Wang, R.C. Smith, M. Whitley and G.T.Zorn.  
Доклад на Международной конференции по ядерной электронике  
(Версаль 1968).
16. Виноградов А.Д., Власов И.Г., Котенко Л.П., Мерзон Г.И.  
"Искровая камера, наполненная неоном с добавкой паров спирта  
и воды", препринт ФИАН им. Лебедева, Москва 19, 1966.
17. L.P.Keller, R.A.Schluter, T.O.White. Nucl.Instr. and Meth. 41,  
303
18. Михайлов В.А., Ройнишвили В.Н., Чиковани Г.Е. ЖЭТФ, 46, 1228, 1964.
19. F.Bulos, A.Boyaraki, R.Diebold, A.Osian, B.Richter, F.Villa.  
Preprint SLAC-pub-140, 1965.

Заказ 3

ВФ 03879

Тираж 250

Множительно-копировальный сектор Ереванского  
физического института, Ереван 36, Маркарьяна 2