

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУУ.1и
Б-203

13/11-74

P1 - 7566

984/2-74

Ф.Балестра, Р.Барбини, Л.Буссо, Р.Гарфаньини,
К.Гуаральдо, М.М.Кулюкин, Г.Пираджино, Р.Скримальо,
И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
С ГЕЛИЕВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРОЙ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАССЕЯНИЯ ПИОНОВ НА 180°

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Ф.Балестра,¹ Р.Барбини,² Л.Буссо,¹ Р.Гарфаньини,¹
К.Гуаральдо,² М.М.Кулокин, Г.Пираджино,¹ Р.Скримальо,²
И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

**МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
С ГЕЛИЕВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРОЙ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАССЕЯНИЯ ПИОНОВ НА 180°**

**Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА**

¹ Институт физики Туринского университета,
Национальный институт ядерной физики, секция
Турина, Италия.

² Национальные лаборатории во Фраскати Национального
комитета по ядерной энергии, Италия.

Балестра Ф., Барбини Р., Буссо Л., Гарфаньини Р.,
Гуаральдо К., Кулюкин М.М., Пираджини Г.,
Скримальо Р., Фаломкин И.В., Шербаков Ю.А. P1 - 7566

Магнитный спектрометр с гелиевой струйной камерой для измерения рассеяния пионов на 180°

В данной работе описывается экспериментальная аппаратура для изучения рассеяния пионов ядрами на большие углы, используемая в экспериментах на пионном пучке Национальных лабораторий во Фраскати (Италия). Магнитный спектрометр состоит из струйной камеры в магнитном поле, наполненной гелием при атмосферном давлении и служащей для идентификации случаев рассеяния. Требуемая локализация и достаточная яркость следов достигнута без применения системы "блумлайн". Точность измерения импульса частицы, полученная на спектрометре, сравнивается с оценкой, выполненной методом Монте-Карло.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1973

Balestra F., Barbini R., Busso L., Garfagnini R.,
Guaraldo C., Kuljukin M.M., Piragino G.,
Scrimaglio R., Falomkin I.V., Shcherbakov Yu.A., P1 - 7566

Magnetic Spectrometer with Helium Streamer
Chamber for Measurement of Pion Scattering
at 180°

Experimental equipment for studying pion scattering on nuclei at large angles is described. The equipment was used in the pion beam experiments at the National Laboratory of Frascati, Italy. The magnetic spectrometer consists of a streamer chamber (filled with helium at atm. pressure) intended for identification of scattering events. The required localization and sufficient brightness of tracks is achieved without using the "blumline" system. The accuracy of particle momentum measurement obtained with the spectrometer is compared with the estimate performed by the Monte Carlo method.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973

1. Введение

В настоящее время имеется мало сведений о рассеянии пионов на ядрах в диапазоне очень больших углов. Хорошо известно, что дифференциальные сечения могут быть вычислены с помощью амплитуд рассеяния, если выбраны соответствующие фазовые сдвиги. В работе /1/ было показано, что в упругом рассеянии π^- -мезонов на ядрах C^{12} теоретически вычисленные дифференциальные сечения с различными наборами фазовых сдвигов одинаково хорошо описывают экспериментальные данные до угла 120° ; в то же время эти расчетные кривые значительно расходятся при больших углах. При угле 180° это различие может составлять два порядка по величине. Таким образом, рассеяние назад весьма чувствительно к модели, использованной в расчетах фаз. В этой связи точные измерения рассеяния на большие углы в значительной мере могут дополнить существующие данные по дифференциальным сечениям и дать важную информацию для проверки модельных представлений, используемых в настоящее время для описания взаимодействия пионов с ядрами.

Так как со счетчиками затруднительно измерять дифференциальные сечения на углы больше 140° /2/, мы /3/ предложили использовать струйную камеру в магнитном поле для определения дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяния назад π^\pm -мезонов на ядрах. В этой работе описывается экспериментальная аппаратура и обсуждается точность измерения импульса.

2. Экспериментальная аппаратура

Схематически установка показана на рис. 1. Стримерная камера, наполненная гелием до атмосферного давления и размещенная в магнитном поле, экспонировалась в пионных пучках линейного ускорителя электронов в Национальных лабораториях во Фраскати. Годоскоп из тонких (≈ 1 мм) сцинтилляционных счетчиков $C_1 C_2 C_3 C_4$ определял геометрию пучка (100×40 мм²), а также число пионов, отклоняемых магнитом и попадающих на мишень. В первом эксперименте ^{/3/} использовалась углеродная мишень ($40 \times 100 \times 3$ мм³), помещенная в трех сантиметрах от счетчика C_4 . Пионы, рассеянные назад в этой мишени, отклонялись в магнитном поле и детектировались совпадениями $C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6$.

Антисовпадения \bar{C}_4 исключали частицы, выбивавшиеся из мишени достаточно энергичные вторичные частицы. Телесный угол, который обеспечивала мишень и счетчики $C_5 C_6$ ($200 \times 120 \times 5$ мм³), составлял около 0,1 стер для частиц, испускавшихся в диапазоне углов от 170 до 190° .

Совпадения управляли высоковольтным импульсом, подававшимся на стримерную камеру, а также приводили в действие фотоаппараты, которые фотографировали события рассеяния.

Магнитное поле в камере было достаточно однородным по высоте и по радиусу чувствительного объема камеры (в пределах $\pm 0,5\%$) ^{/4/}.

3. Стримерная камера

В данном магнитном спектрометре для регистрации событий рассеяния использовалась стримерная камера. Гелиевая камера была ранее описана в ^{/5/}, а затем в ^{/6/}. Как было показано в этих работах, требуемая степень локализации и яркости треков в гелиевой стримерной камере может быть получена путем введения в гелий небольших добавок углеводородов. При этом оказывается возможным подавать на камеру высоковольтный импульс длительностью в несколько сотен наносекунд.

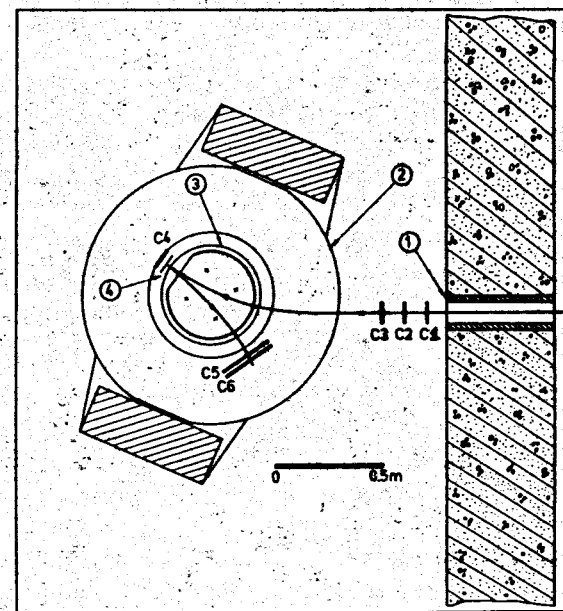


Рис. 1. Расположение экспериментальной аппаратуры: 1 - коллиматор (10×4 см²); 2 - магнит; 3 - стримерная камера; 4 - мишень; $C_1 - C_6$ - счетчики.

Стримерная камера имеет вид цилиндра диаметром 39 см и высотой 12 см. Стенки камеры выполнены из винипласта толщиной 5 мм. Сверху и снизу цилиндр закрыт оптическими стеклами толщиной 1 см. Его внутренняя поверхность покрыта черным пигментом в смеси с эпоксидной смолой. В месте выхода пучка из камеры в цилиндре имеется окно размерами 200×120 мм², закрытое тонкой винипластовой пленкой (0,07 мм). Толщина стенок камеры в месте входа пучка составляет 2 мм. Реперные кресты выгравированы на внутренней поверхности стеклянных пластин и освещаются боковым светом.

Верхний электрод представляет собой сетку из никромовых нитей толщиной 0,1 мм, отстоящих друг от друга на 10 мм.

Фотографирование производилось двумя фотокамерами с объективами "МИР" ($f/2,8$; фокусное расстояние 37 мм). При фотографировании использовалась пленка "Илфорд HP4" шириной 35 мм, чувствительностью 27/29 DTN и применялась рабочая диафрагма $f/4$. База фотографирования составляла 140 мм. Оси объективов были направлены параллельно направлению магнитного и электрического полей. Расстояние между оптическими центрами объективов и дном камеры составляло 638 мм (коэффициент уменьшения 0,05714).

Перед наполнением камера откачивалась и выдерживалась при остаточном давлении 10^{-2} тор. Система наполнения позволяла вводить в гелий небольшие добавки α -пинена и азота, а также ксенона и азота для получения ярких и хорошо локализованных следов частиц в камере, находящейся в магнитном поле. Камера работала без повторного наполнения обычно в течение нескольких дней.

Наилучшие результаты получались, когда суммарный процент добавок не превышал 0,05% (см. рис. 2 и 3, расстояние между крестами составляло 16 см). При более высокой концентрации примесей треки теряют локализацию в направлении электрического поля, как это видно на рис. 4. Во всех случаях добавлялся азот,

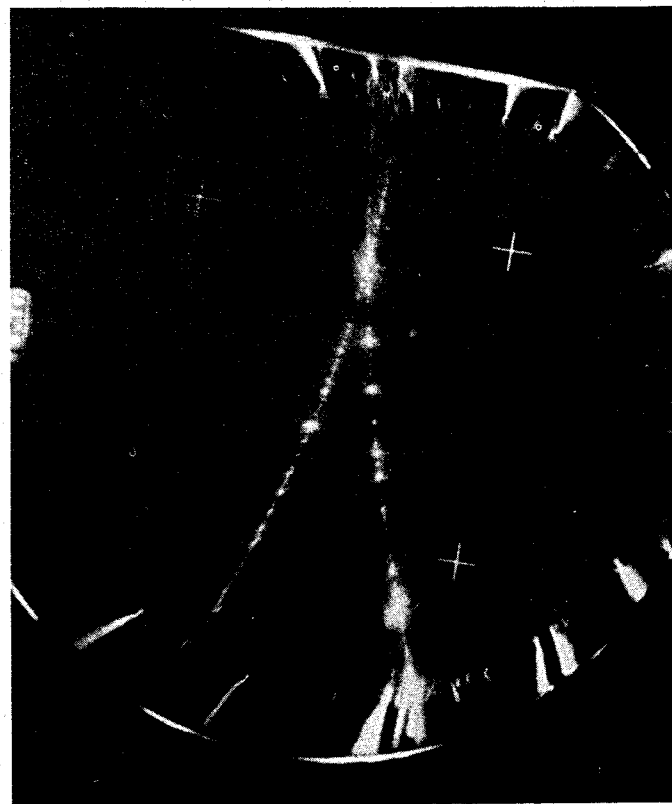


Рис. 2. Фотография события в камере при использовании примесей альфа-пинен-азот.



Рис. 3. Фотография события в камере при использовании примеси ксенон-азот.

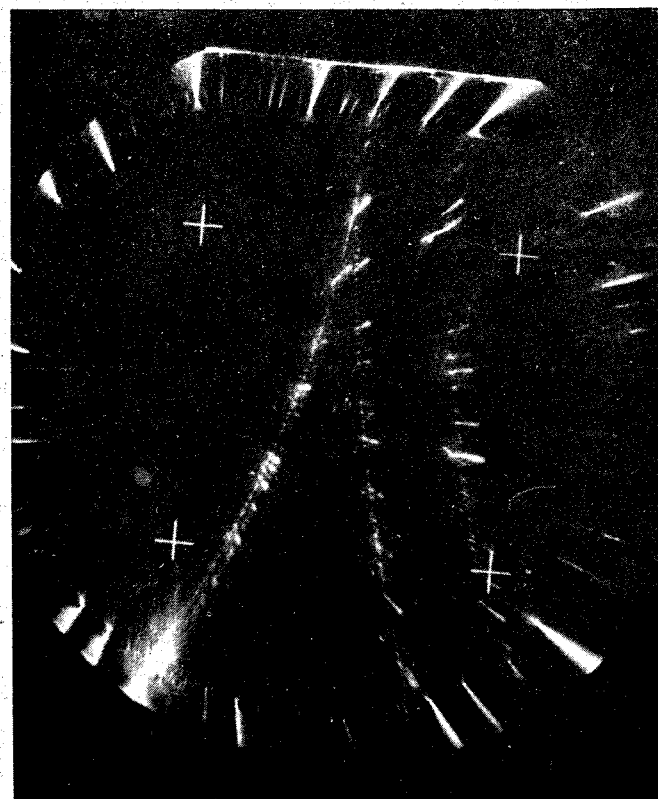


Рис. 4. Фотография события в камере при использовании примеси альфа-пинен-азот при высокой концентрации примеси.

так как выяснилось, что он является хорошим компонентом для улучшения локализации следов. В свою очередь, аргон и ксенон способствовали достижению большей яркости следа. При работе камеры в магнитном поле было замечено, что примеси с той концентрацией, которая применялась в гелиевой камере без магнитного поля ^{/6,7/}, вызывают появление длинных стримеров.

Для питания камеры использовался четырнадцатикаскадный импульсный генератор типа Аркадьева-Маркса, описанный в работе ^{/6/}. Запуск первого каскада генератора осуществлялся трехэлектродным разрядным промежутком, в котором газ ионизовался ультрафиолетовой вспышкой света, создаваемой с помощью дополнительного электрода, разряжавшегося на таблетку ВаTiO₂. Каждая секция генератора имела емкость 5000 пкф и зарядное напряжение 20 кв. Разрядники генератора работали в атмосфере азота при давлении до 3 атм. Рабочая амплитуда высоковольтного импульса составляла около 200 кв, и общее время задержки от момента прохождения частицы через камеру до срабатывания камеры равнялось 250 нсек. Характеристики высоковольтных генераторов для стримерных камер описываемого типа подробно приводятся в работе ^{/8/}.

В рабочих условиях эффективные размеры яркосветящихся частей стримеров, располагающихся вдоль траектории частицы, составляли 2 мм по направлению электрического поля и имели диаметр 1 мм. Среднее число стримеров на 1 см следа в присутствии магнитного поля было около 2.

При измерении двух изображений каждого трека на полуавтоматическом столе оказывается, что точки трека могут быть восстановлены с хорошей точностью ($\pm 0,2$ мм). Таким образом, результат оказывается таким же, как в стримерной камере без магнитного поля ^{/6/}.

В заключение необходимо заметить, что в стримерных камерах, питаемых от системы "блумлайн", даже в случае неона, для которого необходима меньшая напряженность электрического поля, локализация вдоль направления поля хуже при значительно меньшей яркости стримера.

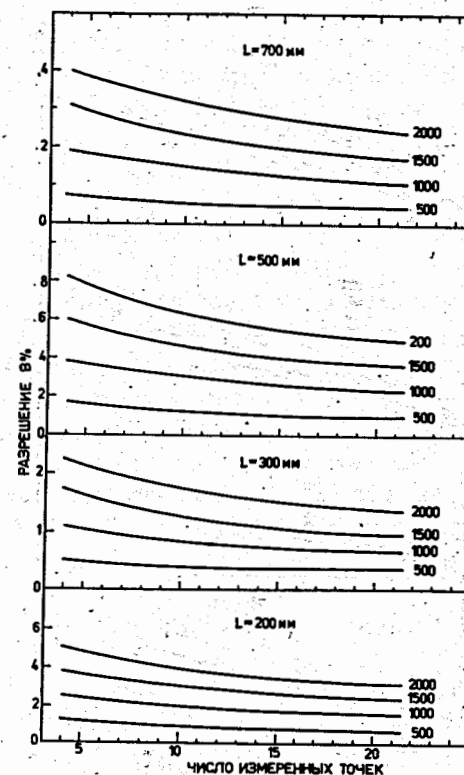


Рис. 5. Разрешение по импульсу как функция числа точек для различной длины треков.

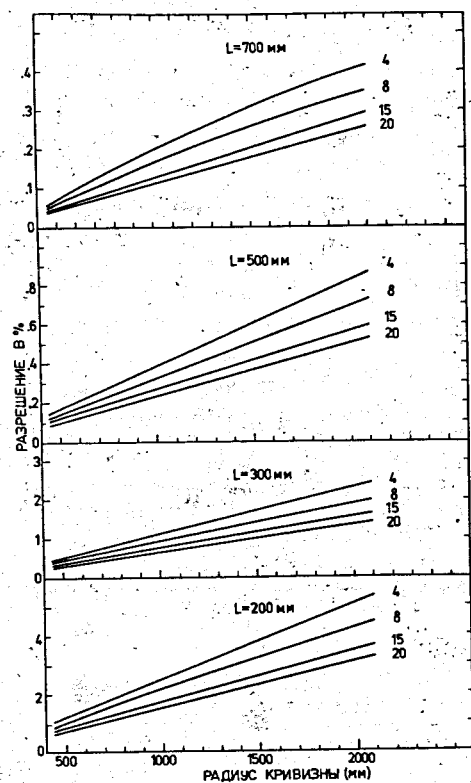


Рис. 6. Разрешение по импульсу как функция радиуса кривизны для различной длины трека. У кривых — соответствующие значения числа измеряемых точек n_p .

4. Точность измерения импульсов

Для оценки минимальной длины трека, которую необходимо взять для того, чтобы получить заданную точность в измерении импульса, были выполнены расчеты по методу Монте-Карло. Для данного радиуса кривизны R выбиралась соответствующая окружность и на ней дуга фиксированной длины. На этой дуге было выбрано также определенное число эквидистантных точек n_p , и соответствующие координаты этих точек изменялись с учетом экспериментально измеренной дисперсии ($\pm 0,2$ мм). Эти извлеченные координаты затем фиксировались новой окружностью. Повторное использование этой процедуры и приводит нас к определенному распределению радиуса кривизны относительно начального значения. Вышеприведенные вычисления были выполнены для четырех значений R (0,5; 1; 1,5; 2 м) и четырех значений n_p (4, 8, 15, 20) с длиной треков L в пределах от 20 до 70 см.

На рис. 5 приведено разрешение по импульсу, найденное по вычисленному распределению разбросов радиусов, как функция числа точек n_p для фиксированной длины L . У кривых показано соответствующее значение величин R . Как можно видеть, разрешение оказывается независимым от числа точек при $n_p \geq 15$.

Рис. 6 показывает те же самые данные, представленные в виде зависимости от R при фиксированном значении L . У кривых указаны соответствующие значения n_p . На основании этих кривых можно получить радиусы кривизны R , соответствующие требуемому энергетическому разрешению для каждого значения L и для различных n_p .

Рис. 7 показывает, какую минимальную длину следа L с заданным радиусом кривизны необходимо измерить для получения точности в 1,1%.

По данным нашего эксперимента, выполненного с π^- -мезонами с энергией 80 МэВ (магнитное поле 5 кГс), был получен разброс по радиусу путем многократного измерения (40 раз) одного и того же трека

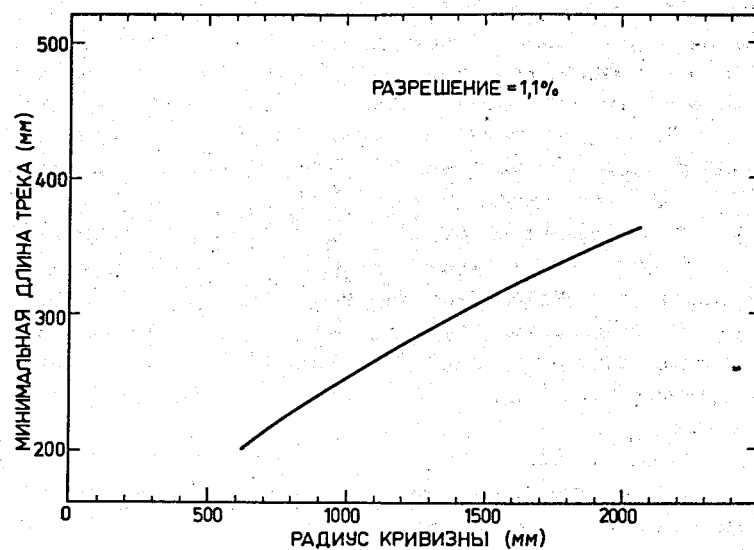


Рис. 7. Величина минимальной длины трека для фиксированного значения разрешения, которую необходимо измерять при $n_p = 15$ для получения точности 1,1%.

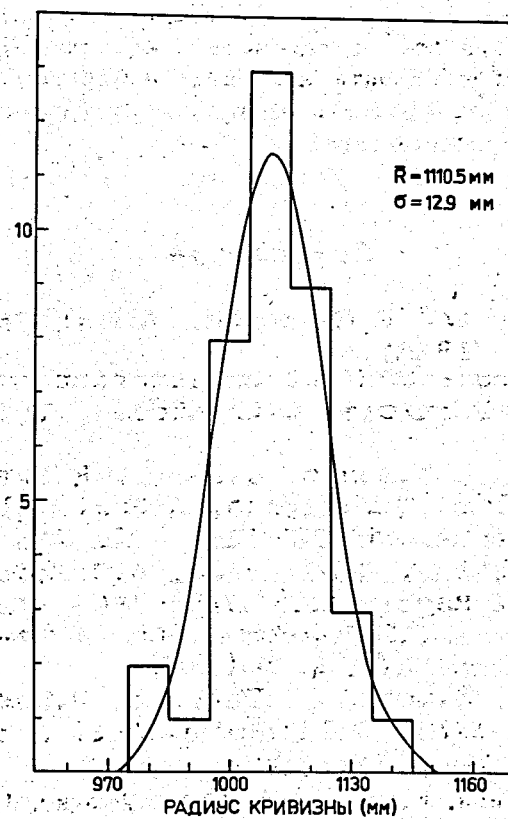


Рис. 8. Гистограмма 50 измерений трека минимальной длины; Гистограмма разбросов радиуса кривизны при многократном измерении трека.

длиной 28 см. Стандартная ошибка для этого радиуса оказывается равной 1,2% (рис. 8), что находится в соответствии с оценками по методу Монте-Карло.

Авторы признательны Национальной Академии деи Линчей, проф. К.Вилли и проф. В.П.Джелепову за постоянную поддержку в проведении этого эксперимента. Мы благодарны Г.Перно за ценную помощь в подготовке и эксплуатации аппаратуры, А.Бенедетто и Г.Валсазна за помощь в работе со стримерной камерой. Наконец, мы хотим поблагодарить коллектив лаборатории линейного ускорителя Фраскати за постоянную помощь при проведении эксперимента.

Литература

1. J.Beiner and P.Huguenin. *Helv.Phys.Acta*, 42, 550 (1969).
2. J.P.Stroot. *Seminar on Interactions of Elementary Particles with Nuclei, Trieste* (1970).
3. R.Barbini, L.Busso, S.Costa, R.Garfagnini, C.Guaraldo, G.Piragino, R.Scrimaglio. *Frascati Report LNF-71/2, 1971. (In Italian)*.
4. R.Garfagnini, G.Piragino, G.C.Sacerdoti. *Frascati Report LNF-63/4, 1963. (In Italian)*.
5. М.М.Кулюкин, Д.Б.Понтекорво, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. *ПТЭ*, 6, 70 (1965).
6. L.Busso, S.Costa, L.Ferrero, R.Garfagnini, L.Pasqualini, G.Piragino. *Atti Acc.Sci. Torino*, 104, 423 (1970).
7. Р.Гарфаньини, К.Георгеску, М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, А.Михул, Ф.Никитиу, Г.Пираджино, Д.Понтекорво, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. *Препринт ОИЯИ, Р1-6692, Дубна, 1972.*
8. М.М.Кулюкин, Д.Б.Понтекорво, Л.М.Сороко, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. *Препринт ОИЯИ, Р13-6533, Дубна, 1972.*

Рукопись поступила в издательский отдел
22 ноября 1973 года.