

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ



ИТЭФ-69

А.Ф.НИЛОВ, Г.В.БЕКЕТОВ, К.Г.БОРЕСКОВ, Т.А.ГАРАНИНА,
В.М.ГУЖАВИН, С.М.ЗОМБКОВСКИЙ, А.Б.КАЙДАЛОВ, Г.К.КЛИГЕР,
В.З.КОЛГАНОВ, Б.С.КОНОВАЛОВ, С.П.КРУЧИНИН, А.В.ЛЕБЕДЕВ,
Г.С.ЛОМКАЦИ, Я.М.СЕЛЕКТОР, В.Т.СМОЛЯНКИН, Л.А.ПОНОМАРЕВ
В.Ф.ТУРОВ, В.Н.ШУЛЯЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ $\bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^-$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 Гэв/с В РАМКАХ
МОДЕЛИ РЕДЖЕЗОВАННОГО
ОДНОПИОННОГО ОБМЕНА

МОСКВА 1973

А.Ф.Чилов, Г.В.Бакетов, К.Г.Боресков,
Р.А.Гаранина, В.А.Гужавин, С.И.Зомбковский,
А.Б.Каидалов, Г.Х.Хлигер, В.В.Колганов,
Б.С.Коновалов, С.Л.Кручинин, А.В.Лебедев,
Г.С.Ломкаци, Я.М.Селектор, В.Т.Смолянкин,
Л.А.Пономарев, В.Ф.Туров, В.Н.Шульченко

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ $\bar{\text{Пр}} - \bar{\pi}^+ \bar{\pi}^- n$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 Гэв/с В РАМКАХ МОДЕЛИ
РЕЛЕЙЗОВАННОГО ОДНОБИОННОГО ОБМЕНА

Москва 1973

Соработчики проанализировали 4619 событий реакции $\bar{K}p \rightarrow n\bar{K}\bar{K}$ при импульсе налетающего \bar{K}^- -мезона 4,5 ГэВ/с. Для сечений соразмерных ρ^0 и f^0 -мезонов получены значения $\bar{\sigma}_0 = (0,64 \pm 0,10) \text{ мб}$ и $\bar{\sigma}_f = (0,29 \pm 0,08) \text{ мб}$. Доказано удовлетворительное согласие экспериментальных распределений с предсказанными моделью реализованного однотяжонного обмена.

ABSTRACT

We have measured and analyzed 4619 events of the reaction $\bar{K}p \rightarrow n\bar{K}\bar{K}$ at the incident momentum 4.5 GeV/c of \bar{K}^- -mesons. The values $\bar{\sigma}_0 = (0.64 \pm 0.10) \text{ mb}$ and $\bar{\sigma}_f = (0.29 \pm 0.08) \text{ mb}$ were obtained for ρ^0 - and f^0 -meson production. The experimental distributions are in a good agreement with the Regge one pion exchange model.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению реакций с многочастичными конечными состояниями. Имеется значительное число экспериментальных работ, посвященных исследованию характеристик таких реакций. Однако, в отличие от двухчастичных процессов, пока не существует ни единой общепризнанной модели, позволяющей дать единое количественное описание совокупности данных о неупругих процессах.

Определенный успех при описании трехчастичных реакций достигнут с помощью модели редкезованного однолионного обмена (OPER) [1,2]. В настоящей статье приводятся результаты исследования процесса



при импульсе 4,5 Гэв/с и проверяются предсказаниям указанной модели.

I. Матричный элемент

В рамках OPER модели матричный элемент процесса записывается в виде [2]

$$M(s, s_1, s_2, t_1, t) = \frac{G_{\bar{P}NN}}{t - \mu^2} f(t), \quad (1)$$

где

$$\times \exp \left\{ \left[\alpha'_N \ln \frac{s(\mu^2 + \chi^2)}{s_1 s_2} \right] / (t - \mu^2) \right\} M_{\bar{P}P}(s_1, t_1) \bar{U}_3 \bar{U}_5 U_L$$

$$S = (P_1 + P_L)^2; \quad S_1 = (P_1 + P_2)^2; \quad S_2 = (P_2 + P_3)^2;$$

$$t_1 = (P_1 - P_i)^2; \quad t = (P_1 - P_3)^2; \quad (P_i - \text{импульс } i\text{-й частицы})$$

$S_0 = 1 \text{ гэв}; \quad \frac{G_{\bar{P}NN}}{4\pi} = 14,6$ — константа связи \bar{P} -мезона с нуклоном

μ^2 — квадрат массы глюона;

χ^2 — квадрат поперечной составляющей импульса

медленного вторичного пиона;

$$f(t) = e^{R^2(t, \mu^2)} \text{ -фактор;}$$

R^2 , вообще говоря, является параметром модели, который можно определить из данного эксперимента. Но мы отказались от такой свободы и воспользовались значением $R^2 = 2,75 \text{ Гэв}^{-2}$, полученным Боресковым и др. [1,2] при описании реакции $pp \rightarrow p\pi\bar{\pi}^+$.

Для P -волновой амплитуды в фактор вводится дополнительный пороговой множитель $\frac{Q(S_1, t, \mu^2)}{Q(S_1, \mu^2, \mu^2)} e^{\tilde{R}^2(t, \mu^2)}$

где $Q(a, b^2, c^2)$ — трехмерный импульс частиц с массами b и c в с.и.и, имеющей квадрат полной энергии a . Параметр \tilde{R}^2 необходимо подобрать таким образом, чтобы множитель $e^{\tilde{R}^2(t, \mu^2)}$ компенсировал рост множителя $\frac{Q(S_1, t, \mu^2)}{Q(S_1, \mu^2, \mu^2)}$ при больших переданных им пузырях. Он может быть определен из сопоставления с экспериментальными сечениями образования ρ -мезонов. Величина \tilde{R}^2 одна единица из экспериментальных данных и связана линейно, поэтому при расчетах значение R^2 было взято равным 1 Гэв $^{-2}$.

$\mathcal{M}_{\rho\pi\bar{\pi}}$ — амплитуда $\rho\pi\bar{\pi}$ -рассеяния. За значение до $\sqrt{S_1} = 1,4 \text{ Гэв}/c$ берется из экспериментальных данных по ρ -сечению $\rho\pi\bar{\pi}$ -рассеяния, а при более высоких значениях S_1 плавится с помощью волюнта $RP_{\rho\pi\bar{\pi}}[2]$.

II. Методические вопросы

Данная работа выполнена с помощью жидкозадородных пузырьковых ящиков размером 35 [3] \times 50 [4] см, экспониро-

ванных на пучках \bar{J}/ψ -мезонов с импульсом 4,6 и 4,5 Гэв/с соответственно. В результате просмотра стереофотографий было найдено около 50 000 двухлучевых событий, удовлетворяющих критериям отбора [5,6]. Обмер событий производился на измерительных устройствах АМУ и ПУОС. Восстановление пространственной геометрии событий, кинематический анализ и уравновешивание параметров в соответствии с выбранной гипотезой производились по программе АСЛ [7]. Нами было отобрано 4819 событий реакции (I).

Примесь других реакций в процессе (I) составляет менее 20%.

Для получения абсолютной нормировки были использованы данные [6,8,9] о величине сечения реакции (I) в интервале импульсов налетающего \bar{J}/ψ -мезона от 3 до 8 Гэв/с. В результате интерполяции было получено значение сечения рассматриваемой реакции при импульсе 4,56 Гэв/с

$$\bar{\sigma}(\bar{J}/\psi \rightarrow \bar{J}/\psi n) = (2,62 \pm 0,24) \text{ мб.}$$

III. Анализ экспериментальных результатов

На рис. Ia представлено распределение по эффективной массе системы $\bar{J}/\psi \bar{J}/\psi$. Как видно из рисунка, наблюдаются отчетливые пики, соответствующие образованию ρ^0 и f^0 -мезонов. Сечения образования этих резонансов были найдены равными:

$$\bar{\sigma}_{\rho^0} = (0,64 \pm 0,10) \text{ мб,}$$

$$\bar{\sigma}_{f^0} = (0,29 \pm 0,08) \text{ мб.}$$

Следует отметить, что в области масс η^0 -мезона практически не наблюдается избытка событий.

На рис. I б и I в приведены спектры эффективных масс

системы $\bar{P} \bar{n}$ с ограничениями по квадрату переданного четырехмерного импульса от нуклона к нуклону $|t| \leq 1,0$ и $|t| \leq 0,3(\text{ГэВ}/c)^2$ соответственно. Приведенные кривые как на этих, так и на последующих рисунках рассчитаны согласно матричному элементу (I) и имеют абсолютную нормированную. Сплошные кривые получены с использованием фаз $\bar{P} \bar{n}$ -рассечения, взятых из работы Оуа и др., [9], штрих-пунктирные - Хэрролла и др. [10] x). Использование двух различных наборов фаз связано с тем, что они получены в различных физических предположениях и отличаются друг от друга. Указанные ограничения по t обусловлены следующим. С одной стороны фазовый анализ $\bar{P} \bar{n}$ -взаимодействия, как правило, выполняется с ограничением по $|t| \leq 0,3(\text{ГэВ}/c)^2$, с другой стороны интересно посмотреть, насколько хорошо OPER модель описывает экспериментальные данные при достаточно больших t . Из сравнения расчетных кривых с экспериментальными распределениями видно, что в пределах неопределенности фазового анализа OPER хорошо воспроизводит спектр масс системы $\bar{P} \bar{n}$ даже в расширенном интервале переданных импульсов $|t| \leq 1,0(\text{ГэВ}/c)^2$.

На рис. 2а, б, в и 2а, б, в приведены распределения по массам $\bar{P} \bar{n}$ и $\bar{P} \bar{n}$ -систем без ограничений (а) и с ограничениями по t : $\delta - |t| \leq 1,0(\text{ГэВ}/c)^2$ и $\delta - |t| \leq 0,3(\text{ГэВ}/c)^2$.

Расхождение между теоретическими и экспериментальными спектрами масс $\bar{P} \bar{n}$ - и $\bar{P} \bar{n}$ -систем в области масс 1,4-1,8 ГэВ/ c^2 может быть解釋лено образованием нуклонных изобар, не учитываемых данной моделью.

х) Нами были проведены расчеты и с результатами фазового анализа, опубликованными в работе Прогоновской и др. /II/. Полученные распределения по значениям масс $\bar{P}^+ \bar{P}^-$ -системы 1150 МэВ/ c практически совпадают с приведенными.

Кроме распределений по эффективным массам мы проанализировали распределения числа событий по квадрату переданного 4-импульса от нуклона к нуклону, азимутальному углу (φ) и полярному углу (θ) вылета вторичного \bar{J}/ψ -мезона в системе Готтфрида-Джексона ди-пиона. На рис.4а, б, в представлены распределения по квадрату переданного четырехмерного импульса от нуклона к нуклону ($|t|$) для всех событий и для событий из областей масс f^0 - $(0,7 \leq m_{\pi\bar{\pi}} \leq 0,9 \text{ ГэВ/с}^2)$ и f^0 - $(1,14 \leq m_{\pi\bar{\pi}} \leq 1,42 \text{ ГэВ/с}^2)$ мезонов. Из рисунка видно, что используемая модель хорошо описывает зависимость дифференциального сечения от $|t|$ до $|t| \leq 0,3 \text{ (ГэВ/с)}^2$.

Наблюдаемое расхождение при больших $|t|$ предсказаний модели с экспериментальными результатами может быть устранено введением более сложного форм-фактора, например, добавлением более пологой экспоненты.

На рис. 5 приведены распределения числа событий по величине $\cos\theta$ для полного канала и областей масс f^0 и f^+ мезонов соответственно (а, б, в- $|t| \leq 1,0 \text{ (ГэВ/с)}^2$; г, д, е- $|t| \leq 0,3 \text{ (ГэВ/с)}^2$). Здесь также можно видеть, что лучшее согласие модели с экспериментом достигается при меньших значениях $|t|$ (рис.5 г, д, е). Однако, при обоих отборах наблюдается только качественное согласие модели с экспериментальными распределениями. Заметное расхождение теоретических кривых с распределениями, наблюдаемыми на опыте, возможно связано с тем, что угловые распределения наиболее чувствительны к интерференции матричного элемента (I) с амплитудами фоновых процессов.

Интересной особенностью рассматриваемой модели является возможность описания азимутальной анизотропии, наблюдавшейся на опыте. Заметим, что существующие модели с форма-

фактором предсказывают изотропность таких распределений. Распределения по азимутальному углу (углу Треймана-Лигга) представлены на рис.6. Последовательность распределений такая же как и на рис.5. Видно, что OPER модель удовлетворительно воспроизводят экспериментальные распределения по углу ψ .

В заключение можно отметить, что OPER модель практически без свободных параметров, в основном, удовлетворительно описывает основные черты реакции $\bar{P}r \rightarrow \bar{P}i\bar{n}$ при импульсе $\sim 4,5$ Гэв/с. Наблюданное расхождение предсказаний модели с экспериментальными результатами может быть объяснено присутствием других механизмов (например, образованием нуклонных изобар в $\bar{P}i\bar{n}$ - и $\bar{P}i\bar{p}$ -системах), не учитываемых в рассматриваемой модели.

Считаем приятным долгом выразить благодарность И.А.Ветлинскому, В.Л.Крылову и А.П.Соколову за участие в начальной стадии эксперимента. Л.А.Захаровой, Ю.В.Королёву, Л.С.Кибальниковой, Л.И.Целовальниковой и О.И.Погорелко за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. К.Г.Боресков, А.Б.Кайдалов, В.И.Лисин, Е.С.Николаевский, Л.А.Пономарев, ЯФ 15, 261 (1972).
2. К.Г.Боресков, А.Б.Кайдалов, Л.А.Пономарев, Препринт ИТЭФ № 950 (1972).
3. И.А.Ветлинский, В.М.Гужавин и др. ПТЭ, 4, 43 (1967).
4. М.С.Айнуддинов, Г.В.Бекетов и др. ПТЭ, 2, 47 (1968).
5. И.А.Ветлинский, В.М.Гужавин и др. ЯФ 5, 603 (1967).
6. В.М.Гужавин, И.А.Ветлинский и др. ЯФ 14, 354 (1971).
7. Ф.М.Филлер, ДАН СССР, 177, 1058 (1967).
8. R.L. Eisner, P.B. Johnson et al., Phys. Rev. 164, 1699 (1967)
J.Y. Lee et al., Phys. Rev. 159, 1156 (1967)
A-B-B-H-L-M Collabor., Nuovo Cim. 31, 730 (1964)
А.А.Картамышев, К.Н.Мухин и др., ЯФ 17, 81 (1973)
А.П.Соколов, В.М.Гужавин и др.
Препринт ИТЭФ № 931 (1972).
9. B.Y. Oh, A.F. Gartfinkel et al., Phys. Rev. D1 1599 (1970).
10. J.T. Carroll, R.N. Diamond et al., Phys. Rev. Lett. 28, 318 (1970)
11. S.D. Protopopescu et al., Phys. Rev. D7, 1279 (1973)

Подрисуночные подписи

Рис.1. Распределение числа событий по эффективной массе

$\pi^+\pi^-$ -системы: а - баз ограничений по t ,
б - $|t| \leq 1$, в - $|t| \leq 0,3$ (Гэв/с) 2

Кривые представляют собой распределения, рассчитанные по модели OPER; сплошная кривая соответствует фазам Оха и др.; б) штрих-пунктирная-Кэрролла и др.[10].

Рис.2. Распределение числа событий по эффективной массе

$n\pi^+$ -системы. Ограничения по t и обозначения кривых те же, что и на рис.1.

Рис.3. Распределение числа событий по эффективной массе

$n\pi^-$ -системы. Ограничения по t и обозначения кривой те же, что и на рис.1.

Рис.4. Распределение числа событий по квадрату переданного 4-импульса от нуклона к нуклону ($\frac{dN}{dt}$):

а - всего канала, б - область масс ρ^0 -мезона ($0,7 \leq m_{\pi\pi} \leq 0,9$), в - область масс f^0 -мезона ($1,14 \leq m_{\pi\pi} \leq 1,42$ Гэв/с 2). Обозначение кривых те же, что и на рис.1.

Рис.5. Распределения числа событий по косинусу полярного

угла вылета вторичного π^- -мезона в системе

Готтфрида-Джексона: а, г - всего канала; б, д -

область масс ρ^0 -мезона; в, е - область масс

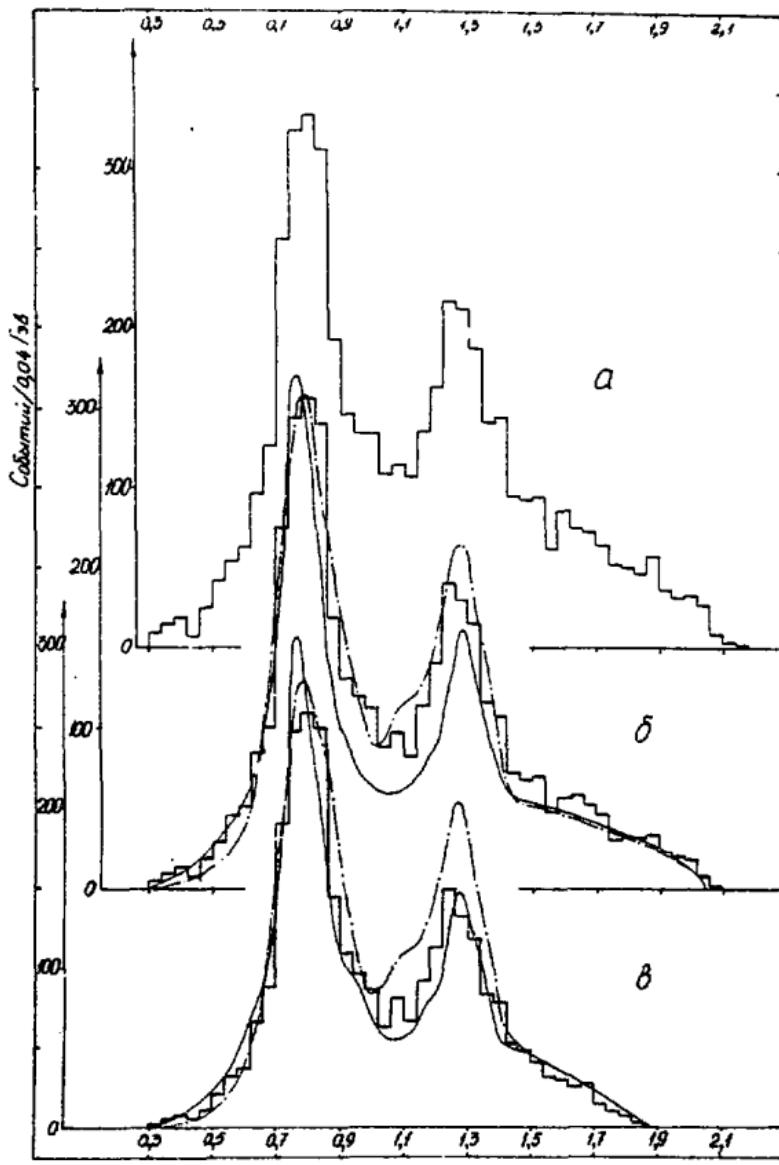
f^0 -мезона с $|t| \leq 1,0$ и $|t| \leq 0,3$ (Гэв/с) 2

соответственно. Обозначение кривых те же, что и на рис.1.

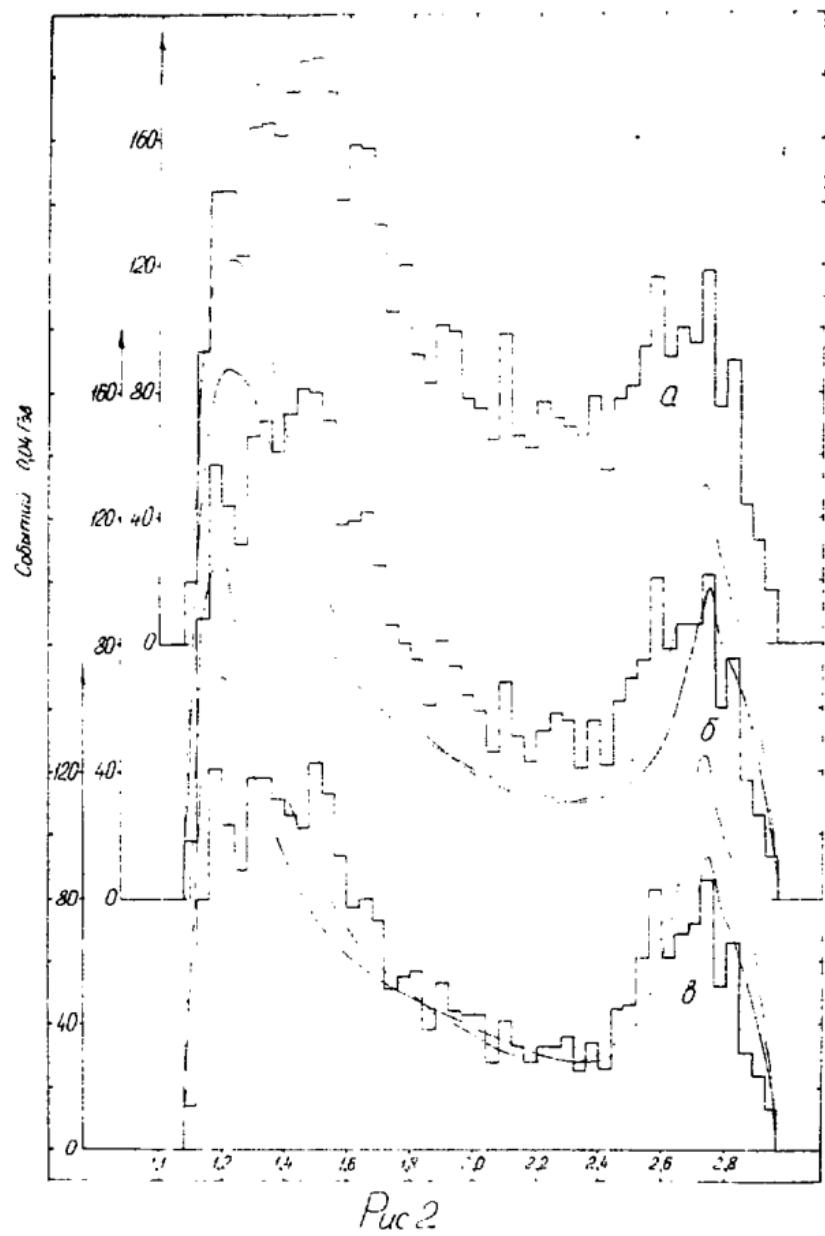
Рис.6. Распределения числа событий по азимутальному углу

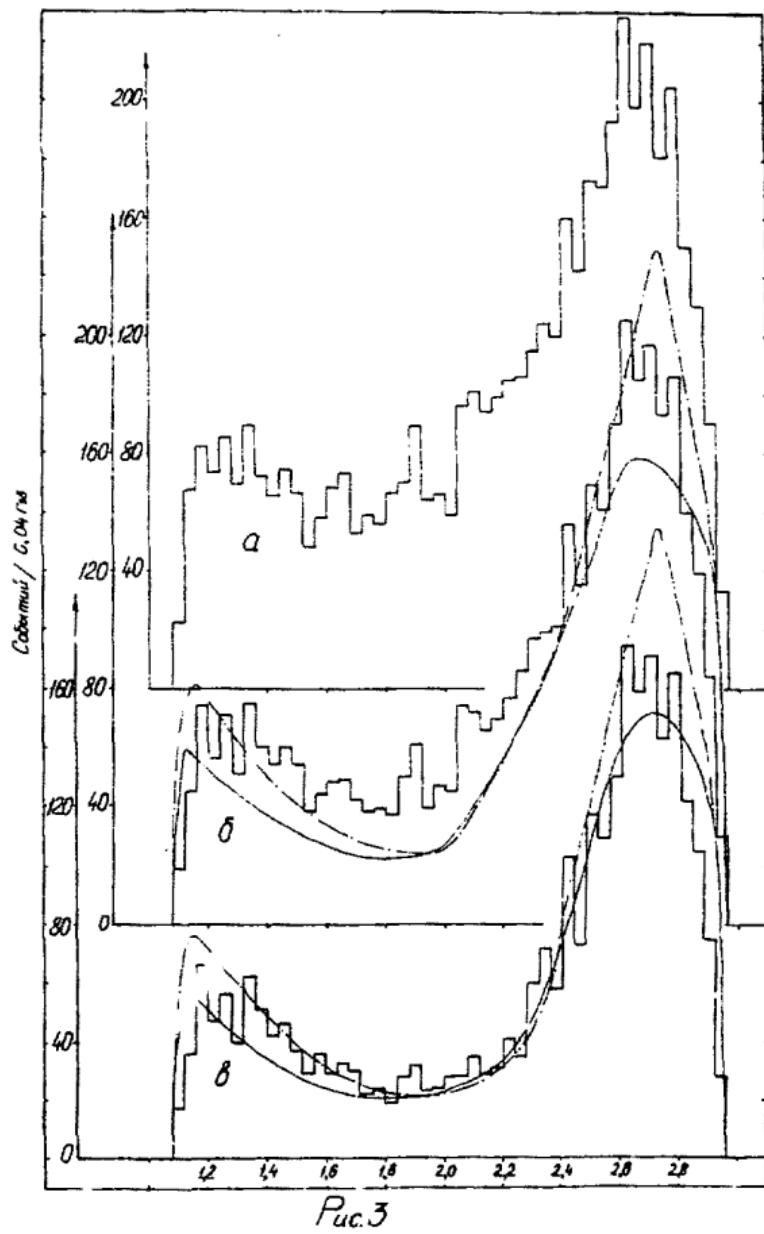
φ (углу Трэйнен-Нигэ). Последовательность распре-

делении и обозначение кривых те же, что и на рис.5.

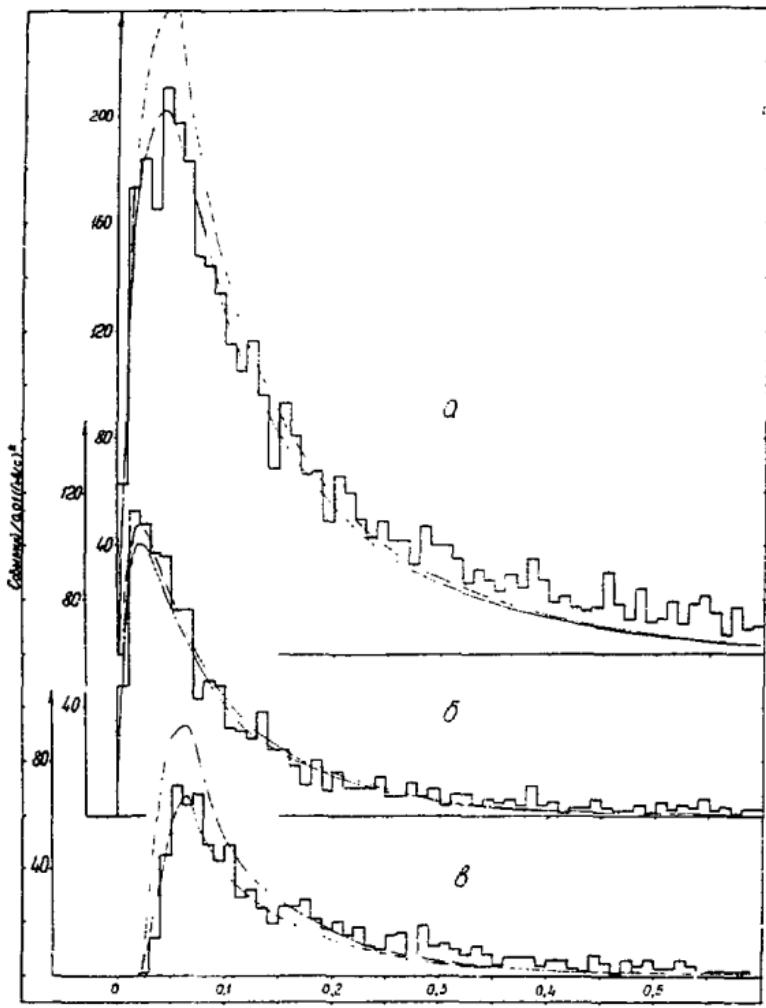


$Puc1$

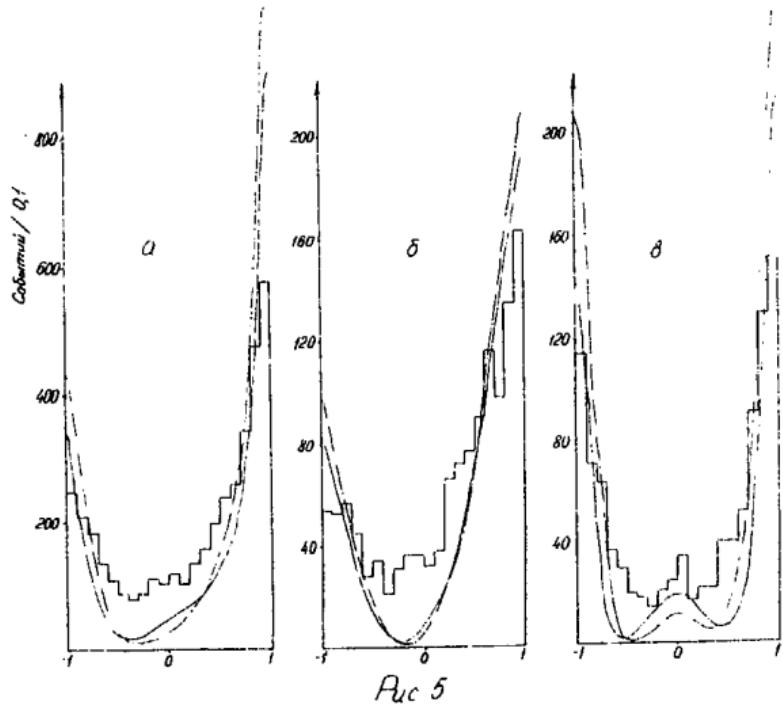


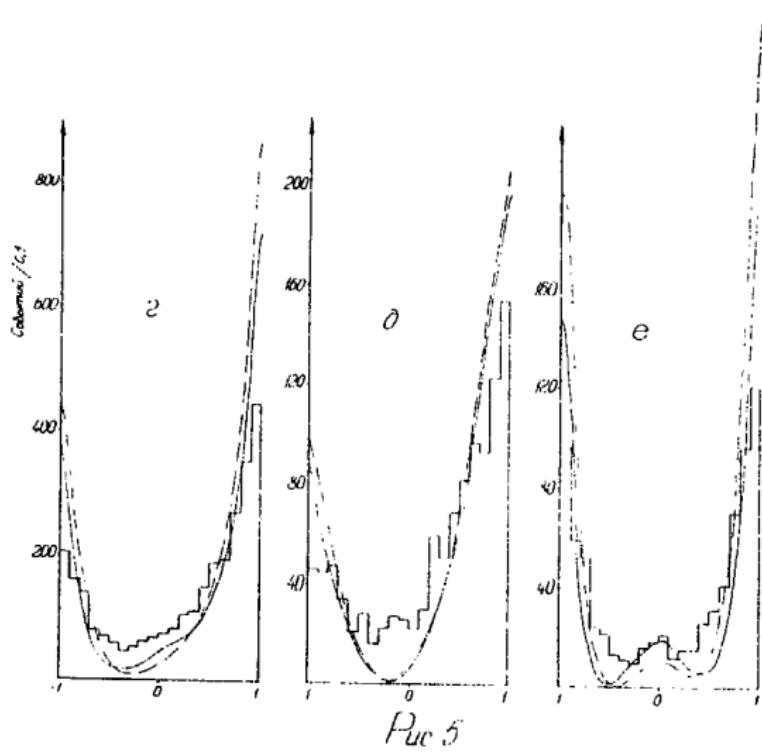


Puc.3



Puc 4





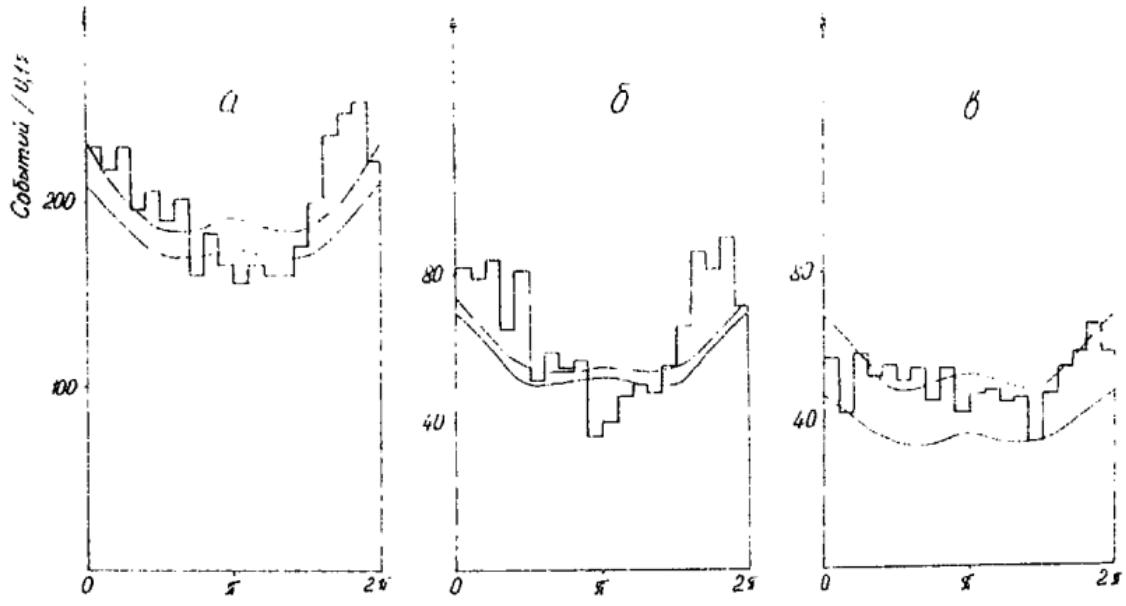


Рис. 6

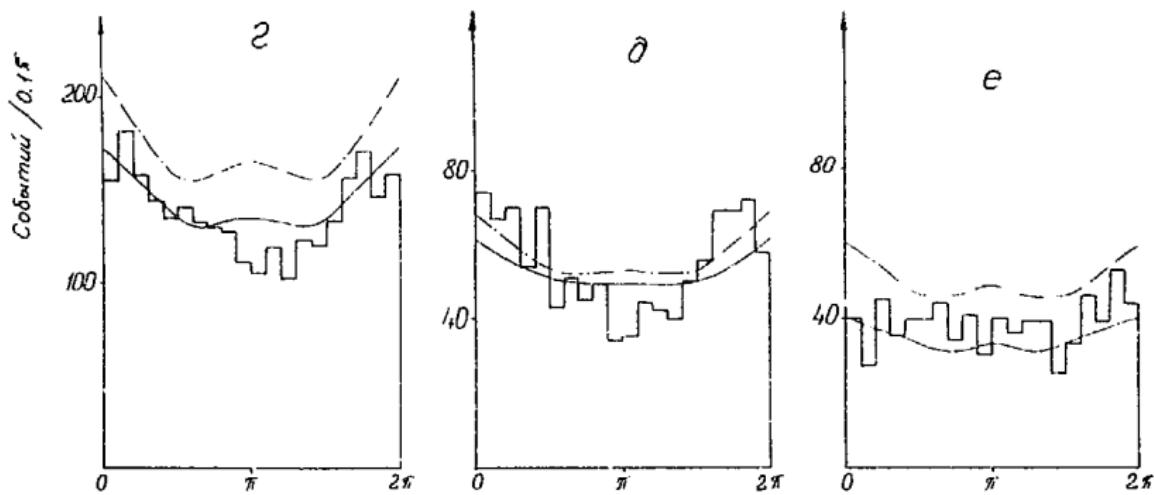


Рис. 6

Подписано к печати 24/УШ-73 г. Т - I2659. Печ. л. I,25.
формат 70 x 108 I/16. Тираж 300 экз. Заказ 69. Цена 7 коп.
Отдел научно-технической информации, ИТЭ4, Москва, II7259

Цена 7 коп.