

8
А-79

820

73



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Б.А. Арбузов, Е.Н. Кладнишкая, В.Н. Пенев, Р.Н. Фаустов

Д-820

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ Λ -ГИПЕРОНОВ
И K_1^0 -МЕЗОНОВ НА ВОДОРОДЕ

ЖЭТФ, 1962, т 42, в. 4, с 979.

Б.А. Арбузов, Е.Н. Кладмицкая, В.Н. Пенев, Р.Н. Фаустов

Д-820

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ Λ -ГИПЕРОНОВ
И K_1^0 -МЕЗОНОВ НА ВОДОРОДЕ

1269/4 38

Ученый секретариат
Института физики
Сибирского отделения
Академии наук СССР

Исследовалось упругое рассеяние Λ -гиперонов и K_1^0 -мезонов. На основе обнаруженных 20 случаев реакции $\Lambda + p \rightarrow \Lambda + p$ и 18 случаев реакции $K_1^0 + p \rightarrow K_1^0 + p$ оценены сечения упругого рассеяния. Представлены угловые и импульсные распределения рассеявшихся частиц. Экспериментальные данные по рассеянию Λ -гиперонов, имеющих импульсы в интервале от 500 до 1500 Мэв/сравниваются с теоретическими расчетами.

В в е д е н и е

Λ - гиперон-нуклонному рассеянию до сих пор посвящена только одна экспериментальная работа^{/1/}, в которой приведены данные по двум случаям неупругого и четырем случаям упругого рассеяния.

В настоящей работе предпринята попытка исследовать упругое рассеяние Λ -гиперонов и K_1^0 -мезонов на протонах. Использовались Λ и K_1^0 -частицы, родившиеся при взаимодействии 7 - 8 Бэв/с π^- -мезонов с водородом и углеродом в пузырьковой пропановой камере^{/2/}, помещенной в постоянное магнитное поле напряженностью 13700 эрстед.

Просмотр и отбор событий.

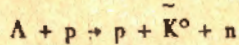
Было просмотрено 70000 фотографий. Все фотографии просматривались дважды, причем один раз - только на предмет отыскания случаев упругого рассеяния Λ и K_1^0 - частиц. Эффективность нахождения нужных событий оказалась равной 81%. После обработки результатов измерений отобрано 20 случаев, удовлетворяющих кинематике упругого Λ -p-рассеяния и 16 случаев, удовлетворяющих кинематике упругого K_1^0 -p-рассеяния^{х)} (рис. 1). Проведена оценка вклада реакций, которые при определенных условиях могут имитировать упругое рассеяние Λ и K_1^0 -частиц (фоновые реакции). Например, фоновыми могут быть реакции:



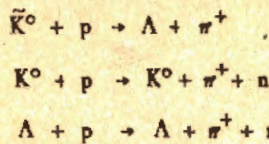
когда Λ - частица распадается в камере, K^+ - нельзя отличить от протона, а нейтральные частицы K^0 , n уносят малую энергию (K^0 распадается вне камеры). Принимая, что сечение генерации странных частиц в n -p-взаимодействиях не превышает 0,2 мбари^{/3/}, получено, что реакций типа (1) должно наблюдаться не более 10 случаев на 70 000 фотографий. Импульсные спектры нейтронов и K^0 -мезонов от реакции (1), рассчитанные по статистической теории, имеют такой вид, что только 2% всех случаев Λ -p-рассеяния могут быть примесью от реакции (1).

Примесью реакции

^{х)} Все рассеявшиеся Λ -гипероны и K_1^0 -мезоны родились в камере. Найдено 8 случаев рассеяния Λ -гиперонов и 5 случаев рассеяния K_1^0 -мезонов, родившихся вне камеры. Эти случаи нанесены на графиках пунктиром.



можно пренебречь, если иметь в виду большую пороговую энергию Λ -частиц, необходимую для этой реакции, а также спектр нейтронов после реакции. Частицы отдачи в отобранных событиях упругого рассеяния в основном получают импульсы величиною меньше 1 Бэв/с и надежно идентифицированы как протоны. Поэтому реакции типа



не могут быть фоновыми по отношению к исследуемым процессам. Кинематика реакции $\bar{K}^0 + (np) \rightarrow \Lambda + p$ сильно отличается от кинематики упругого рассеяния, следовательно, эта реакция также не будет фоновой.

Была рассчитана вероятность случайного появления комбинации частиц, имитирующих упругое $\Lambda - p$ или $K_1^0 - p$ -рассеяние. Она оказалась равной $1,2 \cdot 10^{-9}$ на кадр. Для случаев упругого рассеяния Λ и K_1^0 -частиц, родившихся вне камеры, эта вероятность значительно больше и равна $1,6 \cdot 10^{-5}$, т.е. 1-2 случая из событий, идентифицированных как упругое рассеяние Λ и K_1^0 -частиц, не имеющих точки рождения в камере, являются фоновыми. Было построено интегральное распределение Λ -гиперонов по их времени пролета после рассеяния (рис. 2). Оно указывает на то, что существенных систематических пропусков событий нет.

Сечения. Угловые распределения.

Для определения потока Λ и K_1^0 -частиц использованы сечения рождения странных частиц в $\pi^- - p$ взаимодействиях^{/4/}. Λ -гипероны и K_1^0 -мезоны, распадающиеся по нейтральным каналам, а также K_2^0 -частицы не учитывались. Сечение рождения Λ и K^0 на углероде взято пропорциональным $A^{2/3}$, что хорошо согласуется с нашими предварительными результатами для сечения образования Λ -гиперонов на углероде.

Число случаев упругого $\Lambda - p$ и $K_1^0 - p$ -рассеяния было определено с учетом поправки на вероятность регистрации Λ и K_1^0 -частиц после рассеяния в эффективной области камеры и эффективность просмотра. Систематический про-

пуск случаев с медленными (< 150 Мэв/с) протонами отдачи ограничивает регистрацию случаев рассеяния на малые углы /меньше 18° для Λ -гиперонов и 12° для K_1^0 -мезонов в СЦМ для среднего импульса налетающей частицы в 1 Бэв/с/.

Оценка числа случаев рассеяния Λ -гиперонов и K_1^0 -мезонов на квазисвободных протонах углерода была проведена таким же путем как в работе ^{15/}, посвященной изучению упругого рассеяния Σ^+ -гиперонов на водороде в пропановой пузырьковой камере. Ошибка в угле рассеяния Λ -гиперонов в нашем случае составляет $1,5^\circ$, ошибка в угле рассеяния K_1^0 - 1° и, следовательно, примесь от Λ - (p) рассеяния составляет 10% от всех случаев упругого Λ - p рассеяния, а K_1^0 - (p) рассеяние - 7% от случаев упругого K_1^0 - p - рассеяния.

С учетом указанных поправок сечения упругого рассеяния Λ и K_1^0 -частиц на водороде, усредненные по всему импульсному спектру, равны:

$$\sigma(\Lambda + p \rightarrow \Lambda + p) = 36 \pm 14 / \text{мбарн}$$

$$\sigma(K_1^0 + p \rightarrow K_1^0 + p) = 22 \pm 9 / \text{мбарн.}$$

Используя распределение по импульсам Λ -частиц, рожденных в π^- - p -взаимодействиях (рис. 3а), а также полученные в нашей группе предварительные данные по рождению Λ -гиперонов в π^- - C -взаимодействиях, можно оценить сечения упругого рассеяния Λ -частиц, усредненные по меньшим интервалам импульсов рассеивающихся частиц:

$\sigma_1 = 42 \pm 16 / \text{мбарн}$ - интервал от 0,4 до 1,5 Бэв/с со средним импульсом в 1 Бэв/с;

$\sigma_2 = 30 \pm 15 / \text{мбарн}$ - интервал от 1,5 до 2,5 Бэв/с со средним импульсом 2 Бэв/с.

Угловые распределения Λ -гиперонов и K_1^0 -мезонов в СЦМ показаны на рис. 4. Как видно, K_1^0 -мезоны образуют резкий максимум в рассеянии вперед (рис. 4б). В угловом распределении Λ -гиперонов преобладают Λ -частицы, вылетевшие назад (рис. 4а). При ограничении импульса рассеивающихся Λ -гиперонов со стороны больших значений распределение становится более анизотропным: из 16 гиперонов, имеющих импульсы в лабораторной системе меньше 1500 Мэв/с, 13 после рассеяния летят назад и 3 - вперед (рис. 4а, в, г). Эти величины приведены без поправок на эффективность регистрации.

Обсуждение

В упругое Λ - p -рассеяние могут давать вклад π -мезонные и K -мезонные силы. Как π -мезонный полюс, так и обмен двумя π -мезонами в резонансном состоянии с $T=1$, $J=1$ в этом случае отсутствуют. В работе^{/6/} рассматривалось упругое Λ - p рассеяние с обменом π -мезонами. Используя гипотезу "глобальной" симметрии для Λ -частиц с энергией до 270 Мэв, авторы получали полное сечение 30-40 мбарн и угловое распределение с преимущественным рассеянием Λ -гиперонов вперед. Таким образом, даже при наличии потерь части случаев Λ - p рассеяния на малые углы (до 18° в с.ц.м.), угловое распределение Λ -гиперонов в с.ц.м., полученное на основе гипотезы об обмене π -мезонами между Λ -частицей и протоном в процессе упругого рассеяния, не согласуется с экспериментальным распределением.

Поскольку при импульсах Λ -гиперонов меньше 1,5 Бэв/с величины передаваемых импульсов от протона Λ -гиперону в основном малы (до 800 Мэв/с), то естественно рассмотреть модель периферических взаимодействий с обменом странной частицей с $T=1/2$ (рис. 5). На важность учета такого обмена указывают также эксперименты по рассеянию Σ на протонах^{/5/}. Рассмотрим вклад в упругое рассеяние Λ -гиперонов, обусловленный обменом K - и K' -мезоном^{/7/} для различных значений четностей и спинов этих частиц. Были произведены расчеты таких взаимодействий для Λ -гиперонов с импульсом 1 Бэв/с в лабораторной системе. В случае псевдоскалярного K -мезона угловое распределение в с.ц.м., как показывают расчеты, должно быть асимметричным: большая часть гиперонов должна вылетать вперед. Полное сечение получается равным $\sigma = 0,1 \left(\frac{g_p^2}{4\pi}\right)^2$ мбарн.

При наличии обмена скалярным K -мезоном должна наблюдаться сильная асимметрия в угловом распределении Λ -гиперонов, с преимущественным вылетом их назад в СЦМ, а полное сечение упругого рассеяния Λ -гиперонов на протонах должно быть равным $\sigma = 24 \left(\frac{g_p^2}{4\pi}\right)^2$ мбарн. В этом случае и угловое распределение и полное сечение (считая константу связи $\frac{g_p^2}{4\pi} \sim 1$) согласуются с экспериментальными результатами, полученными в данной работе.

В случае обмена K' -частицей сечение имеет значительно более слабую угловую зависимость, что связано с большим значением массы K' -частицы^{/7/}. При этом сечения для случаев векторного и скалярного вариантов соответственно составляют:

$$\sigma_v = 7 \left(\frac{f_v^2}{4\pi} \right)^2 \text{ мбарн}$$

$$\sigma_s = 5 \left(\frac{f_s^2}{4\pi} \right)^2 \text{ мбарн.}$$

Оценки констант взаимодействия K' -частицы с нуклонами и Λ -гиперонами можно провести^{/8/}, используя данные по реакции $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$

$$\frac{f_v^2}{4\pi} = 0,3 \div 0,5 \quad \frac{f_s^2}{4\pi} = 5 \div 10.$$

При этих значениях констант величины полных сечений не согласуются с экспериментальными.

Таким образом, из рассмотренных вариантов лучше всего согласуется с экспериментальными результатами предположение об обмене скалярным K -мезоном в процессе рассеяния Λ -частиц на водороде. К аналогичному заключению пришли авторы работы^{/9/}, анализируя процесс $\pi + N \rightarrow \Lambda + K + \pi$. Однако, эта гипотеза находится в противоречии с экспериментами, в которых K -мезон, по-видимому, ведет себя как псевдоскалярная частица^{/10/}. Это противоречие можно снять, если предположить несохранение четности в $\Lambda N K$ -взаимодействии, т.е. взять в этом взаимодействии смесь скаляра и псевдоскаляра. Подобная гипотеза рассматривалась в работе^{/11/}. Для согласия с экспериментом при условии, что обмен идет через псевдоскалярный K -мезон, нужно предположить, что имеется большой вклад от неполюсных диаграмм.

При больших импульсах Λ -гиперонов (например, больше 1,5 Бэв/с) (рис. 4г), рассеянные Λ -гипероны с большей вероятностью летят вперед. Это явление можно объяснить, если принять во внимание дифракционное рассеяние, которое должно играть существенную роль при высоких энергиях и давать малый вклад в области, где отсутствуют неупругие процессы.

Ввиду небольшой статистики и широкого интервала энергий Λ -гиперонов, испытывающих рассеяние, вышеприведенные соображения относительно теоретической интерпретации экспериментальных данных по упругому $\Lambda - p$ -рассеянию носят лишь иллюстративный характер.

В заключение авторы выражают благодарность академику В.И.Векслеру за постоянный интерес к работе и плодотворные обсуждения, Н.М.Вирясову, И.Врана, Ким Хи Ин, А.А.Кузнецову, А.К.Михул, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитину, М.И.Соловьеву за помощь в отборе событий и обсуждение результатов, группе лаборантов за проведение необходимых измерений и сотрудникам вычислительного центра за проведение вычислений на электронно-счетных машинах.

Л и т е р а т у р а

1. F.S.Grawford, Jr. M.Cresti, M.L.Good, F.T.Solmitz, M.L.Stevenson and H.K.Ticho. *Phys. Rev. Lett.*, 2, 174 (1959).
2. Ван Ган-чан, М.И.Соловьев, Ю.Н.Шкобин. ПТЭ, № 1, 41 (1959).
3. R.J.Louttit, T.W.Morris, D.C.Rahn, R.R.Rau, A.M.Thorndike, W.J.Willis and R.M.Lea. *Phys. Rev.*, 123.4 (1961).
4. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, В.И.Векслер, И.Врана, Дин Да-цао, В.Г.Иванов, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Соловьев, Чен Лин-янь. ЖЭТФ, 40, 484 (1961).
5. F.R.Stannard. *Phys. Rev.*, 121, 1513 (1961).
6. J.J. de Swart and C.Dullemond VVO - 9746 preprint
7. M.Alston, L.W.Alvarez, P.Eberhard, M.L.Good, W.Graziano, H.K.Ticho and S.G.Wojcicki. *Phys. Rev. Lett.*, 6, 300 (1961).
8. Chia - Чва Chan. *Phys. Rev. Lett.*, 6, 383 (1961).
9. Я.Я.Шаламов, В.А.Шебаинов, А.Ф.Грашин. ЖЭТФ, 40, 1302 (1961).
10. G.Puppi. Proc. of the 1960 Annual Int. Conf. on High Energy Phys. at Rochester (NY 1960), p. 419.
11. D.I.Blokhintsev, Wang Jung. *Nucl. Phys.*, 22, 410 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
24 октября 1961 года.

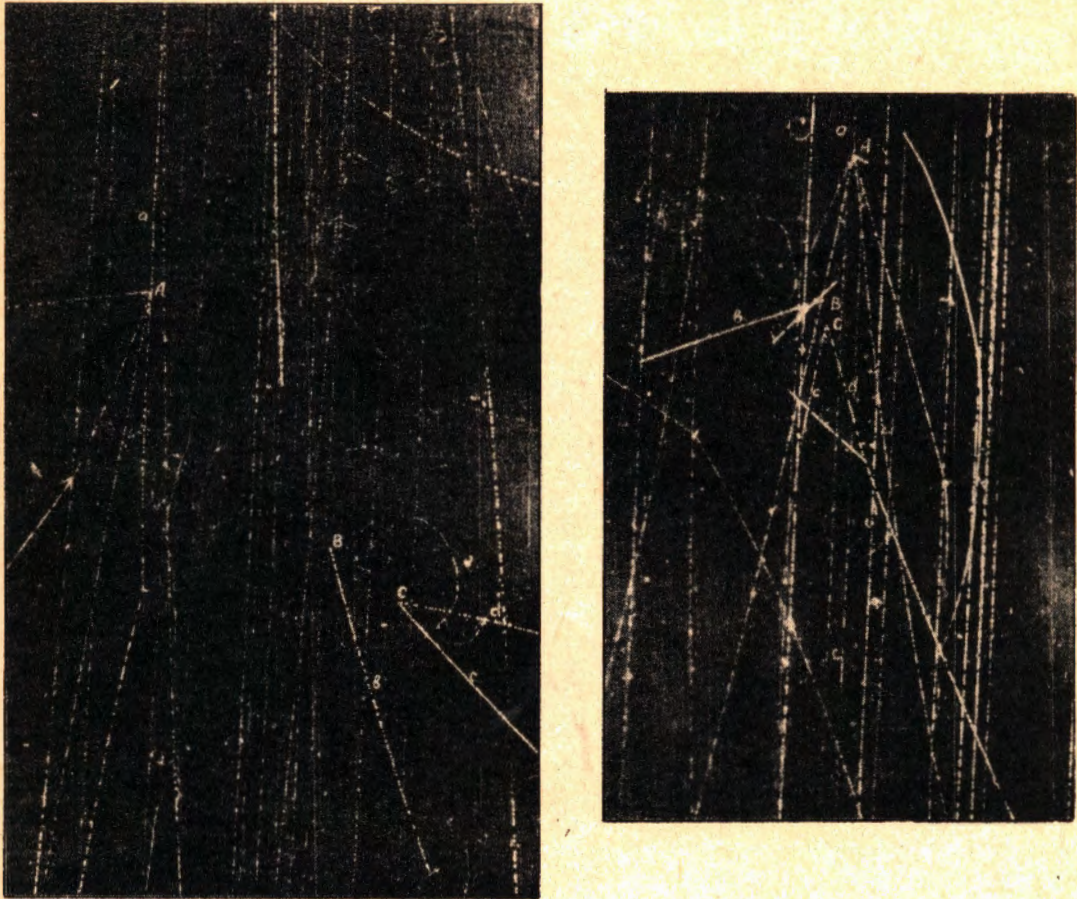


Рис. 1а, б. Примеры случаев упругого рассеяния а) Λ - гиперонов, б) K_1^0 -мезонов на протонах. В точке "А" рождаются Λ или K_1^0 -частицы; в точке "В" происходит их столкновение с протонами "в"; в точке "С" Λ или K_1^0 -частицы распадаются.

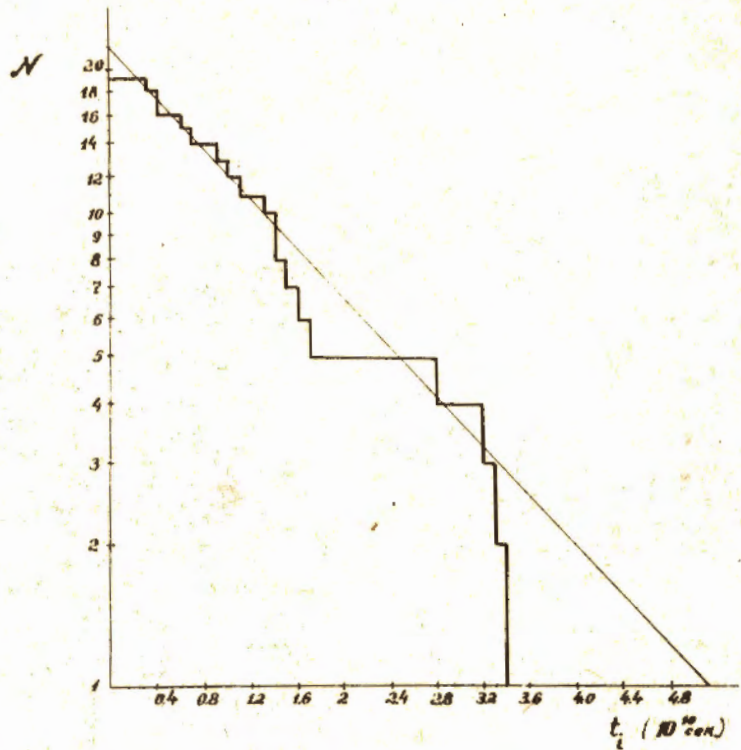


Рис. 2. Интегральное распределение Λ -гиперонов, рассеявшихся на протонах, по их временам пролета.

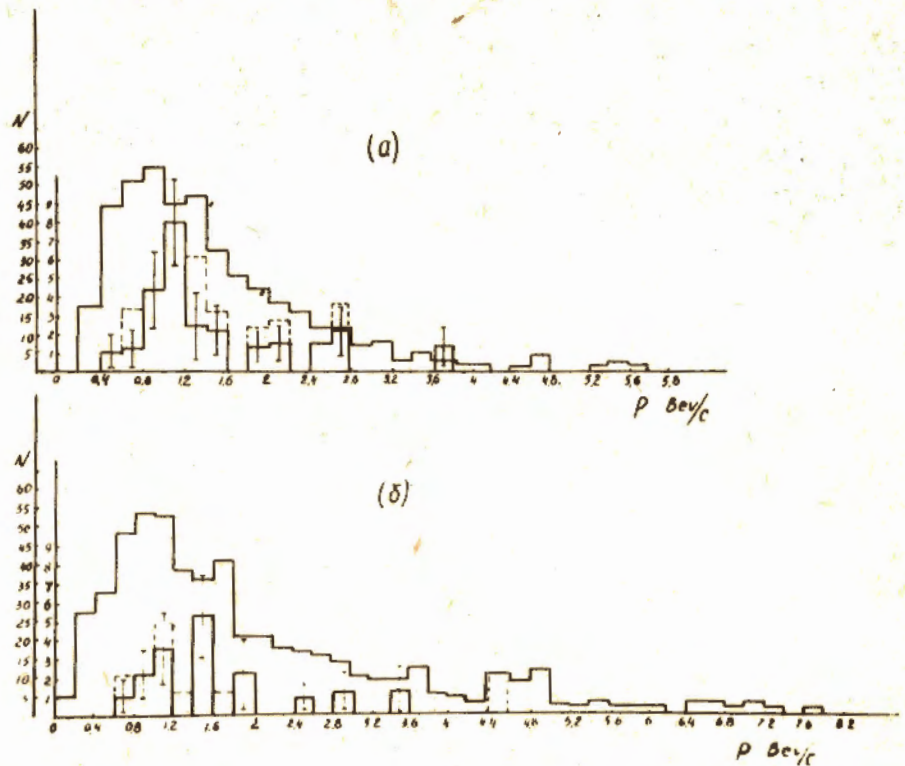


Рис. 3. Импульсные распределения в лабораторной системе случаев упругого а) Λ - p б) K^0 - p -рассеяния. Огибающие гистограммы представляют собою импульсные распределения а) Λ -гиперонов и б) K^0 -мезонов, рожденных в π^- - p -соударениях.

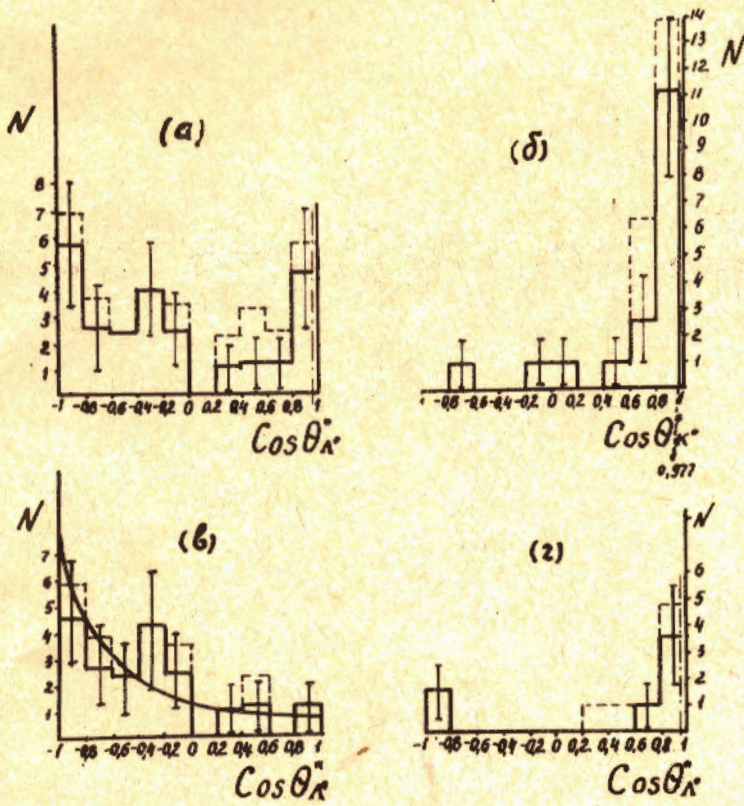


Рис. 4. Угловые распределения в СЦМ а) Λ -гиперонов, рассеявшихся на протонах, б) K_1^0 -мезонов; в) Λ -гиперонов, имеющих импульсы до рассеяния в интервале от 0,5 до 1,5 Бэв/с; г) Λ -гиперонов, имеющих импульсы до рассеяния больше 1,5 Бэв/с. На рис. в) нанесена теоретическая кривая, полученная на основе модели периферических соударений с обменом скалярной K -частичей.

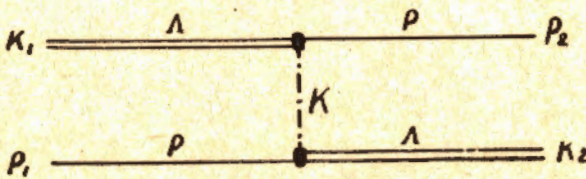


Рис 5.