

С 344.1 + С 346

Б-232

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Б.П. Банник

3137

МЕТОД УСКОРЕННОГО ПРОСМОТРА ФОТОЭМУЛЬСИЙ
И НЕКОТОРЫЕ ПОСТАВЛЕННЫЕ С ЕГО ПОМОЩЬЮ
ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ЯДЕРНОМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ
ПРОТОНОВ И π^- -МЕЗОНОВ ПРИ ЭНЕРГИИ В НЕСКОЛЬКО ГЭВ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1967

3137

Б.П. Банник

4268 Sp.
МЕТОД УСКОРЕННОГО ПРОСМОТРА ФОТОЭМУЛЬСИЙ
И НЕКОТОРЫЕ ПОСТАВЛЕННЫЕ С ЕГО ПОМОЩЬЮ
ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ЯДЕРНОМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ
ПРОТОНОВ И π^+ -МЕЗОНОВ ПРИ ЭНЕРГИИ В НЕСКОЛЬКО ГЭВ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В основу диссертации положен цикл работ, выполненных на протяжении нескольких лет, начиная с 1958 года. Предметом изучения являлось упругое и неупругое взаимодействия ядерных частиц. Опыты по упругому и неупругому взаимодействиям при высоких энергиях, будучи связанными с основными вопросами физики элементарных частиц, представляют большой интерес и неизменно занимают важное место в ряду других экспериментальных работ.

Эксперименты были выполнены с помощью двух методик: фотоэмульсионной и камерной. Общей характерной чертой сделанных работ является применение специально разработанного метода поиска изучаемых случаев взаимодействия — метода ускоренного просмотра. В настоящее время этот метод, как и вся фотоэмульсионная методика вообще, имеет узкую область применения. В свое время, однако, когда фотоэмульсионная методика имела широкое распространение, метод находил успешное применение во многих лабораториях. В ряде работ он послужил важной составной частью методики в опытах по упругому и неупругому взаимодействиям частиц высоких энергий с ядрами фотоэмульсии.

Эксперименты, описанные в диссертации, в основном затрагивали актуальные вопросы физики элементарных частиц и дали новые результаты. Некоторые из работ (упругое рассеяние протонов на ядрах) оказались одними из первых, предшествовавших целой серии интересных экспериментов, выполненных в различных лабораториях с целью изучения реальной части амплитуды рассеяния.

Результаты работ, положенных в основу диссертации, были опубликованы в статьях ^{/1-8/} и докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий (Женева 1958 г. и Рочестер 1960 г.) и на международном совещании по ядерной фотографии (Москва 1960 г.).

Диссертация состоит из четырех глав и приложения.

В главе 1 рассматривается метод ускоренного просмотра фотоэмульсий /1/. Метод предназначен для поиска различного рода событий на следах быстрых частиц с относительно небольшим угловым разбросом.

Идея метода состоит в том, что задача поиска случаев взаимодействий сводится к обнаружению изломов или исчезновений следов первичных частиц. Поиск изломов или исчезновений производится относительно легко при быстром визуальном просмотре следов, выставленных приблизительно параллельно направляющей столика микроскопа.

При обычном просмотре фотоэмульсий /"вдоль следа"/ скорость просмотра достигала 0,5-1 м/день. Метод ускоренного просмотра позволяет вести просмотр со скоростью 5-8 м/день и регистрировать на следах отклонения от прямолинейности порядка $0,1^{\circ}$ - $0,2^{\circ}$. Соответствующие оценки показали, что эффективность просмотра при этом близка к 100%.

Ускоренный просмотр, вообще говоря, не требует каких-либо дополнительных приспособлений или приборов кроме тех, которые обычно применяются в стандартной микроскопной технике. Однако, если использовать приспособление, автоматически перемещающее столик микроскопа, можно довести скорость просмотра до 8 м/день.

В главе II дано описание экспериментов по упругому рассеянию протонов на ядрах фотоэмульсии при энергии 9 Гэв ^{2;3/}.

К началу постановки данных экспериментов в других лабораториях уже было измерено упругое pp -рассеяние при энергиях от 1,5 до 6,2 Гэв. Обнаружилась дифракционная картина рассеяния. Большинство экспериментальных угловых распределений в интервале малых углов хорошо согласовалось с оптической моделью чисто поглощающего диска. В то же время в некоторых работах приводились указания на существование в процессе pp -столкновения потенциального рассеяния.

В процессе изучения упругого рассеяния частиц высокой энергии приходится сталкиваться с известными методическими трудностями, связанными с малостью углов рассеяния. При существовавшем состоянии экспериментальной техники соответствующие измерения представляли очень сложную задачу. Учитывая эту ситуацию, казалось интересным провести исследование упругого рассеяния протонов на ядрах фотоэмульсии, поскольку фотоэмульсионная методика позволяла проводить измерения достаточно малых углов. Кроме того при высоких энергиях,

достижимых на ускорителе ОИЯИ, улучшались условия применимости оптической модели. Это позволяло надеяться на ее успешное применение с целью получить данные об амплитуде рассеяния протона на нуклоне.

Следует отметить также, что опыты по рассеянию на ядрах обладают определенным преимуществом по сравнению с опытами по нуклон-нуклонному рассеянию. В последнем случае приходится учитывать спиновую зависимость взаимодействия, в то время как в опытах по рассеянию протонов на ядрах фотоэмульсии можно пренебречь спиновой структурой взаимодействия. Это упрощает анализ результатов.

В работе использовались 3 эмульсионные камеры, облученные внутренним пучком протонов с энергией 9 Гэв на синхрофазотроне ОИЯИ.

Были проделаны предварительные эксперименты^{/2/} с целью установить возможности разрабатываемой методики и выбрать способ измерения углового распределения. Применялись 2 способа измерений. Первый способ – сравнение угловых распределений пучка частиц на разных расстояниях от места входа пучка в эмульсионную камеру. Второй способ – измерение углов рассеяния в предварительно найденных случаях упругих взаимодействий. Второй способ оказался более чувствительным.

Измеренное угловое распределение сравнивалось с рассчитанными по оптической модели. Обнаружилось расхождение с расчетом, выполненным в предположении чисто мнимой амплитуды рассеяния. Хорошее согласие было получено при амплитуде рассеяния, имеющей вещественную часть.

Предполагая однородное распределение ядерного вещества, можно было вычислить эффективный потенциал взаимодействия нуклона с ядром $V \approx 30$ Мэв.

Статистика эксперимента, к сожалению, была невелика (62 случая). Кроме того при расчете не учитывалось влияние кулоновского рассеяния. С целью уточнить полученные результаты были предприняты дальнейшие измерения^{/3/}.

Случаи упругих взаимодействий ищались методом ускоренного просмотра фотоэмульсий. Регистрировалось каждое упругое рассеяние с проекцией ϕ угла рассеяния на плоскость эмульсии приблизительно от $0,1^\circ$ и выше. Ошибка измерения угла ϕ составляла $\Delta\phi = 0,04^\circ$.

Всего был найден 201 случай рассеяния с углом ϕ в интервале $0,2^\circ < \phi < 2,0^\circ$. Вместе с ранее найденными случаями полное число составило

263 случая. Угловое распределение представлено в виде гистограммы на рис. 1. Здесь же приведены кривые, рассчитанные по оптической модели с учетом интерференции кулоновского и ядерного рассеяния. Оптическая модель позволяет связать амплитуду рассеяния на ядре с амплитудой нуклон-нуклонного рассеяния под 0° (вперед). Расчеты проводились в предположении, что в лабораторной системе координат реальная часть амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния вперед была равна

$$\operatorname{Re} f_{NN}(0^\circ) = 0; +14,4 f; -14,4 f.$$

Ошибки в рассчитанных сечениях были порядка 5% в области малых углов ϕ .

Сравнение экспериментальной гистограммы с теоретическими кривыми по критерию χ^2 показало, что экспериментальные точки согласуются с теоретической кривой для $\operatorname{Re} f_{NN}(0^\circ) = +14,4 f$ с вероятностью 0,3, для $\operatorname{Re} f_{NN}(0^\circ) = 0$ с вероятностью 0,001 и для $\operatorname{Re} f_{NN}(0^\circ) = -14,4 f$ - с вероятностью $\ll 0,001$. Полученные данные указывают на существование реальной части амплитуды рассеяния. Можно видеть, кроме того, что большие отрицательные значения реальной части ($\leq -14,4 f$) исключаются. Статистические ошибки, а также неопределенность в рассчитанных кривых, не позволяют сделать более точные выводы о величине $\operatorname{Re} f_{NN}(0^\circ)$ или хотя бы о ее знаке.

Глава III посвящена упругому рассеянию π^- -мезонов с импульсом 6,8 Гэв/с на ядрах углерода^{14/}. Данный эксперимент был поставлен с целью проверить одно из хорошо известных предсказаний метода движущихся полюсов, так называемое сужение дифракционного конуса. Сужение было подтверждено при измерении упругого pp -рассеяния. Интересно было хотя бы качественно проверить поведение амплитуды рассеяния для π^- -мезонов, так как, согласно методу движущихся полюсов, оно не должно зависеть от типа частицы. Кроме того, в данном эксперименте желательно было получить сведения о реальной части амплитуды упругого рассеяния под углом 0° . Оценке ее величины было посвящено несколько работ, выполненных при больших энергиях в других лабораториях. В результате обычно получали небольшую величину и приходили к выводу, что при энергии π^- -мезонов $\gg 1$ Гэв вклад реальной части в дифференциальное сечение под углом 0° ничтожно мал.

Работа проводилась с помощью 24-литровой пропановой пузырьковой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, облученной пучком π^- -мезоном с импульсом $6,8 \pm 0,6$ Гэв/с. Методика обработки камерных снимков была во многом схожа с измерениями в фотоэмульсии и показывает возможности метода ускоренного просмотра фотоэмульсий в применении к обработке камерных снимков.

Поиск случаев рассеяния и измерения производились на просмотрном микроскопе МБИ-9. Применялся способ, аналогичный измерениям многократного рассеяния частиц в фотоэмульсии. Вторые разности давали угол рассеяния в проекции ϕ на плоскость наблюдения с точностью $0,09^\circ$.

Наличие различного рода искажений следов π^- -мезонов не позволило измерить угловое распределение в интервале углов ниже $0,5^\circ$.

Всего было измерено 3250 м следов π^- -мезонов. При этом было найдено 218 случаев рассеяния на угол $\phi \geq 0,5^\circ$. Экспериментальное дифференциальное сечение приведено на рис. 2. Кривые 1, 2, 3 представляют рассчитанные согласно формулам оптической модели дифференциальные сечения для значений реальной части амплитуды πN -рассеяния вперед $\text{Re } f_{\pi N}(0^\circ) = 5,0 \cdot 10^{-13}$ см; $-6,9 \cdot 10^{-13}$ см; 0. Применение критерия χ^2 показало, что экспериментальные точки согласуются с теоретическими кривыми 1; 2, 3 соответственно с вероятностями 0,05; 0,05; 0,02. С учетом неопределенности в рассчитанных кривых полученные результаты позволяют ограничить область значений $\text{Re } f_{\pi N}(0^\circ)$ пределами:

$$-6,9 \cdot 10^{-13} \text{ см} \leq \text{Re } f_{\pi N}(0^\circ) \leq +5,0 \cdot 10^{-13} \text{ см}.$$

На рис. 3 показано дифференциальное сечение $d\sigma/dq$ в зависимости от проекции q переданного импульса на плоскость наблюдения. Здесь же приводятся соответствующее сечение при импульсе π^- -мезонов 2,8 Гэв/с, полученное аналогичным способом ^{/4/}. Совпадение дифференциальных сечений показывает, что в пределах ошибок упругое рассеяние не зависит от первичного импульса и определяется переданным импульсом. Это означает, что оптические параметры πN -взаимодействия в области q от 60 до 200 Мэв/с не меняются с изменением первичной энергии.

Глава IV посвящена неупругим pp -взаимодействиям при энергиях 2,26 и 9,0 Гэв с малой передачей импульса ^{/5/}. Ряд вопросов неупругого pp -взаимодействия при высоких энергиях связан с концепцией периферических столкновений и, в частности, с интенсивным рождением изобары $3/2$, $3/2$.

В связи с этим представляло интерес получить экспериментальные сведения о рождении изобар в pp -столкновениях с малым переданным импульсом.

Эффективное сечение pp -столкновений с малым переданным импульсом составляет относительно небольшую часть от полного сечения. Для получения удовлетворительной статистики необходимо было просмотреть большое число следов протонов. Применение метода ускоренного просмотра существенно упростило эту задачу.

Для работы использовались 2 эмульсионные камеры, облученные протонами на синхрофазотроне ОИЯИ при энергиях 2,26 и 9,0 Гэв. Суммарный просмотренный пробег протонов составил 8249 м. Искались случаи неупругих взаимодействий первичных протонов - звезды. Звезды подвергались отбору по ряду признаков, свойственных pp -столкновениям. Поскольку предметом изучения являлись неупругие взаимодействия с малой передачей импульса, в дальнейшем рассматривались pp -столкновения, имеющие среди вторичных частиц достаточно медленный протон ($v < 750$ Мэв/с).

Были проделаны характерные для фотоэмульсионной методики измерения, чтобы провести идентификацию вторичных медленных частиц и определить энергию и угол испускания протонов.

Значительная часть фоновых взаимодействий была связана со звездами, имеющими в своем составе протон, появившийся при "испарении" остаточного ядра. В связи с этим было введено обрезание по пробегу медленного протона. Отбрасывались все звезды, имеющие в своем составе протоны с пробегом $R < 1$ мм (при 2,26 Гэв) и $R < 2$ мм (при 9,0 Гэв).

Были проделаны измерения блобов в звездах^{1/8/}. Под блобом понимали след, берущий начало в центре звезды, имеющий длину около 1 мк или меньше, принадлежащий частице, природа которой не могла быть точно установлена. Было показано, что блобы в звездах образуются в основном за счет ядер отдачи. Результаты измерений позволили установить определенный критерий отбора pp -взаимодействий и оценить возможные потери в их числе.

В результате измерений были выделены периферические pp -взаимодействия ($\Delta^2 < 24 \mu^2 = 0,47$ (Гэв/с²)) при энергиях 2,26 и 9,0 Гэв. Результаты отбора приведены в таблице 1. Сечения периферических взаимодействий при двух энергиях оказались с точностью экспериментальных ошибок примерно одинаковы, во

всяком случае до переданных импульсов, соответствующих кинетической энергии, равной ≈ 150 Мэв (то есть до $\Delta^2 \approx 14,3 \mu^2 = 0,28$ (Гэв/с)²).

Полученный материал был проанализирован с точки зрения простой изобарной модели. Применялись два способа обнаружения изобар в предположении, что в исследуемых случаях pp -взаимодействий всегда образуются изобары:

1. По величине импульса и углу вылета протона, измеренным в л.с.к., находилась недостающая масса изобары $M_{\text{нед}}$. При этом предполагалось, что протон является протоном отдачи, а остальные частицы появились при распаде изобары.

2. Строилось распределение случаев по величине M_x , подробно рассмотренной в работе /7/, в предположении, что протоны были испущены при распаде изобар. Величина M_x рассчитывалась по формуле:

$$M_x = \frac{E}{\frac{\epsilon_p}{\epsilon_{0p}} + \sqrt{\left(\frac{\epsilon_p}{\epsilon_{0p}}\right)^2 - 1}},$$

где E — полная энергия сталкивающихся протонов в с.ц.м., ϵ_p и ϵ_{0p} — энергия протона соответственно в с.ц.м. и в системе покоя изобары. Величина ϵ_{0p} была получена в предположении, что масса изобары равна 1238 Мэв. Энергия протона ϵ_p вычислялась по импульсу и углу вылета протона, измеренным в л.с.к. Приведенная формула в очень грубом приближении дает величину массы изобары.

Распределение величины M_x служило удобным средством обнаружения изобар при однократном рождении. В последнем случае в распределении M_x должен присутствовать четкий максимум, обусловленный невозбужденными протонами отдачи.

Экспериментальные распределения недостающей массы и величины M_x сравнивались с рассчитанными по изобарной модели Линденбаума и Штерихаймера /8/.

Для иллюстрации на рис. 4 в виде гистограммы показано экспериментальное распределение M_x , полученное при энергии 2,28 Гэв. Виден отчетливый максимум, обусловленный невозбужденными протонами отдачи. Распределение величины M_x , рассчитанное по изобарной модели для однократного рождения, приведено на рис. 4 в виде плавной кривой (1). Оно хорошо согласуется с гистограммой. Кривая (2) рассчитана для двукратного рождения. Можно видеть, что она может описать в лучшем случае небольшую часть экспериментальных данных.

Путем сравнения экспериментальных распределений с рассчитанными было установлено, что при энергии протонов 2,26 Гэв в pp -столкновении с малым переданным импульсом образуется главным образом одна изобара (с нуклоном отдачи). При 9 Гэв напротив - этот канал реакций сильно подавлен. В силу ряда причин нельзя было сделать столь же определенное заключение о двукратном рождении при 9 Гэв. Экспериментальные распределения $M_{\text{нед}}$ и M_x не противоречили предположению о том, что в значительной части случаев при энергии 9 Гэв имеет место двукратное рождение изобар. Однако оказалось необходимым учесть возможность того, что существенная часть звезд могла быть образована за счет иных (в том числе не изобарных) механизмов pp -взаимодействия.

Полученному результату не противоречит отношение числа двухлучевых звезд n_2 к числу четырехлучевых n_4 . Согласно изобарной модели, при однократном рождении вообще не должно быть четырехлучевых звезд. При двукратном рождении отношение $n_2/n_4 = 7/3$. На опыте было получено $n_2/n_4 = 9 \pm 3$ при 2,26 Гэв и $n_2/n_4 = 1,4 \pm 0,3$ при 9 Гэв. Согласие в общем удовлетворительное, хотя наблюдаемые отношения несколько отличаются от расчетных. Это легко можно объяснить, если предположить, что образование некоторой части четырехлучевых звезд происходило путем какого-то другого механизма pp -взаимодействия.

Приложение к диссертации содержит расчеты угловых распределений упругого рассеяния быстрых частиц на ядрах.

Основные результаты и выводы, полученные в диссертации.

1. Разработан метод ускоренного просмотра фотоэмульсий по следу. Метод обладает высокой эффективностью регистрации взаимодействий и позволяет вести просмотр следов со скоростью около 1 м в час. На следах быстрых частиц можно регистрировать отклонения от прямолинейности на углы порядка $0,1^\circ$.

2. Разработана методика измерений рассеяния частиц на малые углы (до $0,2^\circ$) в эмульсионной камере. Аналогичная методика была применена в пропановой пузырьковой камере для поиска и измерений случаев рассеяния частиц на углы больше $0,33^\circ$.

3. Изучены некоторые вопросы фотоэмульсионной методики, связанные со звездами, имеющими в своем составе блоб. Показано, что из числа таких звезд можно исключить основную часть случаев взаимодействий протонов с ядрами.

4. Результаты измерений упругого рассеяния в фотоэмульсии показали, что упругое рассеяние протонов на ядрах может быть успешно использовано для изучения структуры амплитуды рассеяния протонов на нуклонах.

5. Измерено угловое распределение упругого рассеяния протонов с энергией 9 Гэв на ядрах фотоэмульсии (в проекции на плоскость). Измерения проведены в интервале углов от $0,2$ до $1,7^\circ$.

Хорошее согласие экспериментального распределения и рассчитанного на основе оптической модели может быть получено только в том случае, если предположить, что реальная часть амплитуды рассеяния отлична от нуля.

Получена абсолютная величина эффективного потенциала взаимодействия протона с ядром $|V| \approx 30$ Мэв.

6. С помощью пропановой пузырьковой камеры измерено угловое распределение упругого рассеяния π^- -мезонов с импульсом 6,8 Гэв/с на ядрах углерода. Угловое распределение измерялось в проекции на плоскость наблюдения. Интервал измеренных углов: $0,5 - 1,8^\circ$.

Сравнение результатов измерений с результатами аналогичной работы при 2,8 Гэв/с показало, что в пределах ошибок данного эксперимента упругое рассеяние не зависит от первичного импульса и определяется переданным импульсом. Этот вывод был сделан для интервала переданных импульсов от 60 до 200 Мэв/с.

Анализ упругого рассеяния π^- -мезонов позволил ограничить область значений реальной части амплитуды π^-N -рассеяния вперед $\text{Re } f_{\pi^-N}(0^\circ)$ пределами:

$$-6,9 \cdot 10^{-13} \text{ см} \leq \text{Re } f_{\pi^-N}(0^\circ) \leq +5,0 \cdot 10^{-13} \text{ см}.$$

7. С помощью фотоэмульсий при энергиях 2,26 и 9 Гэв были выделены периферические неупругие pp -взаимодействия с квадратом переданного импульса $\Delta^2 < 24\mu^2 = 0,47$ (Гэв/с²). Сечения этих взаимодействий при указанных энергиях примерно равны. Обработка экспериментальных данных показала, что основным механизмом периферического pp -взаимодействия при энергии около 2 Гэв является образование одной изобары $T = J = \frac{3}{2}$ (с нуклоном отдачи). Сечение этой реакции падает с увеличением переданного импульса.

При энергии 9 Гэв наблюдается более сложная картина. Процесс образования одной изобары (с нуклоном отдачи) сильно подавлен. По-видимому, в значительной степени имеет место двукратное рождение изобар. Кроме того существенную роль играют другие (возможно не изобарные) механизмы pp -взаимодействия.

Т а б л и ц а 1^{х)}

Число лучей	2		4		6		2, 4, 6	
	впе- ред	назад	впе- ред	назад	впе- ред	назад	впе- ред	назад
9 Гэв								
Удовлетворяют всем критериям отбора:								
а) медленный протон остановился в эмульсии								
	-	-	-	-	-	-	148	18
б) полное число случаев								
	113	13	76	5	7	1	198	19
Не удовлетворяют критерию № 8 (случай с "блбом")								
	28	7	21	2	5	0	54	9
2,28 Гэв								
Удовлетворяют всем критериям отбора								
	129	-	15	-	-	-	144	-

х) Символ (-) обозначает отсутствие соответствующих данных.

Л и т е р а т у р а

1. Б.П. Банник, М.И. Подгорецкий. Препринт ОИЯИ Р-333, Дубна 1959; ПТЭ № 3, 38 (1960).
2. Б.П. Банник, В.Г. Гришин, М.Я. Даньш, В.Б. Любимов, М.И. Подгорецкий. Препринт ОИЯИ Р-377, Дубна 1959; ЖЭТФ, 37, 1575 (1959).
3. Б.П. Банник, В.Г. Гришин, Л.В. Сильвестров. Препринт ОИЯИ Р-654, Дубна 1961; ЖЭТФ, 40, 1653 (1961) .
4. Б.П. Банник, А.М. Гальпер, В.Г. Гришин. Л.П. Котенко, Л.А. Кузин, Е.П. Кузнецов, Г.И. Мерзон, М.И. Подгорецкий, Л.В. Сильвестров. Препринт ОИЯИ Д-743, Дубна 1961; ЖЭТФ 41, 1394 (1961).
5. С.А. Азимов, Б.П. Банник, Т. Вишки, У.Г. Гулямов, До Ин Себ, В.Г. Рахимбаев, Л.И. Чернова. Препринт ОИЯИ Р-1731, Дубна 1964; Ядерная физика 1, 676 (1965).
6. Б.П. Банник, Т. Вишки, До Ин Себ. Препринт ОИЯИ Р-1430, Дубна 1963; ПТЭ, № 5, 70 (1964).
7. J. Böhm, V. Petrzilka, M. Suk. Международная конференция по вопросам физики высоких энергий. Тихань, 1962, стр. 53.
8. C.J. Lindenbaum, R.M. Sternheimer. Phys. Rev., 105, 1874 (1957).

Рукопись поступила в издательский отдел
24 января 1967 г.

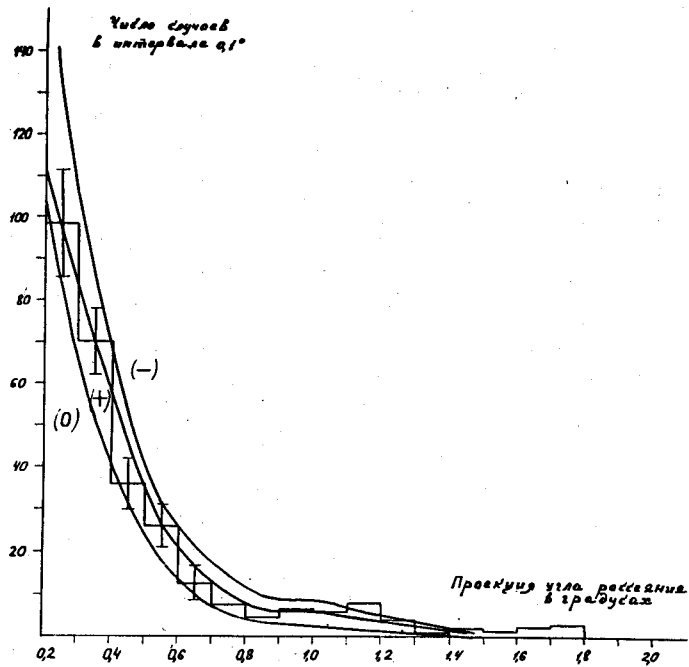


Рис. 1. Угловое распределение упругого рассеяния протонов на ядрах фото-эмульсии. Кривые рассчитаны для трех значений реальной части амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния вперед:

- (+) - $\text{Re} f_{NN}(0) = +14,4 \cdot 10^{-13} \text{ см}$
- (-) - $\text{Re} f_{NN}(0) = -14,4 \cdot 10^{-13} \text{ см}$
- (0) - $\text{Re} f_{NN}(0) = 0$.

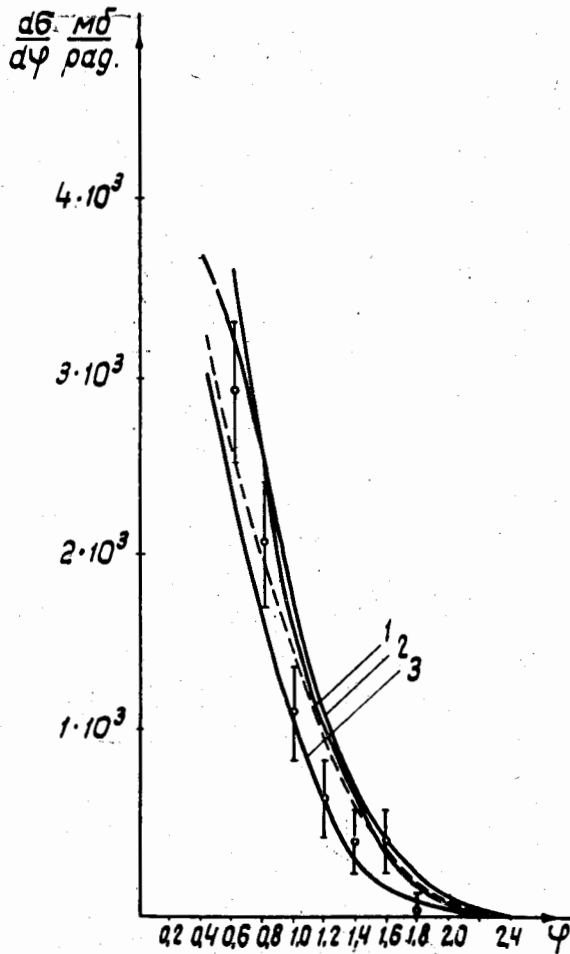


Рис. 2. Дифференциальное сечение упругого рассеяния π^- -мезонов с импульсом 6,8 Гэв/с на ядрах углерода. Кривые рассчитаны для трех значений $\text{Re} f_{\pi N}(0)$:

- + $5,0 \cdot 10^{-13}$ см (1)
- $6,9 \cdot 10^{-13}$ см (2)
- 0 (3)

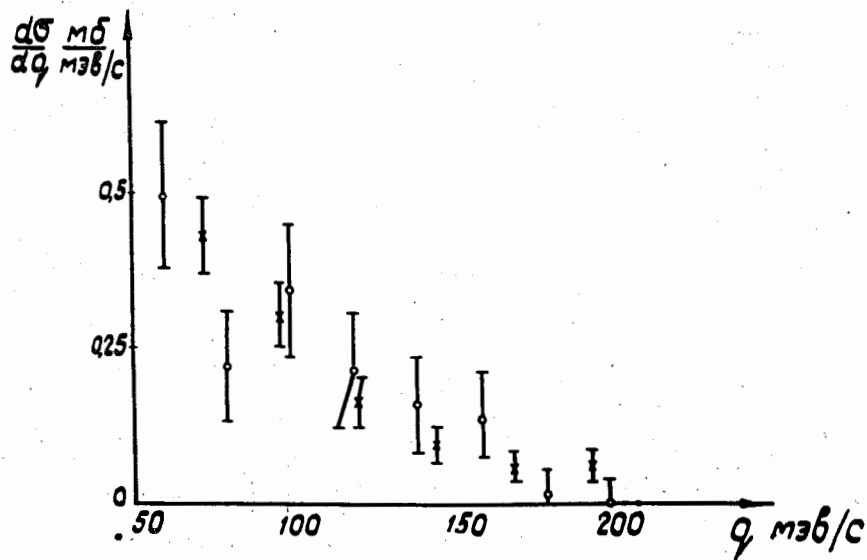


Рис. 3. Дифференциальное сечение $d\sigma/dq$ в зависимости от проекции q переданного импульса на плоскость наблюдения

○ - $p_{\pi} = 2,8$ Гэв/с
 ● - $p_{\pi} = 6,8$ Гэв/с.

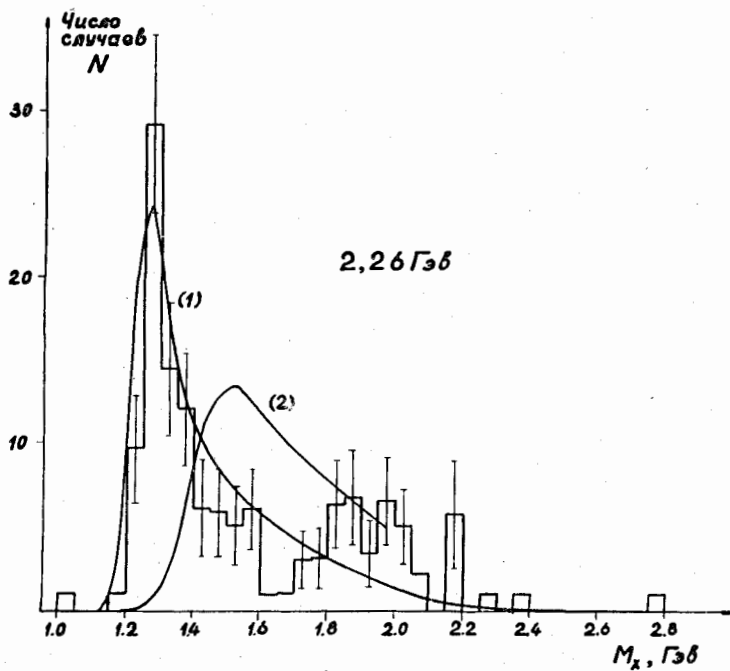


Рис. 4. Распределение величины M_x при энергии 2,26 Гэв. Кривая (1) рассчитана для однократного рождения изобар, (2) - для двукратного.