

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P2 - 4068

Б-245



В.С.Барашенков, К.К.Гудима, В.Д.Тонеев

СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ
И АТОМНЫХ ЯДЕР

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

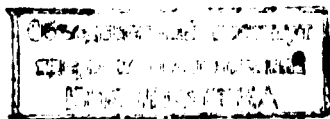
1968

P2 - 4068

В.С.Барашенков, К.К.Гудима, В.Д.Тонеев

СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ
И АТОМНЫХ ЯДЕР

Направлено в „Fortschritte der Physik“



456/1
mp.

1. Введение

Изучение сечений взаимодействий частиц и ядер с ядрами началось очень давно, фактически еще со времени известных опытов Розенфорда по рассеянию α -частиц. К настоящему времени в этой области накоплен обширный экспериментальный материал, однако большая часть этого материала относится к взаимодействиям при энергиях, не превышающих нескольких десятков Мэв. При более высоких энергиях число измерений несравненно меньше, а их точность во многих случаях значительно уступает точности низкоэнергетических измерений. Тем не менее имеющаяся сейчас экспериментальная информация позволяет составить достаточно ясное представление о поведении сечений вплоть до очень высоких энергий порядка десятков и сотен Гэв, а в некоторых случаях и при более высоких энергиях.

Понятно, что сведения о поведении сечений при ускорительных энергиях $T \lesssim 30$ Гэв являются значительно более полными и более надежными, чем те, что получены в опытах с космическими лучами; однако и в последнем случае можно сделать ряд довольно определенных заключений.

Далее мы будем рассматривать лишь интегральные величины: сечение упругого рассеяния

$$\sigma_{e\ell} = \int \sigma_{e\ell}(\theta) d\Omega, \quad (1)$$

сечение всех неупругих процессов

$$\sigma_{in} = \sum_j \sigma_{in}^{(j)} \quad (2)$$

и полное сечение

$$\sigma_t = \sigma_{e\ell} + \sigma_{in}. \quad (3)$$

Как и в случае взаимодействия элементарных частиц (см. монографию /18/) сечение $\sigma_{e\ell}$ включает сечения дифракционного и потенциального рассеяний σ_d и σ_p , их интерференцию σ_{dp} и сечение "рассеяния через неупругий канал" σ_{ie} :

$$\sigma_{e\ell} = \sigma_d + \sigma_p + \sigma_{dp} + \sigma_{ie}. \quad (4)$$

При малых энергиях сечение σ_{ie} , как правило, соответствует образованию единой компаунд-системы, когда во взаимодействии существенную роль играют все ядерные нуклоны. В области высоких энергий, когда длина дебройлевской волны рассеивающейся частицы значительно меньше размеров ядра-мишени, а ее энергия значительно больше энер-

гии связи внутриядерных нуклонов, основной вклад в сечение σ_{10} дает рассеяние частицы на одном нуклоне, или, более редко, ее последовательное рассеяние на нескольких нуклонах ядра. Так как эти нуклоны находятся в поле ядерных сил, то рассеяние первичной частицы в этом случае несколько отличается от ее рассеяния на свободных нуклонах; такое рассеяние принято называть "квазиупругим рассеянием".

Следует иметь в виду, что этот термин относится к взаимодействию частиц и его не нужно путать с аналогичным термином, применяемым для характеристики рассеяния частицы на ядре, когда последнее остается в слабо возбужденном состоянии и рассеяние практически не отличается от подлинно упругого рассеяния. Хотя, строго говоря, реакцию "квазиупругого рассеяния на ядре" следует относить к неупругим процессам, тем не менее благодаря неточностям измерений в экспериментальном сечении σ_{el} всегда содержится более или менее существенный вклад этой реакции (во многих экспериментальных работах — например, в недавней работе группы Коккони ^{/26/} — разрешение по энергии составляет несколько десятков Мэв, в то время как расстояния между уровнями в ядре не превышают нескольких Мэв).

Примером упругого процесса, при котором ядро остается невозбужденным, является дифракционное рассеяние.

Важно отметить, что ядро-мишень может оставаться в своем основном состоянии и при неупругом взаимодействии. Это имеет место, в частности, при взаимодействии, описываемом диаграммой рис. 1. Такие процессы сейчас называют "когерентными неупругими процессами". Этим подчеркивается то обстоятельство, что все внутриядерные нуклоны в этом случае являются совершенно эквивалентными и взаимодействуют с налетающей частицей в одной и той же фазе.

Частным случаем неупругого процесса является "упругое рассеяние с переворачиванием спина" с сечением σ_{π} . В тех случаях, когда се-

чения измеряются в опытах с неполяризованными пучками и мишенями, в которых с равными вероятностями присутствуют все возможные проекции спинов, сечение σ_s автоматически включается в экспериментальную величину сечения упругого рассеяния σ_{el} .

В области энергий, больших нескольких сотен Мэв, сечение σ_s мало и быстро убывает при увеличении энергии первичной частицы, что является следствием общих теорем о независимости асимптотических сечений взаимодействий частиц и ядер от их спинов и изотопических спинов (ср. /18/ глава XII).

Далее мы ограничимся областью кинетических энергий налетающих частиц $T \geq 50$ Мэв. Выбор этой границы является, конечно, весьма условным и связан в основном с тем, что для области меньших энергий имеется несколько очень подробных обзоров и атласов экспериментальных сечений (см., например, /91, 141, 142, 154, 161/).

Мы не будем касаться взаимодействий элементарных частиц с дейтронами; эти данные подробно обсуждаются в монографии /18/, там же указаны работы, где можно найти подробный теоретический анализ таких взаимодействий.

Как правило, мы будем указывать те экспериментальные ошибки, которые приводятся авторами соответствующих оригинальных работ; если в работе не указана ошибка в значении одного из сечений — например, σ_{in} — в то время, как неточности других сечений известны, неизвестная ошибка будет определяться как среднее квадратичное:

$$\delta \sigma_{in} = \sqrt{(\delta \sigma_{el})^2 + (\delta \sigma_t)^2} \quad (5)$$

Следует иметь в виду, что в экспериментальных работах очень часто приводятся лишь статистические ошибки и не указываются значительно большие систематические погрешности (не всегда ясные и самим авторам). В частности, измерения ядерных сечений иногда связаны с использованием поправок на основе оптической и других моделей; вносимая этим погрешность, как правило, не учитывается.

Типичным методом измерения ядерных сечений, с помощью которого получена большая часть известных в настоящее время данных, является так называемый "метод выбывания из пучка в условиях плохой и хорошей геометрии".

В этом методе коллимированный пучок первичных частиц после прохождения монитора попадает на мишень (см. рис. 2), затем частицы, рассеянные на углы $\geq \theta$ или выведенные из первичного пучка на углы $\geq \theta$, благодаря неупругим процессам в мишени, регистрируются D. Наблюдаемое сечение взаимодействия при этом, очевидно, равно:

$$\sigma(\geq \theta) = \frac{1}{n} \ln \frac{N(\geq \theta)}{N_0}, \quad (6)$$

где N/N_0 - относительная доля частиц, зарегистрированных детектором, а n - число ядер, приходящихся на 1 см^2 геометрического сечения падающего пучка.

Если угол θ мал, то детектор зарегистрирует практически все провзаимодействовавшие в мишени частицы. При увеличении угла сечение $\sigma(\geq \theta)$ уменьшается, особенно быстро в случае заряженных частиц, для которых в области малых углов большой вклад дает кулоновское рассеяние. На кривой $\sigma(\geq \theta)$, изображенной на рис. 3, этому соответствует отрезок АВ.

Часть ВС на этой кривой описывает сумму неупругого рассеяния и упругого однократного рассеяния. Так как в области высоких энергий упругое рассеяние является в основном дифракционным и его угловое распределение имеет резкий пик вперед, то для больших значений θ кривая $\sigma(\geq\theta)$ на рис. 3 становится почти прямой и $\sigma(\geq\theta) \approx \sigma_{\text{тн}}$. Этот случай принято называть "опытом с хорошей геометрией".

Полное ядерное сечение σ_t определяется либо экстраполяцией участка ВС в точку $\theta = 0$ (пунктир на рис. 3), либо для этого используется оптическая модель с параметрами, найденными путем подгонки теоретической и экспериментальной кривых $\sigma(\geq\theta)$ на участке ВЕ. В обоих случаях измеренные сечения содержат весьма заметные систематические ошибки.

Из всего сказанного следует, что к приводимым ниже экспериментальным неточностям сечений нужно относиться с должной осторожностью.

Точность ядерных сечений в большинстве случаев оказывается значительно худшей, чем точность сечений взаимодействий элементарных частиц.

2. Сечения взаимодействий нуклонов и π -мезонов с ядрами

Экспериментальные сечения нуклон- и пион-ядерных взаимодействий собраны в таблицах I - V. Характер энергетической зависимости этих сечений иллюстрируется рис. 4-6.

В настоящее время имеется обширная экспериментальная информация о сечениях взаимодействий нуклонов и π -мезонов с фотоэмульсией. Подробные данные для наиболее интересной области энергий

$T \geq 1$ Гэв собраны в монографии ^{/18/}, некоторые данные для меньших энергий указаны в книге ^{/138/}.

Из приведенных данных видно, что энергетический ход ядерных сечений в общих чертах повторяет поведение сечений элементарных $N-N$ и $\pi-N$ взаимодействий. Так, в случае нуклон-ядерных столкновений в сечениях появляются минимум при $T \approx 200 + 300$ Мэв, подъем в районе $T \approx 1$ Гэв и плавное стремление к постоянным значениям при больших энергиях. В сечениях пион-ядерных взаимодействий отчетливо проявляется пик, соответствующий пион-нуклонному резонансу при $T \approx 200$ Мэв, и ощущается влияние следующих $\pi-N$ -резонансов, хотя точность измерений здесь довольно плохая.

Заметные отличия от хода элементарных сечений наблюдаются лишь для тяжелых ядер в области энергий $T \lesssim 100$ Мэв, где начинают играть существенную роль внутриядерные процессы. Эти отличия проявляются лишь в упругом рассеянии, сечения неупругих взаимодействий σ_{in} по-прежнему остаются сравнительно слабо зависящими от энергии.

В целом сечения взаимодействий с ядрами изменяются с энергией значительно более плавно, чем элементарные $N-N$ и $\pi-N$ сечения.

Аналитически энергетическую зависимость сечений удобно аппроксимировать суммой постоянной σ_0 и функций типа a/T и

$$b / [(T - T_0)^2 + c] .$$

До недавнего времени можно было достаточно уверенно говорить о приблизительном или даже полном постоянстве сечений взаимодействий во всей области энергий от нескольких десятков Гэв до $T \approx 10^8$ Гэв. Этот вывод следовал из данных по пробегам космических частиц в фотоэмульсии, из анализа поглощения ядерно-активной компоненты космических лучей в воздухе и из опытов по исследованию широких атмосферных ливней, образуемых космическими частицами сверхвысоких энергий (подробнее см. /18/). Вся совокупность известных экспериментальных данных указывала на то, что при изменении энергии T на шесть-восемь порядков сечения ядерных взаимодействий изменяются во всяком случае не

более чем в два раза. Сомнения в этом были порождены недавними опытами со спутником "Протон-1"^{/23/}. В этих опытах методом ионизационного калориметра было измерено сечение неупругих взаимодействий космических протонов с ядрами углерода в интервале энергий от нескольких Гэв до 500 Гэв. В нижней части этого интервала измеренные сечения совпали с тем, что было ранее получено на ускорителях; при больших энергиях вплоть до $T \approx 10^3$ Гэв установлен медленный, но систематический рост сечения: приблизительно на 50% при изменении энергии на два порядка (см. рис. 1). Однако более поздние эксперименты со спутником "Протон-2" показали, что хотя в области $T = 10^2 \div 10^3$ Гэв сечение и возрастает, при дальнейшем увеличении энергии оно в пределах ошибок измерений остается постоянным^{/92/}.

Нельзя вместе с тем не отметить, что установленный в работах^{/23,92/} рост ядерного сечения в области энергий, больших нескольких десятков Гэв, вызывает серьезные сомнения, так как весьма точные измерения в области 10-30 Гэв сечения элементарных $N-N$ и $\pi-N$ взаимодействий, определяющих в конечном счете и ядерное сечение, не обнаруживают никакой тенденции к их возрастанию. Поскольку телеметрические измерения на спутниках очень сложны, не исключено, что здесь замешены какие-то методические ошибки, хотя оценки сечений взаимодействий космических протонов с ядрами воздуха, выполненные той же группой физиков в опытах на горях^{/14/}, также указывают на рост ядерного сечения: приблизительно на 30% в интервале $T = 10^2 \div 10^3$ Гэв.

Этот вопрос требует еще дальнейшего разъяснения.

Сечения взаимодействий с легкими и средними ядрами очень слабо зависят от знака заряда налетающей частицы: в большинстве случаев сечения протон- и нейтрон-ядерных взаимодействий, как и сечения взаимодействий π^+ и π^- -мезонов, в пределах ошибок измерений оказываются практически совпадающими. Это объясняется тем очевидным фак-

том, что в легких и средних ядрах число протонов и нейтронов приблизительно одинаково. В случае углерода, где эти числа в точности равны друг другу, сечения взаимодействий протонов и нейтронов, и соответственно π^+ - и π^- - мезонов, вообще не различаются и их разделение в таблицах I - V указывает лишь на различие в методе измерений.

Для взаимодействий с тяжелыми ядрами, где имеется большой избыток нейтронов, должна проявляться более существенная изотопическая зависимость, однако имеющиеся сейчас экспериментальные данные еще недостаточны для того, чтобы можно было сделать какие-либо определенные заключения.

Что касается зависимости ядерных сечений от массового числа ядра-мишени A , то во всем рассматриваемом интервале энергий сечение σ_{in} с хорошей точностью оказывается пропорциональным $A^{2/3}$, т.е. возрастает пропорционально увеличению геометрического сечения ядра (см. рис. 8). Еще более точную аппроксимацию экспериментальных данных дают эмпирические формулы типа формулы, предложенной Виллиамсоном^{/167/}

$$\sigma_{in}(T, A) = 44 A^{0.69} \{ 1 + 3,9 \cdot 10^{-2} A^{-1/3} [\bar{\sigma}(T) - 33] - 9 \cdot 10^{-4} A^{-1/3} [\bar{\sigma}(T) - 33]^2 \} \text{ мб,}$$

где $\bar{\sigma}$ - зависящая от энергии постоянная величина, близкая к полному сечению $N - N$ или $\pi - N$ взаимодействия (соответственно в случае, когда с ядром сталкивается нуклон или π - мезон)^{x/}.

^{x/} Формула Виллиамсона применима для ядер, тяжелее лития.

Формулы типа (7) пригодны для того, чтобы по экспериментальным сечениям, известным для нескольких элементов при той же энергии T , определить сечения σ_{in} для других значений A .

Зависимость сечения упругих взаимодействий σ_{el} (а, следовательно, и полного сечения σ_t) от массового числа A оказывается заметно более сильной: известные экспериментальные значения σ_{el} аппроксимируются степенной функцией $A^{0,84}$. Это связано с эффектами взаимной экранировки внутриядерных нуклонов /88,102/.

3. Сечения взаимодействий антинуклонов и K^- -мезонов

Экспериментальная информация о сечениях взаимодействий с ядрами антинуклонов, K^- - и \bar{K} -мезонов собрана в таблицах VI-X. Как видно, данных здесь пока еще довольно мало, а их ошибки весьма велики; во многих случаях для ориентировки приходится пользоваться результатами расчётов по оптической модели, параметры которой подобраны таким образом, чтобы расчётные кривые проходили через известные экспериментальные точки.

Кроме данных, приведенных в таблицах, сейчас известно еще два измерения сечения упругого рассеяния K^+ -мезонов в фотоэмульсии (без учёта взаимодействий с водородом):

$$\sigma_{el} = 518 \pm 78 \text{ мб} \quad \text{при} \quad T = 75 \pm 25 \text{ Мэв}$$

$$\sigma_{el} = 261 \pm 51 \text{ мб} \quad \text{при} \quad T = 130 \pm 20 \text{ Мэв.}$$

Как и в случае элементарных взаимодействий, сечения K^- -мезонов заметно меньше, а сечения взаимодействия антинуклонов заметно больше соответственно сечений пион- и нуклон-ядерных взаимодействий.

Возрастание ядерных сечений взаимодействий K^- -мезонов при $T = 0,6$ и 1 Гэв отражают соответствующие максимумы в сечениях $K^\pm - N$ взаимодействий.

При очень высоких энергиях можно ожидать, что сечения взаимодействия частиц и античастиц с ядрами станут одинаковыми, как это следует из дисперсионных теорем о равенстве асимптотических сечений. Такая асимптотическая область сейчас еще далеко не достигнута.

Зависимость сечений от массового числа A может быть приближенно представлена теми же функциями, что и в случае нуклон- и пион-ядерных взаимодействий.

4. Взаимодействие ядер

Экспериментальные сечения взаимодействий двух ядер с энергией, большей нескольких десятков Мэв на нуклон, собраны в таблице XI. Эти данные крайне скудны, особенно в области высоких энергий, где их единственным источником являются опыты с космическими лучами. Так как идентификация налетающих ядер в этих опытах является весьма трудным делом, то обычно рассматриваются средние данные для нескольких групп ядер:

легкие ядра с $Z = 3 + 5$ (Li, Be, B), среднее $Z \approx 4,2$;

средние ядра с $Z = 6 + 9$ (C, N, O, F), среднее $Z \approx 7$;

тяжелые ядра с $Z \geq 10$, среднее $Z \approx 15$.

В последней группе около 10% составляют ядра железа ($Z = 26$), а все ядра с $Z > 30$ дают вклад $< 1\%$; в соответствии с этим группу тяжелых космических ядер иногда разделяют на две группы:

средние тяжелые ядра с $Z = 10 + 19$ (среднее $Z \approx 12,8$)

и

очень тяжелые ядра с $Z \geq 20$ (среднее $Z \approx 23$).

В таблице XI пять перечисленных групп обозначены соответственно как ядра Л, СР, Т, СТ, ОТ.

Следует особо остановиться на взаимодействиях быстрых дейтронов с ядрами. Так как дейтрон представляет собой очень рыхлую систему, в которой нуклоны обычно находятся на далеком по сравнению с радиусом ядерных сил расстоянии друг от друга, то весьма часто с ядром-мишенью взаимодействует лишь один из этих нуклонов, а второй продолжает движение практически без изменения своего первоначального импульса. Такой канал неупругой реакции принято называть реакцией стриппинга (срыва). На практике эта реакция, как правило, не отделяется от другого канала неупругого дейтрон-ядерного взаимодействия - дифракционного и кулоновского расщепления дейтрона.

Таким образом, полное сечение неупругого дейтрон-ядерного взаимодействия

$$\sigma_{in} = \sigma_{st} + \sigma_a, \quad (8)$$

где σ_a - сечение поглощения.

Известные сейчас экспериментальные данные о сечениях взаимодействия дейтронов приведены в отдельной таблице XII.

В области энергий, больших нескольких сотен Мэв, где сечения неупругих взаимодействий ядер с ядрами в пределах ошибок измерений становятся практически постоянными, их можно аппроксимировать функцией

$$\sigma_{in} = \pi (R_1 + R_2 - 2 \cdot \Delta R)^2, \quad (9)$$

где R_1 и R_2 - средние радиусы сталкивающихся ядер, ΔR - минимальное перекрытие, необходимое для того, чтобы произошла реакция. По оценкам Брадта и Петерса ^{/37,38/} для согласования с экспериментом следует положить

$$R_1 \cong 1,45 A_1^{1/3} \cdot 10^{-13} \text{ см} \quad \text{и} \quad \Delta R \cong 8,6 \cdot 10^{-14} \text{ см.}$$

Эмпирическая формула (9) лучше всего применима для ядер-мишеней в области средних значений A и налетающих ядер между ${}^4\text{He}$ и ${}^{40}\text{Ca}$. Вне этой области формула дает несколько завышенные сечения по сравнению с более точным расчетом по оптической модели; так, для взаимодействия ${}^{40}\text{Ca} + {}^{207}\text{Pb}$ это завышение составляет около 5-10%, а для взаимодействия ${}^4\text{He} + {}^4\text{He}$ - уже около 20% ^{/10/}.

5. Заключение

Из приведенных данных видно, что экспериментальная информация о сечениях взаимодействий с ядрами, которой мы сейчас располагаем, является значительно менее подробной и точной, чем аналогичная информация о сечениях взаимодействий элементарных частиц. Заключение, которые сейчас можно сделать на основе экспериментальных данных, во многих случаях имеют лишь грубо количественный характер. Особенно плохо известно поведение сечений упругих взаимодействий частиц с ядрами и сечения взаимодействий двух ядер.

В этой области требуется еще большая экспериментальная работа.

Л и т е р а т у р а

1. N. Abbattista, M. Biasco, S. Mongelli, A. Romano, P. Waloschek, E. Perez-Ferreira. Nuovo Cim., 23, 1 (1962).

2. L.E. Agnew Jr., T. Elioff, W.B. Fowler, R.L. Lander, W.M. Powell, E. Segre, H.M. Steiner, H.S. White, C. Wiegand, T. Ypsilantis. *Phys. Rev.*, 118, 1371 (1960).
3. G. Alexander, G. Yekutieli. *Nuovo Cim.*, 19, 103 (1961).
4. W. Alles, N.N. Biswas, M. Ceccarelli, J. Crussard. *Nuovo Cim.*, 6, 571 (1957).
5. R. Alphonse, A. Johansson, A.E. Taylor, G. Tibell. *Phil. Mag.*, 46, 295 (1954).
6. E. Amaldi, G. Baroni, G. Bellettini, C. Castagnoli, M. Ferro-Luzzi, A. Manfredini. *Nuovo Cim.*, 14, 977 (1959).
7. A. Angler, P.B. Jones, J.H. Mulvey. *Proc. Roy. Soc.*, 254, 425 (1960).
8. M.V.K. Appa Rao, R.R. Daniel, K.A. Neelakantan. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 43, 181 (1956).
9. A. Ashmore, G. Cocconi, A.N. Diddens, A.M. Wethirell. *Phys. Rev. Lett.*, 5, 576 (1960).
10. A. Ashmore, G. Cocconi, A.N. Diddens, A.M. Wethirell. *Sc 60-11, CERN*, 1960.
11. A. Ashmore, R.G. Jarvis, D.S. Mather, S.K. Sen. *Proc. Phys. Soc.*, A70, 745 (1957).
12. A. Ashmore, D.S. Mather, S.K. Sen. *Proc. Phys. Soc.*, A71, 552 (1957).
13. J.H. Atkinson, W.N. Hess, V. Perez-Mendez, R.W. Wallace. *Phys. Rev.*, 123, 1850 (1961).
14. X.П. Бабаян, Н.Л. Григоров, Г.А. Дулян, В.А. Собиняков, Ч.А. Третьякова, В.Я. Шестоперов. *Изв. АН СССР, серия физ.*, 30, 1617 (1966).
15. X.П. Бабаян, Н.Л. Григоров, М.М. Дубровин, Л.Г. Мищенко, В.С. Мурзин, Л.И. Сарычева, В.А. Собиняков, И.Д. Рапопорт, *Труды Международ. конференции по космическим лучам*, 1, 176, Москва, 1959.

16. M. Baldo Ceolin, M. Cresti, N. Dallaporta, M. Grili, L. Guerriero, M. Merlin, G.A. Salandin, G. Zago. *Nuovo Cim.*, 5, 402 (1957).
17. W.P. Ball, Ph.D. Thesis, UCRL- 1938 (1952).
18. В.С. Барашенков, Изд-во НАУКА, М., 1966. Сечения взаимодействия элементарных частиц .
19. W.H. Barkas, R.W. Birge, W.W. Chupp, A.G. Ekström, G. Goldhaber, S. Goldhaber, H.H. Heckman, D.H. Perkins, J. Sandweiss, E. Segre, F.M. Smith, D.H. Stork, L. van Rossum, E. Amaldi, G. Baroni, C. Castagnoli, C. Fronzineti, A. Manfredini. *Phys. Rev.*, 105, 1037 (1957).
20. D. Barr. UCRL- 3793 (1957).
21. P.H. Barrett. *Phys. Rev.*, 114, 1374 (1959).
22. F. Bartholin, B. Tinland, A. Bernheim, B. Brami-Depaux, J. Bermond, V. Vilar Perez. *Compt. Rend.*, 258, 1219 (1964).
23. Р.Н. Басилова, Н.Л. Григоров, Г.П. Кахидзе, О.М. Коврижных, В.Е. Нестеров, И.Д. Рапопорт, И.А. Савенко, Г.А. Скуридин, Л.Ф. Титенков. Изв. АН СССР, серия физическая, 30, 1610 (1966).
24. C.J. Batty, W.O. Lock, P.V. March. *Proc. Phys. Soc.*, 73, 100 (1958).
25. Р.Б. Бегжанов. *ЖЭТФ*, 34, 725 (1958).
26. G. Bellettini, G. Cocconi, A.N. Diddens, E. Lilletun, G. Matthiae, J.P. Scanlon, A.M. Wetherell, *Nucl. Phys.*, 79, 609 (1966).
27. B. Bhowmik, E. Evans, D. Falla, F. Hassan, A.A. Kamal, K.K. Nagpaul, D.J. Prowse, M. Rene, G. Alexander, R.H.W. Johnston, C.O. Ceallaigh, D. Keffe, E.H.S. Burhop, D.H. Davis, R.C. Kumar, W.B. Lasich, M.A. Shaukat, F.R. Stannard, M. Bacchella, A. Bonnetti, C. Dilworth, G. Occhialini, L. Scarsi, M. Grilli, L. Guerriero, L. von Linden, M. Merlin, S. Salandin. *Proc. of the Intern. Confer. on Mesons and Recently Discovered Particles, Padova-Venezia, 1957, sess.2, p.5.*

28. G.K. Bisheva, V.S. Borisov, L.L. Goldin, L.N. Kondratjev, Z.S. Sidorenko, S.T. Sukhorukov, G.K. Tumanov. Phys.Lett., 24B, 533 (1967).
29. M. Block, B. Brucker, C. Chang, T. Kikuchi, C. Meltzer, F. Anderson, A. Pevsner, H. Cohn, Harth E., J. Leither, G. Brautti, C. Franzinetti, R. Tosi. Nuovo Cim., 12, 642 (1959).
30. M.M. Block, J. Kengon, J. Keren, D. Koetke, P.K. Malhotra, P. Mazur, R. Walker, H. Winzeler. Proc. of the Williamsburh Confer. on Intermediate Energy Phys., 1, 455 (1966).
31. Г.Бозоки, Е.Ренивеш, Л.Яноши. Труды Международной конференции по космическим лучам, 1, 171, Москва., 1959.
32. В.И.Болотов; Автореферат ИФВЭ, 67/48, Серпухов, 1967.
33. N.Booth, B.Hedley, D.Walker, D.N.White. Proc.Phys.Soc., A70, 209 (1957).
34. N.E.Both, G.W.Hutchinson, B.Ledley. Proc.Phys.Soc., A71, 293 (1958).
35. T.Bowen, M.DiCorato, W.H.Moore, G.Tagliaferri. Nuovo Cim., 9, 908 (1958).
36. P.H.Bowen, J.P.Scanlon, G.H.Stafford, J.J.Thresher, P.E.Hodgson. Nucl.Phys., 22, 640 (1961).
37. H.L.Bradt, B.Peters. Phys.Rev., 77, 54 (1950).
38. H.L.Bradt, B.Peters. Phys.Rev., 80, 943 (1950).
39. A.Bratenah, S.Fernbach, R.Hildebrand, C.E.Leith, B.Moyer. Phys.Rev., 77, 597 (1950).
40. G.B.Brautti, L.Chersovani, C.Franzinetti, M.Sodnak-Furlan, R.Tosi-Torelli. Nuovo Cim., 19, 1270 (1961).
41. A.E.Brenner, R.W.Williams. Phys.Rev., 106, 1020 (1957).
42. F.A.Brisbout, C.Dahanayake, A.Engler, P.H.Fowler, P.B.Jones. Nuovo Cim., 3, 1400 (1956).

43. F.A. Brisbout, C. Dahahayaka, E. Engler, Y. Fujimoto, D.H. Perkins. *Phil.Mag.*, 1, 605 (1965).
44. Ю.А.Будагов, П.Ф.Ермолов, Е.Ф.Кушниренко, В.И.Москалев. *ЖЭТФ*, 42, 1181 (1962).
45. D.V. Bugg, R.S. Gilmore, K.M. Kight, D.C. Salter, G.H. Stafford, E.J.N. Wilson, J.D. Davies, J.D. Dowell, P.M. Hattersley, R.J. Homer, A.W. O'Dell, A.A. Carter, R.J. Tapper, K.F. Riley. *Rutherford Laboratory Preprint RPP/H/31*, 1968.
46. D.J. Cairns, T.C. Griffith, G.J. Lush, A.J. Metherringham, R.H. Thomas. *Nucl. Phys.*, 60, 369 (1964).
47. J.C. Caris, E.A. Knapp, V. Perez-Mendez, W.A. Perkins. *Phys. Rev.*, 126, 295 (1961).
48. R.F. Carlson, J.M. Camerson, W.F. McGill, J.R. Richardson, J.W. Verba. *Bull.Amer.Phys.Soc.*, 12, 1190 (1967).
49. R.E. Carlson, R.M. Eisenberg, V. Meyer. *Univ. of Minnesota, annual progress report (Nov. 1959)*, p.2.
50. S.G. Carpenter, R. Wilson. *Phys.Rev.*, 114, 510 (1958).
51. J.M. Cassels, J.D. Lawson. *Proc.Phys.Soc.*, A67, 125 (1954).
52. R. Cester, A. Debenedetti, C.M. Garelli, R. Quassiat, L. Tallone, M. Vigone. *Nuovo Cim.*, 7, 371 (1958).
53. O. Chamberlain, G. Goldhaber, L. Jauneau, T. Kalogeropoulos, R. Silberger, E. Segre, *Proc. on the Intern. Confer. on Mesons and Recently Discovered Particles, Padova- Venezia, 1957, sess. 6, p.11*.
54. O. Chamberlain, G. Goldhaber, Jauneau L., T. Kalogeropoulos, E. Segre, R. Silberberg. *Phys.Rev.*, 113, 1615 (1959).
55. O. Chamberlain, D.V. Keller, W. Segre, H.M. Steiner, C. Wiegand, T. Ypsilantis. *Phys.Rev.*, 102, 1637 (1956).
56. Ph. Chavonon, M. Crozon, Th. Leray, J.L. Na joux, Z. Marić. *Nuovo Cim.*, 40A, 935 (1965).

43. F.A. Brisbout, C. Dahahayaka, E. Engler, Y. Fujimoto, D.H. Perkins. *Phil.Mag.*, 1, 605 (1965).
44. Ю.А.Будагов, П.Ф.Ермолов, Е.Ф.Кушниренко, В.И.Москалев. *ЖЭТФ*, 42, 1181 (1962).
45. D.V. Bugg, R.S. Gilmore, K.M. Knight, D.C. Salter, G.H. Stafford, E.J.N. Wilson, J.D. Davies, J.D. Dowell, P.M. Fattersley, R.J. Homer, A.W. O'Dell, A.A. Carter, R.J. Tapper, K.F. Riley. Rutherford Laboratory Preprint RPP/H/31, 1968.
46. D.J. Cairns, T.C. Griffith, G.J. Lush, A.J. Metherringham, R.H. Thomas. *Nucl. Phys.*, 60, 369 (1964).
47. J.C. Caris, E.A. Knapp, V. Perez-Mendez, W.A. Perkins. *Phys. Rev.*, 126, 295 (1961).
48. R.F. Carlson, J.M. Camerson, W.F. McGill, J.R. Richardson, J.W. Verba. *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 12, 1190 (1967).
49. R.E. Carlson, R.M. Eisenberg, V. Meyer. Univ. of Minnesota, annual progress report (Nov. 1959), p.2.
50. S.G. Carpenter, R. Wilson. *Phys. Rev.*, 114, 10 (1958).
51. J.M. Cassels, J.D. Lawson. *Proc. Phys. Soc.*, A67, 125 (1954).
52. R. Cester, A. Debenedetti, C.M. Garelli, R. Quassiat, L. Tallone, M. Vigone. *Nuovo Cim.*, 7, 371 (1958).
53. O. Chamberlain, G. Goldhaber, L. Jauneau, T. Kalogeropoulos, R. Silberger, E. Segre, Proc. on the Intern. Confer. on Mesons and Recently Discovered Particles, Padova- Venezia, 1957, sess. 6, p.11.
54. O. Chamberlain, G. Goldhaber, Jauneau L., T. Kalogeropoulos, E. Segre, R. Silberberg. *Phys. Rev.*, 113, 1615 (1959).
55. O. Chamberlain, D.V. Keller, W. Segre, H.M. Steiner, C. Wiegand, T. Ypsilantis. *Phys. Rev.*, 102, 1637 (1956).
56. Ph. Chavonon, M. Crozon, Th. Leray, J.L. Najoux, Z. Marić. *Nuovo Cim.*, 40A, 935 (1965).

57. C.Chedester, F.Isaacs, A.Sachs, J.Stenberger. Phys.Rev., 82, 958 (1951).
58. F.F.Chen, C.P.Leavitt, A.M.Shapiro. Phys.Rev., 99, 857 (1955).
59. A.Citron, W.Galbraith, T.F.Kucia, B.A.Leontic, R.H.Phillips, A.Rousset, P.F.Sharp. Phys.Rev., 114, 1101 (1966).
60. G.Cocconi, G.Puppi, G.Quareni, A.Stanghellini. Nuovo Cim., 5, 172 (1957).
61. L.J.Cook, E.M.McMillan, J.M.Peterson, D.C.Sewell. Phys.Rev., 75, 7 (1949).
62. T.Coor, D.A.Hill, W.F.Hornyak, L.W.Smith, G.Snow. Phys. Rev., 98, 1369 (1955).
63. B.Cork, G.R.Lambertson, O.Piccioni, W.A.Wentzel. Phys.Rev., 107, 248 (1957).
64. J.W.Cronin, R.Cool, A.Abashian. Phys.Rev., 107, 1121 (1957).
65. V.Culler, R.W.Waniek. Phys.Rev., 95, 585 (1949).
66. V.Culler, P.W.Waniek. Phys.Rev., 99, 740 (1955).
67. R.R.Daniel, J.H.Davies, J.H.Mulvey, D.H.Perkins. Phil. Mag., 43, 753 (1952).
68. B.W.Davies, N.K.Craddock, R.C.Hanna, Z.J.Moroz, L.P.Robertson. Nucl.Phys., A97, 241 (1967).
69. D.F.Davis, N.Kwak, M.F.Kaplon. Phys.Rev., 117, 846 (1959).
70. H.G.De Carvalho. Phys.Rev., 96, 398 (1954).
71. J.De Juren. Phys.Rev., 80, 27 (1950).
72. J. De Juren, N.Knable. Phys.Rev., 77, 606 (1950).
73. J. De Juren, M.J.Moyer. Phys.Rev., 81, 919 (1951).
74. В.П.Джелепов, Э.Г.Иванов, М.С.Козодаев, В.Т.Осипенков, Н.И.Петров, В.А.Пусаков. ЖЭТФ, 31, 923 (1956).

75. В.П.Джелепов, В.И.Сатаров, Б.М.Головин. ЖЭТФ, 29, 369 (1955).
76. В.П.Джелепов, В.И.Сатаров, Б.М.Головин. ДАН СССР, 104, 717 (1955).
77. Н.А. Добротин, С.А.Славатинский. Изв. АН СССР, сер.физ., 30, 1566 (1966).
78. J.Duthie. Thesis University of Bristol, 1961,
79. J.M.C.Dutton, J.D.Jafar, H.B.Van der Raay, D.G.Ryan, J.A. Stiegelmaier, R.K.Tandon, Phys.Lett., 16, 351 (1965).
80. B.Edwards, J.Losty, D.H.Perkins, K.Pinkau, J.Reynolds; Phil.Mag., 3, 237 (1958).
81. A.G.Espong, B.E.Ronne. Nuovo Cim., 13, 27 (1959).
82. T.Ericson, J.Formanek, M.P.Locher. Preprint of CERN 67/1234/5-TH, 834 (1967).
83. P.H.Fowler, R.R.Hillier, C.J.Waddington. Phil.Mag., 2, 293 (1957).
84. E.Fowler, W.B.Fowler, R.P.Shutt, A.M.Thorndike, W.L.Whittemore. Phys.Rev., 91, 135 (1953).
85. R.Fox, C.Leith, K.McKenzie, L.Wouters. Phys.Rev., 80, 23 (1950).
86. W.E.Frahn, G.Wiechers. Phys.Rev.Lett., 16, 810 (1966).
87. E.Gardner. Phys.Rev., 75, 379 (1949).
88. R.J.Glauber. In Lectures in Theor.Phys., W.F.Britten et al. Interscience Publishers, New York, 1959.
89. S.Goldhaber, G.Goldhaber, L.Powell, R.Silberger. Phys.Rev., 121, 1525 (1961).
90. R.Goloskie, K.Strauch. Nucl.Phys., 29, 474 (1962).
91. K.R.Greider. Ann.Rev. of Nucl.Sc., 15, 291 (1965).
92. Р.Н.Басилова, Н.Л.Григоров, В.Е.Нестеров, И.Д.Рапопорт, И.А.Савенко, Г.А.Скурдин. Изв. АН СССР, сер. физ., 31, 1450 (1967).

93. M.Grilli, L.Guerriero, M.Merlin, E.G.A.Salandin. Proc. of the Intern.Confer. on Mesons and Recently Discovered Particles, Padova-Venezia, 1957, sess. 3, p.15.
94. M.Grilli, L.Guerriero, M.Merlin, Z.O'Friel, G.A.Salandin. Nuovo Cim., 10, 163 (1958).
95. M.Grilli, L.Guerriero, M.Merlin, G.A.Salandin. Nuovo Cim., 10, 205 (1953).
96. J.R.Crover. Phys.Rev., 126, 1540 (1962).
97. M.J.Grozon. Thesis, Universite de Paris, 1964.
98. F.F.Hanny. Helv.Phys.Acta, 29, 281 (1956).
99. P.Hillman, R.H.Stahl, N.F.Ramsey. Phys.Rev., 96, 115 (1954).
100. А.Е.Игнатенко, А.И.Мухин, Е.Б.Озеров, Б.М.Понтекорво. ДАН СССР, 103, 395 (1955).
101. А.Е.Игнатенко. Proc. CERN Symp., 2, 313 (1956).
102. G.J.Igo, J.L.Friedes, H.Palovsky, R.Sutter, G.Benett, W.D.Simpson, D.M.Corley, R.L.Stearns. Report of the Brookhaven National Laboratory; Phys.Rev.Lett., 18, 1200 (1967).
103. J.D.Jafar, T.MacManon, H.B.Van Der Raay, D.H.Reading, K.Ruddick, D.G.Ryan. Nuovo Cim., 48, 165 (1966).
104. A.Johanson, U.Svanberg, O.Sundberg. Arkiv for Phys., 19, 527 (1961).
105. Ю.М.Казарянов, В.И.Сатаров, Ю.К.Симонов. ЯФ, 1, 271 (1965).
106. D.Keefe, A.Kernan, A.Montwill. Nuovo Cim., 10, 538 (1958).
107. L.T.Kerth, T.F.Kycia, L. van Rossum. Bull. Amer. Phys. Soc., 2, 222 (1957).
108. P.Kirkly, W.T.Link. Canad. Journ. of Phys., 44, 1847 (1966).
109. A.J.Kirschbaum. Ph.D.Thesis, UCRL 1967.

110. М.С.Козодаев, М.М.Кулюкин, Р.С.Суляев, А.И.Филиппов, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 38, 708 (1960).
111. М.С.Козодаев, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 39, 929 (1960).
112. В.С.Козодаев, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 31, 701 (1956).
113. М.С.Козодаев, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 33, 1047 (1957).
114. R.L.Lander, O.Piccioni, Nguyen huu Xuong, P.Yager. Phys. Rev., 137B, 1228 (1965).
115. J.E.Lannutti, W.W.Chupp, G.Goldhaber, S. Goldhaber, E.Helmy, E.L.Iloff, A.Pevsner, D.M.Ritson. Phys. Rev., 101, 1617 (1956).
116. J.E.Lannutti, S.Goldhaber, G.Goldhaber, W.W.Cupp, S.Giambuzzi, C.Matchi, C.Quarenì, A.Wataghin. Proc. of the Intern. conf. on Mesons and Recently Discoverec Particles, Padova-Venezia, 1957, sess. 3, p.1.
117. C.M.Lattes, S.O.Orsini, L.G.Pacca, M.T.Dagruz, E.Okuno, Y.Fujimoto, K.Yokoi. TReporr Intern. Confer. on Cosmic Rays, London, 1965.
118. М.Ф.Лихачев, В.С.Ставинский, Сюй Юйнь-чаг, Чжан Най-сэнь. ЖЭТФ, 41, 38 (1961).
119. W.I.Linlor. UCRL-2303 (1953).
120. W.I.Linlor, B.Ragent. Phys. Rev., 92, 835 (1953).
121. E.Lohrmann, M.Nikolic, M.Schneeberger, P.Waloschek, H.Wintzeler. Proc. of the Intern. Confer. on Mesons and Recently Discovered Particles, Padova-Venetia, 1957, sess. 2, p. 61.
122. E. Lohrmann, M.W.Teucher. Phys. Rev., 15, 636 (1969).

123. E.Lohrmann, M.W.Teucher, M.Schein. Phys. Rev., 122, 672 (1961).
124. M.J.Longo. UCRL-9497, 1961.
125. M.J.Longo, B.J.Moyer. Phys. Rev., 125, 701 (1962).
126. M.E.Low, G.V.Hutchinson, D.H.White. Nucl. Phys., 9, 600 (1958/60).
127. J.Marshall, L.Marshall, A.V.Nedzel. Phys. Rev., 91, 767 (1953).
128. D.F.Measday, DJ.N.Palmieri. Nucl. Phys., 85, 129 (1966).
129. V.Meyer, R.M.Eisberg, R.F.Carison. Phys. Rev., 117, 1334 (1960).
130. G.P.Millburn, W.Birnbaum, W.E.Crandall, L.Schechter. Phys. Rev., 95, 1263 (1954).
131. В.Н.Москалев, Б.В.Гавриловский. ДАН СССР, 110, 972 (1956).
132. G.R.Mott, G.I.Gurnsey, B.K.Nelsson. Phys. Rev., 88, 9 (1952).
133. V.A.Nedzel. Phys. Rev., 94, 175 (1954).
134. J.H. Noon, M.Э.Каплон. Phys. Rev., 97, 769 (1954).
135. J.N. Palmieri, R.Goloskie. Nucl. Phys., 59, 253 (1964).
136. В.С.Пантуев, М.Н.Хачатурян. ЖЭТФ, 42, 909 (1962).
137. R.N.Peacock, B.Hahn, E.Hugentobler, F.Steinriser. Nuovo Cim., 22, 1290 (1961).
138. Н.А.Перфилов, О.В.Ложкин, В.И.Остроумов. "Ядерные реакции под действием частиц высоких энергий", Изд. АН СССР, М., 1962.
139. D.H.Perkins. Proc. of the Intern. Conf. on Theor. Aspects of Very High Energy Phenomena, CERN, 1961, p.99.
140. W.M.Preston, R. Wilson, J.C. Street. Phys. Rev., 118, 579 (1959).
141. Proc. of the Third Confer. on Reactions between Complex Nuclei, Univ. of California Press, Berkeley, and Los Angeles, 1963.

142. Прямые процессы в ядерных реакциях . Материалы конференции по прямым взаимодействиям и механизмам ядерных реакций в Падуе, 1962, Атомиздат, М., 1965.
143. G. Quarenì, G.T. Zorn. Nuovo Cim., 1, 1282 (1955).
144. B. Ragent, W.I. Linlor. Phys. Rev., 91, 440 (1953).
145. V.Y. Rajopadhye, C.J. Waddington. Phil. Mag., 3, 19 (1958).
146. B. Rama. Proc. Ind. Acad. Sci., 39, 162 (1954).
147. R.E. Richardson, W.P. Ball, C.E. Leith, Jr., B.J. Moyer. Phys. Rev., 86, 29 (1952).
148. L. Riddiford, A.W. Williams. Proc. Roy. Soc., A257, 316 (1960).
149. В.И. Рубцов, Ю.А. Смородин, Б.В. Толкачев. ЖЭТФ, 44, 462 (1963).
150. W.D. Shephard, W.D. Walker. Phys. Rev., 126, 278 (1962).
151. M.M. Shapiro, B. Stiller, F.W. O'Dell. Bull. Amer. Phys. Soc., 1, 319 (1956).
152. W.D. Shephard, W.D. Walker. Phys. Rev., 126, 278 (1962).
153. M.S. Sinha, N.C. Das. Phys. Rev., 105, 1587 (1957).
154. J.R. Stehn, M.D. Goldberg, R. Wiener-Chasman, S.F. Mughabghab, B.A. Magurno, V.M. May. Sigma Center of the Brookhaven National Laboratory, BNL 325, 1965.
155. D.H. Stork. Phys. Rev., 93, 868 (1954).
156. P.E. Tannenwald. Phys. Rev., 89, 508 (1952).
157. A.E. Taylor. Phys. Rev., 92, 1071 (1953).
158. E.A. Taylor, T.G. Pickvance, J.M. Cassels, T.C. Randle. Phil. Mag., 42, 328 (1951).
159. A.E. Taylor, T.G. Pickvance, J.M. Cassels, T.C. Randle. Phil. Mag., 42, 751 (1951).
160. A.E. Taylor, E. Wood. Phil. Mag., 44, 95 (1952).
161. Д.И. Юз, Р.В. Шварц. Атлас нейтронных сечений, Атомиздат, 1959.

162. С.Н.Вернов, Г.Б.Христиансен, А.Т.Абросимов, Г.В.Куликов, Ю.А.Не-
чин, В.И.Соловьева, Б.А.Хрснов, О.В.Веденеев, Ю.А.Фомин. Материалы
12-ой международной конференции по физике высоких энергий в Дубне,
Атомиздат, 1965.
163. R.G.P.Voss, R.Wilson. Proc. Roy. Soc. A236, 41 (1956).
164. C.J.Waddington. Phil. Mag., 45, 1321 (1956).
165. M.Widgoff, A.Pevsner, D.Fournet, Davis, D.M.Ritson, R.Schluter,
V.P.Henri. Phys. Rev., 107, 1430 (1957).
166. F.Wikner. Ph. D. Thesis, UCRL-3639 (1957).
167. Williamson, Preprint.
168. W.Williams. Phys. Rev., 98, 1993 (1955).
169. D.S.Willoughby. Phys. Rev., 101, 324 (1956).

Рукопись поступила в издательский отдел

16 сентября 1968 года.

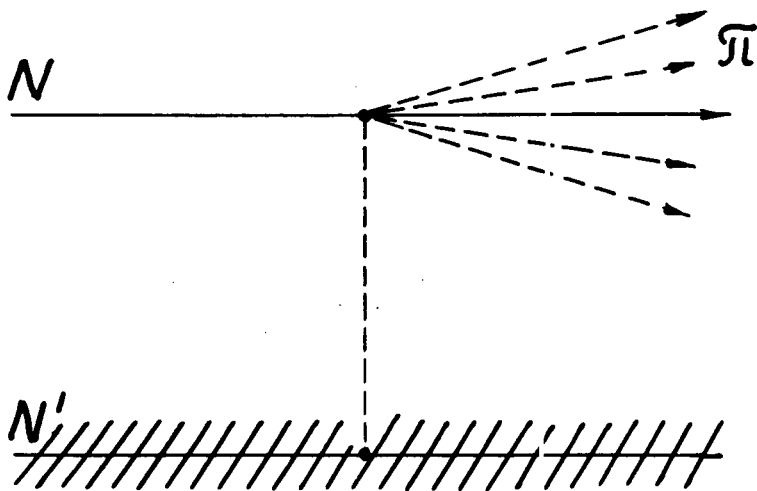


Рис. 1. Когерентный неупругий процесс с рождением π -мезонов. Внутрядерный нуклон N' в результате взаимодействия с налетающим нуклоном N получает лишь небольшую отдачу, которая передается ядру как целому. Пионы образуются налетающим нуклоном в верхней вершине. Так как передаваемый ядру импульс мал, пионы сильно коллимированы в области малых углов; это обстоятельство является характерной чертой неупругих когерентных процессов.

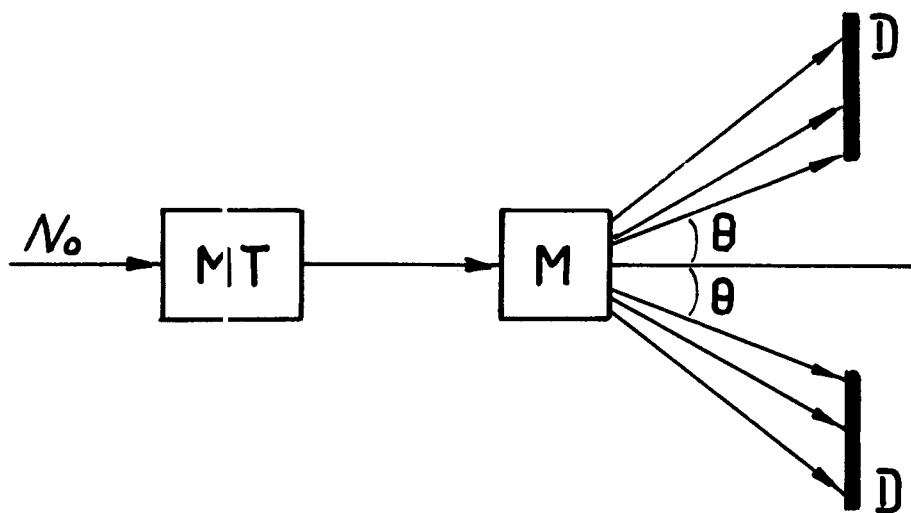


Рис. 2. Принципиальная схема опыта по измерению ядерных сечений методом выбывания из пучка. MT – монитор, калибрующий первичный пучок частиц; M – мишень из исследуемых ядер; D – детектор, регистрирующий все частицы, вылетающие под углами, большими θ .

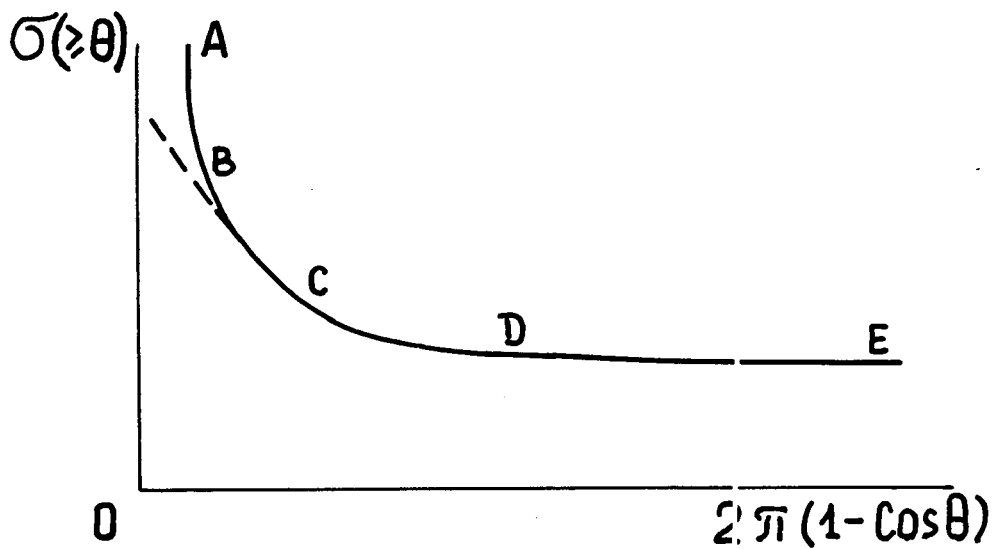


Рис. 3. Изменение "наблюдаемого сечения" (σ) в зависимости от величины телесного угла.

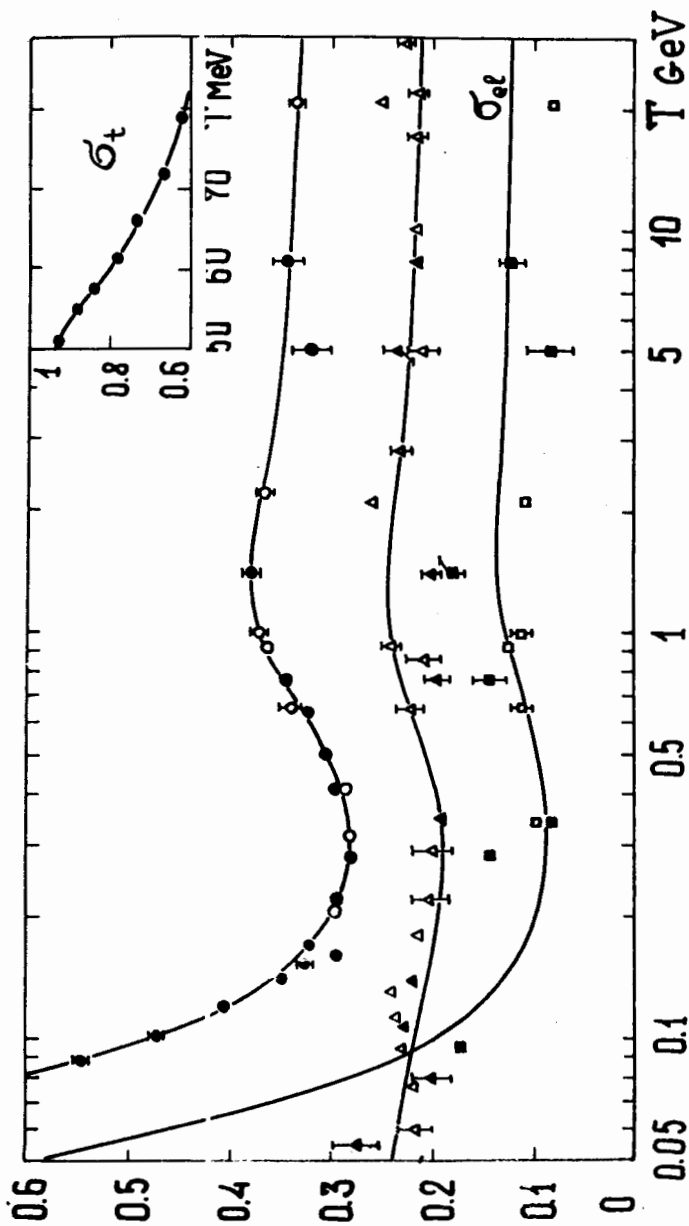


Рис. 4. Сечения взаимодействия нуклонов с углеродом ^{12}C (в единицах 10^{-24}см^2). Значками \circ , Δ , \square нанесены экспериментальные сечения σ_t , σ_{in} , σ_{el} для протонов, зачерненные значки - соответствующие экспериментальные сечения для нейтронов. Кривые построены с помощью оптической модели для параметров, наилучшим образом согласующихся с известными экспериментальными данными.

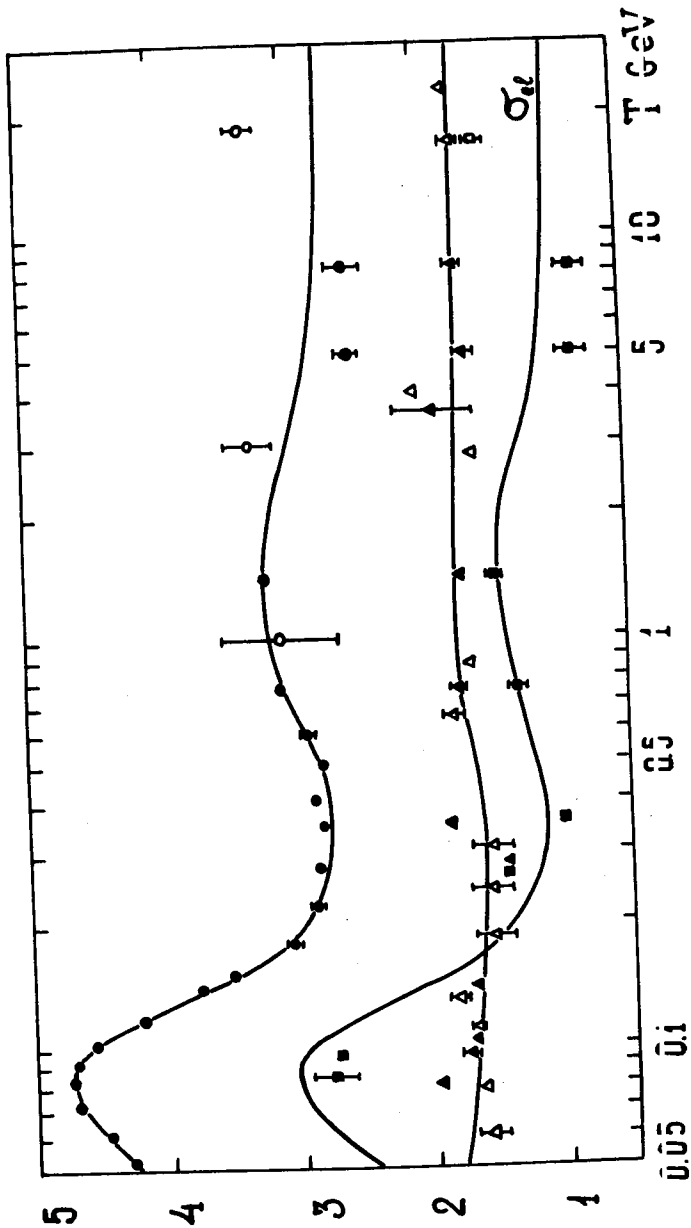


Рис. 5. Сечения взаимодействий нуклонов со свинцом $207,2 \text{ Pb}$ (в единицах 10^{-24} см^2). Все обозначения те же, что и на рис. 4. Кривые - средние для взаимодействий протонов и нейтронов.

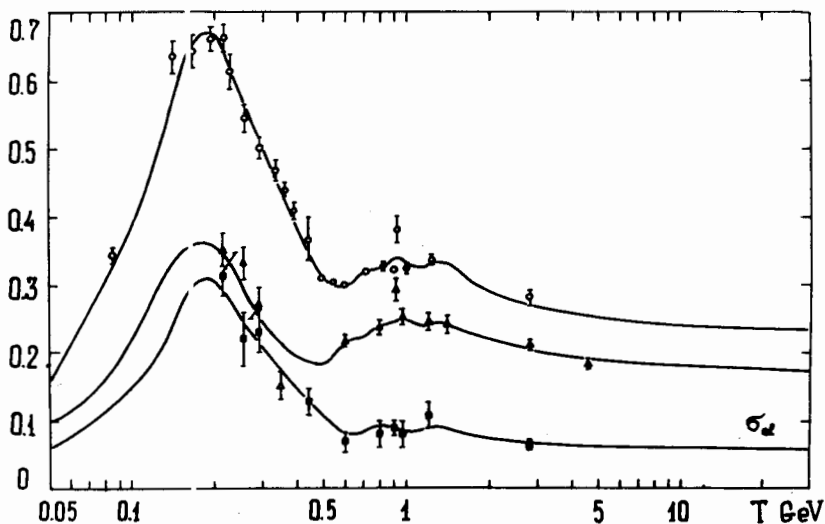


Рис. 6. Сечения взаимодействий π -мезонов с ядрами ^{12}C (в единицах 10^{-24} см^2). Значками $\circ, \Delta, \blacksquare$ нанесены соответственно экспериментальные сечения $\sigma_t, \sigma_{in}, \sigma_{el}$. Кривые - расчёт по оптической модели для значений параметров, наилучшим образом согласующихся с известными экспериментальными данными.

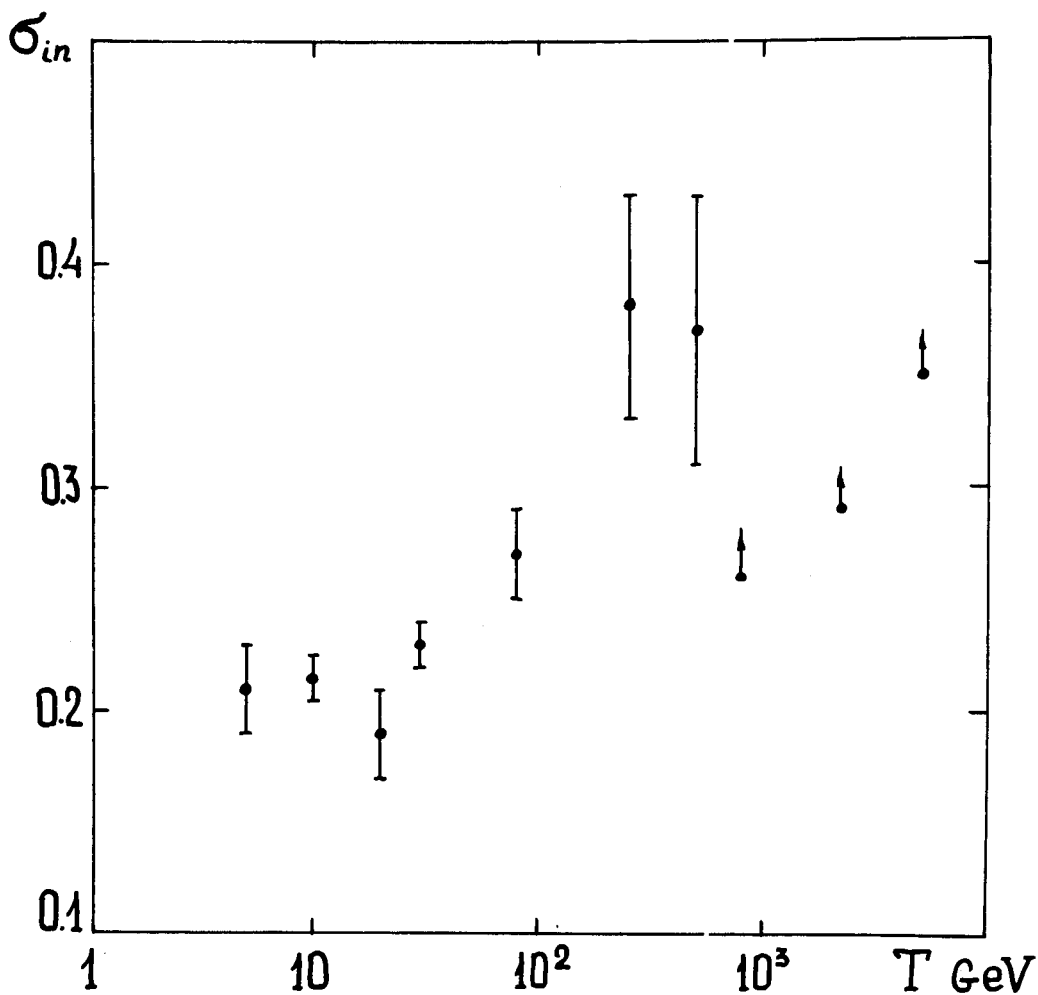


Рис. 7. Сечение неупругих взаимодействий космических протонов с углеродом по данным измерений на спутнике "Протон - 1" и по данным опытов на горах (нижняя оценка)/14,23/.

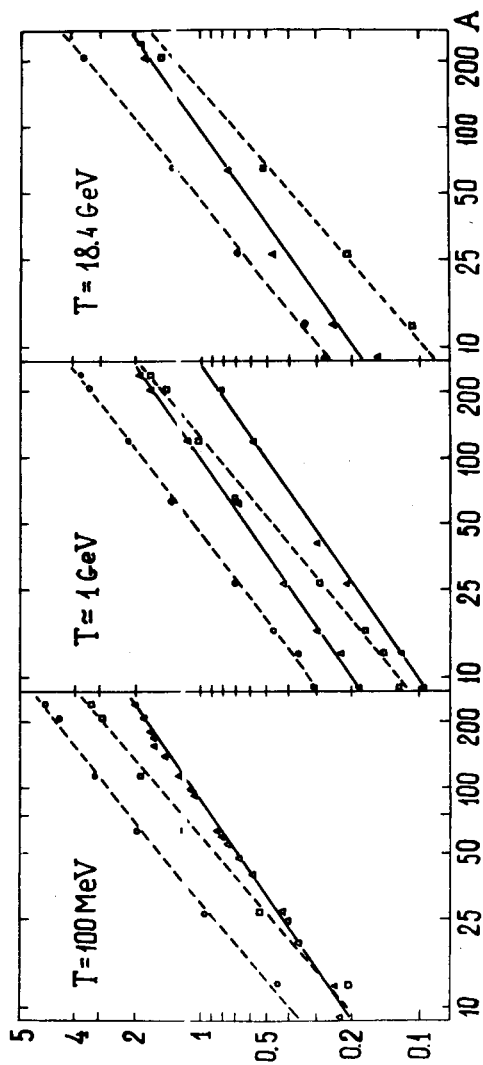


Рис. 8. Зависимость сечений от массового числа A . Значками \circ, Δ, \square отмечены нуклон-ядерные сечения $\sigma_t, \sigma_{in}, \sigma_{el}$, значком Δ - сечение неупругих взаимодействий π + ядро. Сечения взяты из работ /26, 62, 64, 102, 108/. Сплошные кривые - зависимость $\sigma_{in} \approx A^{2/3}$, пунктир - зависимость $\sigma_{el} \approx A^{0.84}$ и $\sigma_t \approx \sigma_{el}(A) + \sigma_{in}(A)$.

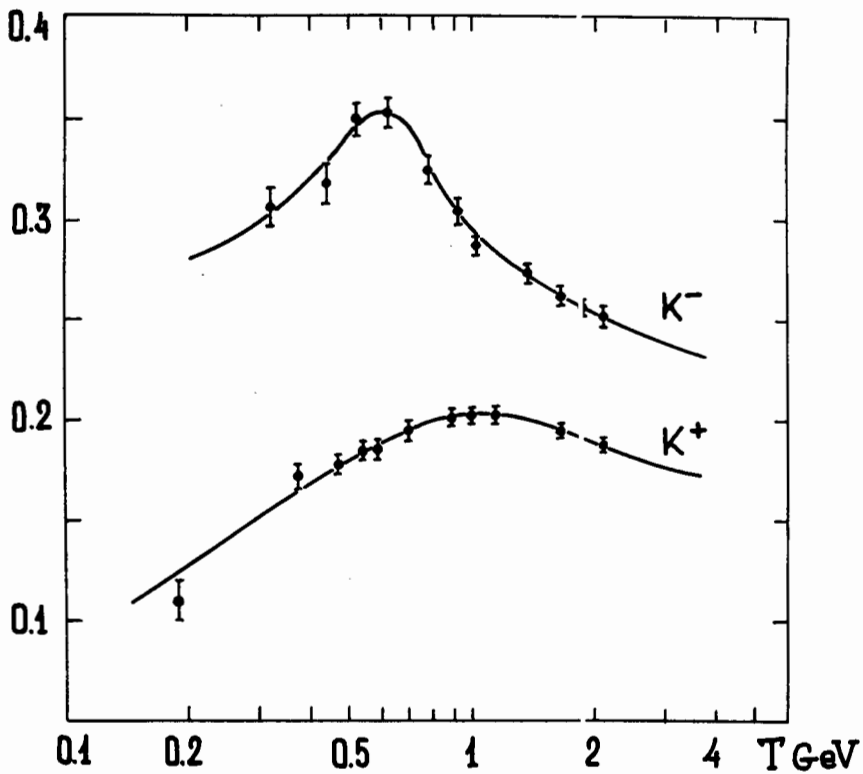


Рис. 9. Энергетическая зависимость полного сечения взаимодействий K^+ - и K^- -мезонов с углеродом (в единицах 10^{-24} см²). Кривые - аппроксимация экспериментальных точек с помощью оптической модели.

Таблица 1
Полное сечение взаимодействия протонов и нейтронов

Взаимодейст- вие	T	σ_t [мб]	литература
1	2	3	4
p + He ⁴	48,8 ± 0,5 МэВ	391	[68]
	53 ± 4	272,7 ± 7,3 ^x	[46]
	136 ± 5	117, ± 0,8	[135]
	149 ± 5	112,4 ± 0,8	[135]
	630 ± 15	150 ± 13	[110]
	970 ± 10	116 ± 17	[148]
	1 ± 0,003 ГэВ	152 ± 8	[102]
n + He ⁴	47,5 ± 12 МэВ	377 ± 12	[99]
	77,1 ± 1	221,5 ± 4,4	[128]
	88 ± 14	199 ± 6	[99]
	88,2 ± 1	195 ± 4,0	[128]
	110,1 ± 1	154,9 ± 3,0	[128]
	129,1 ± 1	136,0 ± 2,8	[128]
	147 ± 6	114,5 ± 1,0	[135]
	150,1 ± 1	121,4 ± 2,4	[128]
	1 ± 0,003 ГэВ	199 ± 11	[102]
p + Li ⁶	18,1 ± 0,05 ГэВ	232 ± 5	[26]
	p + Li ⁷	408 ± 10 МэВ	194 ± 8
n + Li ⁷		18,1 ± 0,05 ГэВ	250 ± 5
	n + Li ⁷	85 ± 28 МэВ	314 ± 6
280 ± 45		164 ± 7	[85]
765 ± 30		221,2 ± 4,7	[34]
p + Be ⁹	208 ± 4 МэВ	247 ± 4	[70]
	315 ± 8	229 ± 8	[70]
	408 ± 10	242 ± 6	[127]
	650 ± 5	272 ± 7	[131]
	860 ± 50	≤ 316 ± 16	[58]
	2,2 ± 0,13 ГэВ	301 ± 5	[124, 125]
	18,4 ± 0,05	278 ± 4	[26]

1	2	3	4	
n + Be ⁹	85 ± 28 МэВ	431 ± 8	[61]	
	95 ± 26	396 ± 4	[72]	
	156 ± 3	258 ± 14	[159]	
	270 ± 60	229 ± 3	[71]	
	280 ± 45	225 ± 4	[85]	
	380 ± 50	233 ± 4	[76]	
	410 ± 20	231 ± 4	[133]	
	500 ± 70	249 ± 3	[76]	
	590 ± 80	261 ± 4	[75, 76]	
	630	274 ± 4	[76]	
	1,4 ± 0,2 ГэВ	308 ± 13	[62]	
	p + C ¹²	208 ± 4 МэВ	296 ± 4	[70]
		315 ± 8	292 ± 6	[70]
408 ± 10		285 ± 4	[127]	
650 ± 5		340 ± 10	[131]	
860 ± 50		≤ 405 ± 23	[58]	
902 ± 10		392 ± 24	[33]	
907 ± 23 - 30		362,0 ± 2,4	[126]	
967 ± 10		374 ± 34	[24]	
1 ± 0,003 ГэВ		370 ± 9	[102]	
2,2 ± 13 3		367 ± 8 ~ 390	[124, 125] [11]	
n + C ¹²		20,6 ± 0,05	335 ± 7	[26]
		47,5 ± 12 МэВ	984 ± 20	[99]
		48,80 ± 1,80	969 ± 9	[36]
	50,60 ± 1,90	930 ± 9	[36]	
	52 ± 1,5	892 ± 22	[160]	
	52,5 ± 2,0	912 ± 9	[36]	
	54,5 ± 2,1	878 ± 9	[36]	
	56,6 ± 2,2	844 ± 8	[36]	
	58,8 ± 2,3	808 ± 8	[36]	
	60 ± 1,5	789 ± 12	[160]	
	61,0 ± 0,5	674 ± 62	[65, 66]	
	61,1 ± 2,4	782 ± 7	[36]	
	63 ± 1,6	784 ± 5	[158, 160]	
	63,5 ± 2,5	775 ± 7	[36]	
	66, 1 ± 1,0	671 ± 42	[65, 66]	
	66,1 ± 2,7	740 ± 7	[36]	
	68,9 ± 0,0	698 ± 9	[36]	
	71,2 ± 0,5	601 ± 41	[65, 66]	
72,0 ± 3,2	666 ± 6	[36]		
75,3 ± 3,5	654 ± 6	[36]		
76,7 ± 0,5	614 ± 31	[65, 66]		
78	590 ± 15	[119]		

I	2	3	4
	78,9 ± 3,8	617 ± 6	[36]
	81,2 ± 1,0	585 ± 17	[65,66]
	82,8 ± 4,0	582 ± 6	[36]
	84 ± 1,5	571 ± 6	[160]
	85	545 ± 10	[119]
	85 ± 28	550 ± 11	[61]
	85,5 ± 0,5	602 ± 19	[65,66]
	86,9 ± 4,3	555 ± 6	[36]
	88	530 ± 10	[119]
	88 ± 14	560 ± 8	[99]
	88,2 ± 1	547 ± 11	[128]
	91,3 ± 4,6	535 ± 6	[36]
	92,3 ± 7	520 ± 80	[65,66]
	93,4 ± 0,5	518 ± 6	[65,66]
	95 ± 1,5	508 ± 5	[158,160]
	95 ± 26	498 ± 3	[72]
	96,0 ± 4,8	509 ± 6	[36]
	97 ± 5	500 ± 12	[132]
	97,2 ± 1,0	494 ± 4	[65,66]
	98,1 ± 1	490 ± 10	[128]
	99,4 ± 4	518 ± 4	[65,66]
	100	470 ± 10	[119]
	101,0 ± 5,0	472 ± 6	[36]
	101,1 ± 0,5	466 ± 7	[65,66]
	106,0 ± 5,3	456 ± 5	[36]
	106,8 ± 2	508 ± 18	[65,66]
	110,0 ± 1	439 ± 9	[119]
	111	437 ± 8	[50]
	111,5 ± 5,7	435 ± 7	[36]
	114	420 ± 15	[119]
	117 ± 2	408 ± 4	[160]
	117 ± 5	392 ± 6	[132]
	117,5 ± 6,0	405 ± 12	[36]
	119,6 ± 1	403 ± 8	[128]
	126 ± 2	390 ± 3	[160]
	129,4 ± 1	375 ± 8	[128]
	131	365 ± 15	[119]
	139 ± 3	355 ± 3	[102]
	140 ± 5	349 ± 4	[132]
	140,9 ± 1	346 ± 7	[128]
	150,9 ± 1	341 ± 7	[128]
	153 ± 3	330 ± 3	[159,160]
	155	270 ± 20	[119]
	156 ± 5	325 ± 10	[132]
	160 ± 30	296 ± 6	[73]

I	2	3	4
	169 ± 4	323 ± 3	[153]
	180 ± 7	311 ± 9	[132]
	190 ± 40	291 ± 9	[75]
	220 ± 10	296 ± 3	[133]
	220 ± 45	285 ± 60	[75]
	270 ± 60	288 ± 3	[71]
	280 ± 45	279 ± 4	[85]
	351,5 ± 10	285,3 ± 1,6	[11]
	380 ± 50	286 ± 2	[75]
	410 ± 20	297 ± 3	[133]
	500 ± 70	306 ± 2	[75]
	590 ± 80	319 ± 2	[75, 76]
	630	324,0 ± 1,5	[105]
	630 ± 85	338 ± 5	[75]
	765 ± 30	342,1 ± 3,7	[34]
	1,4 ± 0,2 ΓЭВ	378 ± 10	[62]
	5 ± 0,4	319 ± 20	[13]
	8,3 ±	345 ± 15	[135]
n + N ¹⁴	47,5 ± 12 МЭВ	1110 ± 25	[99]
	85 ± 28	656 ± 21	[61]
	88 ± 14	636 ± 10	[99]
	88,2 ± 1	622 ± 12	[28]
	95 ± 26	570 ± 7	[72]
	98,1 ± 1	564 ± 11	[28]
	110,0 ± 1	508 ± 10	[28]
	119,6 ± 1	471 ± 9	[28]
	129,4 ± 1	437 ± 9	[28]
	140,9 ± 1	407 ± 8	[28]
	150,9 ± 1	389 ± 8	[28]
p + 0 ¹⁶	208 ± 4 МЭВ	395 ± 8	[10]
	315 ± 8	379 ± 10	[10]
	408 ± 10	406 ± 3	[27]
	650 ± 5	416 ± 30	[11]
	907 + 23 - 30	469 ± 10	[26]
	1 ± 0,03 ΓЭВ	475 ± 44	[12]
n + 0 ¹⁶	47,5 ± 12 МЭВ	1220 ± 25	[9]
	85 ± 28	765 ± 20	[61]
	88 ± 14	743 ± 15	[9]
	88,2 ± 1	731 ± 15	[28]
	93,4 ± 0,5	721 ± 13	[35, 66]
	95 ± 26	663 ± 7	[72]
	97,2 ± 1,0	675 ± 9	[35, 66]
	98,1 ± 1	648 ± 13	[28]
	101,1 ± 0,5	649 ± 14	[35, 66]

I	2		3	4
	106,8	± 2	668 ± 42	[65,66]
	109	± II	656 ± 6	[5]
	110,0	± I	581 ± 12	[128]
	117	± I5	598 ± 6	[5]
	119,6	± I	537 ± II	[128]
	129,4	± I	497 ± 10	[128]
	132	± 12	518 ± 6	[5]
	140,9	± I	451 ± 9	[128]
	149	± II	473 ± 6	[5]
	150,9	± I	441 ± 9	[128]
	156	± 3	430 ± 4	[159]
	169	± 4	430 ± 5	[157]
	169	± 9	431 ± 6	[5]
	270	± 60	372 ± 7	[71]
	280	± 45	380 ± 8	[85]
	351,5	± 2,0	366 ± 3	[11]
	380	± 50	376 ± 6	[76]
	410	± 20	278 ± 5	[133]
	500	± 70	398 ± 4	[76]
	590	± 80	407 ± 5	[75,76]
	630	± 85	422 ± 9	[76]
	765	± 30	460,7 ± 6,0	[34]
n + Mg ²⁴³	85	± 28	MэВ 1030 ± 20	[61]
p + Al ²⁷	208	± 4	MэВ 592 ± 10	[70]
	315	± 8	580 ± 16	[70]
	650	± 5	710 ± 32	[131]
	830	± 15	> 530 ± 4	[64]
	860	± 50	≤ 750 ± 50	[58]
	902	± 10	823 ± 30	[33]
	2,2	± 0,13	ГэВ 739 ± 24	[124,125]
	18,4	± 0,05	687 ± 10	[26]
n + Al ²⁷	47,5	± 12	MэВ 1750 ± 35	[99]
	48,80	± 1,80	1690 ± 24	[36]
	50,60	± 1,90	1680 ± 23	[36]
	52	± 1,5	1627 ± 41	[160]
	52,5	± 2,0	1630 ± 21	[36]
	54,5	± 2,1	1620 ± 19	[36]
	56,6	± 2,2	1530 ± 19	[36]
	58,8	± 2,3	1500 ± 18	[36]
	60	± 1,5	1439 ± 25	[160]
	61,1	± 2,4	1510 ± 18	[36]
	63,5	± 2,5	1453 ± 17	[36]
	66,1	± 2,7	1406 ± 16	[36]
	68,9	± 3,0	1343 ± 19	[36]
	72,0	± 3,2	1319 ± 15	[36]
	75,3	± 3,5	1272 ± 15	[36]

1	2	3	4
	78,9 ± 3,8	1254 ± 15	[36]
	82,8 ± 4,0	1184 ± 14	[36]
	84 ± 1,5	1188 ± 11	[160]
	84 ± 34	1140 ± 30	[39]
	85 ± 29	1120 ± 20	[61]
	86,9 ± 4,3	1103 ± 13	[36]
	88 ± 14	1200 ± 25	[99]
	88,2 ± 1	1026 ± 22	[128]
	93,4 ± 0,5	1067 ± 29	[65,66]
	95 ± 26	993 ± 11	[72]
	96,0 ± 4,8	1032 ± 13	[36]
	97,2 ± 1,0	1046 ± 23	[65,66]
	98,1 ± 1	993 ± 20	[128]
	101,1 ± 5,0	955 ± 12	[36]
	101,1 ± 0,5	920 ± 50	[65,66]
	106,0 ± 5,3	910 ± 12	[36]
	106,8 ± 2	1064 ± 130	[65,66]
	110,0	88 ± 18	[65]
	III	905 ± 18	[50]
	III,5 ± 5,7	889 ± 12	[36]
	II5 ± 30	733 ± 12	[73]
	II7 ± 2	833 ± 8	[160]
	II7,5 ± 6,0	818 ± 12	[36]
	II9,6 ± 1	816 ± 16	[128]
	I26 ± 2	799 ± 17	[160]
	I29,4 ± 1	763 ± 15	[128]
	I39 ± 3	729 ± 11	[160]
	I40,9 ± 1	705 ± 14	[128]
	I50,9 ± 1	672 ± 13	[128]
	I53 ± 3	677 ± 11	[159,160]
	I80 ± 35	575 ± 13	[73]
	I90 ± 40	540 ± 28	[73]
	220 ± 45	576 ± 21	[73]
	240 ± 50	576 ± 12	[73]
	270 ± 60	555 ± 8	[71]
	280 ± 45	566 ± 18	[85]
	351,5 ± ¹⁰ / ₁₅	565 ± 4,5	[11]
	380 ± 50	582 ± 8	[76]
	410 ± 20	587 ± 7	[133]
	500 ± 70	612 ± 4	[76]
	590 ± 80	631 ± 9	[90,16]
	630 ± 85	645 ± 7	[75,76]
	765 ± 30	660,2 ± 7,3	[34]
	I,4 ± 0,2 ГЭВ	703 ± 18	[62]
	5 ± 0,4	614 ± 33	[13]
	8,3	600 ± 23	[136]
n + S1 ²⁸¹	93,4 ± 0,5 МЭВ	1136 ± 52	[65,66]
	97,2 ± 1,0	1067 ± 42	[65,66]

I	2		3	4
	101,1 ± 0,5		1040 ± 90	[65,66]
	106,8 ± 0,5		925 ± 220	[65,66]
p + s ³²	208 ± 4	МЭВ	680 ± 20	[70]
	315 ± 8		686 ± 18	[70]
n + s ³²	410 ± 20	МЭВ	672 ± 9	[133]
p + Cl ^{35,5}	208 ± 4		740 ± 20	[70]
	315 ± 8		740 ± 20	[70]
n + Cl ^{35,5}	76,7 ± 0,5	МЭВ	1420 ± 85	[66]
	81,2 ± 1,0		1597 ± 59	[66]
	85 ± 28		1380 ± 30	[61]
	85,5 ± 0,5		1371 ± 59	[66]
	93,4 ± 0,5		1382 ± 58	[66]
	95 ± 26		1280 ± 20	[72]
	97,2 ± 1,0		1336 ± 40	[66]
	99,4 ± 4		1332 ± 19	[66]
	101,1 ± 0,5		1380 ± 75	[66]
	106,8 ± 2		1260 ± 90	[66]
	410 ± 20		742 ± 9	[133]
n + Al ³⁹	47,5 ± 12	МЭВ	2080 ± 45	[99]
	88 ± 14		1480 ± 20	[99]
p + Ca ⁴⁰	830 ± 15	МЭВ	> 720 ± 10	[64]
n + Ti ^{47,9}	61,0 ± 0,5	МЭВ	1905 ± 90	[66]
	66,1 ± 1,0		2210 ± 80	[66]
	71,2 ± 0,5		1880 ± 80	[66]
	76,7 ± 0,5		1760 ± 90	[66]
	81,2 ± 1,0		1900 ± 57	[66]
	85,5 ± 0,5		1772 ± 59	[66]
	92,3 ± 7		1737 ± 15	[66]
	93,4 ± 0,5		1650 ± 41	[66]
	97,2 ± 1,0		1565 ± 29	[66]
	99,4 ± 4		1628 ± 20	[66]
	101,1 ± 0,5		1574 ± 54	[66]
n + Fe ^{55,9}	106,8 ± 2		1490 ± 80	[66]
	51 ± 2	МЭВ	2350 ± 100	[161]
	59 ± 2		2200 ± 100	[161]
	69 ± 2		2150 ± 100	[161]
	79 ± 2		2000 ± 100	[161]
	90 ± 2		1850 ± 90	[161]
	93,4 ± 0,5		1947 ± 48	[65,66]
	97,2 ± 1,0		1874 ± 37	[65,66]
	101,1 ± 0,5		1735 ± 80	[65,66]
	104 ± 2		1750 ± 80	[161]
	106,8 ± 2		1940 ± 185	[65,66]
	III		1680 ± 30	[50]
	156 ± 3		1238 ± 16	[159]
	410 ± 20		1073 ± 12	[133]

1	2	3	4	
p+Cu ^{63,5}	902 ± 10	МЭВ	1530 ± 160	[33]
	2,2 ± 0,13	ГЭВ	1534 ± 85	[1:4,125]
	18,4 ± 0,05		1360 ± 20	[26]
n + Cu ^{63,5}	47,5 ± 12	МЭВ	2810 ± 70	[36]
	48,80 ± 1,80		2680 ± 35	[36]
	50,60 ± 1,90		2770 ± 33	[36]
	51 ± 1,5		2600 ± 70	[161]
	52 ± 1,5		2630 ± 50	[160]
	52,5 ± 2,0		2740 ± 31	[36]
	54,5 ± 2,1		2720 ± 31	[36]
	56,6 ± 2,2		2690 ± 30	[36]
	58,8 ± 2,3		2620 ± 28	[36]
	59 ± 2		2550 ± 70	[161]
	60 ± 1,5		2559 ± 40	[160]
	61,0 ± 0,5		2440 ± 20	[66]
	61,1 ± 2,4		2630 ± 28	[36]
	63,4 ± 2,5		2630 ± 27	[36]
	66,1 ± 1,0		2495 ± 80	[66]
	66,1 ± 2,7		2540 ± 26	[36]
	68,9 ± 3,0		2520 ± 36	[36]
	71,2 ± 0,5		2450 ± 103	[66]
	72,0 ± 3,2		2490 ± 24	[36]
	75,3 ± 2,5		2410 ± 22	[36]
	76,7 ± 0,5		2150 ± 100	[66]
	78,9 ± 3,8		2370 ± 21	[36]
	81,2 ± 1,0		2335 ± 65	[66]
	82,8 ± 4,0		2250 ± 20	[36]
	84 ± 1,5		2260 ± 22	[160]
	84 ± 34		2,50 ± 40	[39]
	85 ± 28		2220 ± 40	[61]
	85,5 ± 0,5		2225 ± 70	[66]
86,9 ± 4,3		2220 ± 19	[36]	
88 ± 14		2265 ± 35	[99]	

1	2	3	4
	91,3 ± 4,6	2130 ± 19	[36]
	92,3 ± 7	2139 ± 19	[66]
	93,4 ± 0,5	2204 ± 56	[66]
	95 ± 2,3	2000 ± 20	[72]
	96,0 ± 4,8	2050 ± 19	[136]
	97,2 ± 1,0	2023 ± 39	[66]
	99,7 ± 4	2118 ± 23	[66]
	101,0 ± 5,0	1970 ± 17	[36]
	101,1 ± 0,5	1880 ± 70	[66]
	106,0 ± 3,3	1860 ± 17	[36]
	106,8 ± 2	1935 ± 110	[66]
	111	1870 ± 30	[50]
	111,5 ± 5,7	1790 ± 17	[36]
	115 ± 25	1520 ± 60	[73]
	115 ± 30	1490 ± 20	[73]
	117 ± 2	1702 ± 10	[160]
	117,5 ± 6,0	1680 ± 17	[36]
	126 ± 12	1627 ± 22	[160]
	139 ± 3	1490 ± 20	[160]
	145 ± 30	1310 ± 40	[73]
	153 ± 3	1376 ± 18	[159, 160]
	155 ± 30	1300 ± 40	[73]
	180 ± 35	1250 ± 30	[73]
	190 ± 40	1150 ± 40	[73]
	220 ± 45	1150 ± 35	[73]
	240 ± 50	1150 ± 20	[73]
	270 ± 60	1145 ± 32	[71]
	280 ± 45	1190 ± 20	[85]
	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	1138 ± 9	[11]
	380 ± 50	1170 ± 30	[76]
	410 ± 20	1187 ± 14	[133]
	500 ± 70	1210 ± 20	[76]
	590 ± 80	1250 ± 40	[75, 76]
	630 ± 85	1310 ± 30	[76]
	765 ± 30	1310 ± 24	[34]
	1,4 ± 0,2 ГЭВ	1388 ± 39	[62]
	3	1260 ^{xx}	[140]
	5 ± 0,4	1158 ± 34	[13]
	8,3	1217 ± 48	[136]
n + Zn ^{65,4}	85 ± 18 МЭВ	2210 ± 40	[61]
n + Ca ^{112,4}	48,80 ± 1,80 МЭВ	3370 ± 53	[36]
	50,60 ± 1,90	3400 ± 50	[36]
	52 ± 1,5	3376 ± 52	[160]
	52,5 ± 2,0	3390 ± 49	[36]
	54,5 ± 2,1	3450 ± 48	[36]

	2	3	4
	56,6 ± 2,2	3440 ± 47	[36]
	58,8 ± 2,3	3500 ± 45	[36]
	60 ± 1,5	3324 ± 48	[160]
	61,1 ± 2,4	3500 ± 44	[36]
	63,5 ± 2,5	3540 ± 43	[36]
	66,1 ± 2,7	3530 ± 42	[36]
	68,9 ± 3,0	3580 ± 49	[36] -
	72,0 ± 3,2	3520 ± 39	[36]
	75,3 ± 3,5	3540 ± 38	[36]
	78,9 ± 3,8	3530 ± 38	[36]
	82,8 ± 4,0	3400 ± 35	[36]
	84 ± 1,5	3341 ± 31	[160]
	86,9 ± 4,3	3320 ± 35	[36]
	91,3 ± 4,6	3240 ± 35	[36]
	93 ± 1,5	3146 ± 61	[160]
	96,0 ± 4,8	3170 ± 34	[36]
	101,0 ± 5,0	3020 ± 35	[36]
	102 ± 2	3083 ± 52	[160]
	106,0 ± 5,3	2930 ± 35	[36]
	111	2850 ± 60	[50]
	111,5 ± 5,7	2820 ± 35	[36]
	117 ± 2	2686 ± 37	[160]
	117,5 ± 6,0	2660 ± 33	[36]
	126 ± 2	2568 ± 30	[160]
	139 ± 3	2349 ± 19	[160]
	410 ± 20	1848 ± 21	[133]
n + Sn ^{118,7}	85 ± 28 МЭВ	3280 ± 60	[61]
	95 ± 26	3180 ± 30	[72]
	190 ± 40	190 ± 70	[73]
	270 ± 60	1870 ± 30	[71]
	280 ± 45	1830 ± 30	[85]
	351,5 + 10	1887 ± 15	[11]
	380 ± 50 - 15	1880 ± 40	[76]
	500 ± 70	1930 ± 30	[76]
	590 ± 80	1980 ± 40	[75, 76]
	630 ± 85	2030 ± 40	[76]
	1,4 ± 0,2 ГЭВ	2202 ± 62	[62]
	5,0 ± 0,4	1986 ± 88	[13]
	8,3	1805 ± 57	[136]
n + Sb ^{121,8}	51 ± 2 МЭВ	3400 ± 100	[161]
	59 ± 2	3300 ± 100	[161]
	69 ± 2	3550 ± 100	[161]
	79 ± 2	3350 ± 100	[161]

1	1		3	4
	90 ± 1		3050 ± 100	[161]
	104 ± 2		3050 ± 100	[261]
	111		2910 ± 60	[50]
	765 ± 30		2149 ± 74	[34]
n + Ba ^{137,4}	156 ± 3	МЭВ	2476 ± 88	[159]
n + Ta ¹⁸¹	51 ± 1	МЭВ	4100 ± 150	[161]
	59 ± 1		3950 ± 150	[161]
	71 ± 1		4200 ± 170	[161]
	80 ± 1		4200 ± 170	[161]
	90 ± 1		4100 ± 150	[161]
	104 ± 2		4150 ± 150	[161]
n + W ^{183,9}	270 ± 60	МЭВ	2610 ± 50	[71]
	380 ± 50		2690 ± 40	[76]
	500 ± 70		2730 ± 30	[76]
	590 ± 80		2780 ± 60	[75, 76]
	630 ± 85		2820 ± 50	[76]
n + Hg ^{200,6}	61,0 ± 0,5	МЭВ	3770 ± 490	[66]
	66,1 ± 1,0		5000 ± 400	[66]
	71,2 ± 0,5		5320 ± 575	[66]
	76,7 ± 0,5		4310 ± 200	[66]
	81,2 ± 1,0		4985 ± 150	[66]
	85, 5 ± 0,5		4680 ± 150	[66]
	92,3 ± 7		4765 ± 120	[66]
	93,4 ± 0,5		4315 ± 150	[66]
	97,2 ± 1,0		4450 ± 105	[66]
	99,4 ± 4		4697 ± 50	[66]
	101, 1 ± 0,5		4525 ± 180	[66]
	106,8 ± 2		4540 ± 255	[66]
	111		4200 ± 80	[50]
	280 ± 45		2800 ± 30	[85]
p + Pb ^{207,2}	830 ± 15	МЭВ	> 2080 ± 40	[64]
	1 ± 0,003	ГЭВ	3155 ± 450	[102]
	3		3300 ^{xx}	[140]
	18,4 ± 0,05		3290 ± 100	[26]
n + Pb ^{207,2}	47,5 ± 12	МЭВ	4460 ± 100	[36]
	48,80 ± 1,80		4290 ± 52	[36]
	50,60 ± 1,90		4290 ± 50	[36]
	52 ± 1,5		4274 ± 67	[160]

1	2	3	4
	52,5 ± 2,0	4300 ± 50	[36]
	54,5 ± 2,1	4410 ± 48	[36]
	55	4220 ± 70	[134]
	56,6 ± 2,2	4390 ± 46	[36]
	58,8 ± 2,3	4430 ± 45	[36]
	60 ± 1,5	4236 ± 52	[160]
	61,0 ± 0,5	4590 ± 225	[65,66]
	61,1 ± 2,4	4460 ± 44	[36]
	63,5 ± 2,5	4640 ± 43	[36]
	64 ± 1,5	4463 ± 82	[160]
	66,1 ± 1,0	4550 ± 160	[65,66]
	66,1 ± 2,7	4610 ± 42	[36]
	68,9 ± 2,0	4620 ± 55	[36]
	71,2 ± 0,5	4650 ± 195	[65,66]
	72 ± 1,5	4762 ± 94	[160]
	72,0 ± 3,2	4690 ± 40	[36]
	75,3 ± 3,5	4760 ± 39	[36]
	76,7 ± 0,5	4590 ± 225	[65,66]
	78,9 ± 3,8	4790 ± 38	[36]
	79 ± 1,5	4742 ± 52	[160]
	81,2 ± 1,0	4450 ± 160	[65,66]
	82,8 ± 4,0	4780 ± 37	[36]
	84 ± 1,5	4625 ± 48	[160]
	84 ± 34	4470 ± 110	[39]
	85 ± 27	4530 ± 90	[61]
	85	4870 ± 60	[134]
	85,5 ± 0,5	4650 ± 195	[65,66]
	86,9 ± 4,3	4750 ± 36	[36]
	88 ± 14	4830 ± 40	[99]
	91,3 ± 4,6	4690 ± 36	[36]
	92,3 ± 7	4605 ± 120	[65,66]
	93 ± 1,5	4762 ± 66	[160]
	93,4 ± 0,5	4630 ± 90	[65,66]
	95 ± 26	4480 ± 30	[72]
	96,0 ± 4,8	4690 ± 35	[36]
	97,2 ± 1,0	4595 ± 65	[65,66]
	99,4 ± 4	4605 ± 120	[65,66]
	100,7 ± 12	4569 ± 46	[96]
	101 ± 5	4560 ± 35	[36]
	101,1 ± 0,5	4410 ± 120	[65,66]
	102 ± 2	4593 ± 64	[160]
	106,0 ± 5,3	4450 ± 34	[36]
	106,8 ± 2	4740 ± 209	[65,66]
	111	4250 ± 80	[50]
	111,5 ± 5,7	4400 ± 34	[36]
	115 ± 30	3710 ± 60	[73]

1	2	3	4
	117 ± 2	4214 ± 44	[160]
	117,5 ± 0,0	4210 ± 34	[36]
	126 ± 2	3917 ± 64	[160]
	139 ± 3	3691 ± 41	[160]
	153 ± 3	3499 ± 26	[159,160]
	180 ± 35	3060 ± 60	[73]
	190 ± 40	2850 ± 100	[73]
	220 ± 45	2990 ± 140	[73]
	240 ± 50	2880 ± 50	[73]
	270 ± 60	2840 ± 30	[71]
	280 ± 45	2890 ± 30	[85]
	351,5 ± 1,1	2828 ± 14	[11]
	380 ± 50 ⁻⁵	2810 ± 50	[76]
	410 ± 20	2890 ± 30	[133]
	500 ± 70	2850 ± 30	[76]
	590 ± 80	2920 ± 70	[75,76]
	630 ± 85	2940 ± 70	[76]
	765 ± 30	3106 ± 45	[45]
	1,4 ± 0,2	3209 ± 55	[63]
	5 ± 0,4	2534 ± 105	[13]
	8,3	2556 ± 100	[136]
n + Bi ²⁰⁹	45 ± 8	МЭВ	4800 ± 400
	52 ± 6		4400 ± 400
	60 ± 9		4150 ± 350
	70 ± 8		4930 ± 400
	78 ± 10		4790 ± 300
	90 ± 10		4750 ± 300
	105 ± 16		4670 ± 300
	111		4270 ± 80
	122 ± 16		4220 ± 300
	142 ± 22		3740 ± 350
	170 ± 25		3200 ± 450
	1,4 ± 0,2	ГЭВ	3275 ± 62
n + Th ²³²	410 ± 20	МЭВ	3210 ± 40
n + U ^{238,1}	45 ± 8	МЭВ	5000 ± 400
	48,80 ± 1,80		4760 ± 73
	50,60 ± 1,30		4820 ± 69
	52 ± 6		4330 ± 400
	52,5 ± 2,1		4680 ± 68
	54,5 ± 2,1		4780 ± 65
	56,6 ± 2,2		4680 ± 63
	58,8 ± 2,3		4690 ± 61

1	2	3	4
	60 ± 9	4360 ± 350	[161]
	61,1 ± 2,4	4800 ± 59	[36]
	63,5 ± 2,5	4860 ± 57	[36]
	66,1 ± 2,7	5040 ± 56	[36]
	68,9 ± 3,0	5030 ± 64	[36]
	70 ± 8	5200 ± 350	[161]
	72,0 ± 3,2	5100 ± 53	[36]
	75,3 ± 3,5	5120 ± 51	[36]
	78 ± 10	5150 ± 300	[161]
	78,9 ± 3,8	5070 ± 51	[36]
	82,8 ± 4,0	5220 ± 50	[36]
	85 ± 28	5030 ± 100	[61]
	86,9 ± 4,3	5190 ± 49	[36]
	90 ± 10	5100 ± 300	[161]
	91,3 ± 4,6	5190 ± 49	[36]
	95 ± 26	4920 ± 60	[72]
	96,0 ± 4,8	5200 ± 49	[36]
	101,0 ± 5,0	5080 ± 49	[36]
	105 ± 16	5000 ± 400	[161]
	106,0 ± 5,3	4920 ± 51	[36]
	111,5 ± 5,7	4820 ± 54	[36]
	117,5 ± 6,0	4610 ± 66	[36]
	122 ± 16	4800 ± 300	[161]
	142 ± 22	4190 ± 350	[161]
	170 ± 25	3000 ± 450	[161]
	190 ± 40	3280 ± 130	[73]
	270 ± 60	3290 ± 30	[71]
	280 ± 45	3140 ± 50	[85]
	380 ± 50	3250 ± 60	[76]
	410 ± 20	3230 ± 40	[133]
	500 ± 70	3270 ± 50	[76]
	590 ± 80	3290 ± 70	[76, 75]
	630 ± 85	3300 ± 80	[76]
	1,4 ± 0,2 ГэВ	3640 ± 91	[62]

x) В приведенное значение не включено сечение для углов $\theta < 10^\circ$. Однако эта часть сечения незначительна по сравнению с полным интегральным сечением.

xx) Вычислено по экспериментальному сечению упругого рассеяния на нулевой угол

$$\sigma_t = 4\pi \sqrt{3} \sigma_{el}(0) / k.$$

Таблица II

Сечение неупругого взаимодействия протонов и нейтронов

Взаимодействие			σ_{in} [мб]	Литература
1	2		3	4
$p + He^4$	53 ± 4	МэВ	1077 ± 4,4 ^x	[46]
	630 ± 15		126 ± 14	[110]
	970 ± 10		93 ± 13	[148]
	1 ± 0,0003	ГэВ	111 ± 10	[102]
$n + He^4$	90 ± 50	МэВ	92 ± 50 ⁺	[156]
$p + Li^6$	18,4 ± 0,005	ГэВ	194 ± 5,4	[26]
	180	МэВ	149,0 ± 3,0	[104]
$p + Li^{6,9}$	18,4 ± 0,05	ГэВ	208 ± 5,5	[26]
$p + Li^7$	99,1 ± 0,5	МэВ	231 ± 6	[108]
	180		172 ± 17	[104]
	185		169 ± 17	[109]
	240		169 ± 17	[109]
$p + C^{12}$	305		151 ± 15	[109]
	650 ± 5		191 ± 8	[131]
	860 ± 50		169 ± 15	[58]
	2,2 ± 0,13	ГэВ	236 ± 4,0	[124,125]
	18,4 ± 0,05		227 ± 4,8	[26]
	23,1 ± 1,1		180	[9]
	185		204 ± 20	[109]
$n + Be^9$	14 ± 0,2	ГэВ	187 ± 12	[62]
	60	МэВ	215 ± 15	[49]
$p + C^{12}$	77 ± 5		218,7 ± 7,7	[90]
	95 ± 5		232,5 ± 7,3	[90]
	99,1 ± 0,5		245 ± 7	[108]
	113 ± 5		219,4 ± 7,2	[90]
	133 ± 5		223,1 ± 6,3	[90]
	134 ± 4		220 ± 24	[51]
	180		212,3 ± 4,8	[104]
	185		204 ± 20	[109]
	240		202 ± 20	[109]
	290		199 ± 20	[130]
	305		187 ± 18	[109]

1	2	3	4
	650 ± 5	227 ± 12	[131]
	860 ± 50	209 ± 22	[58]
	902 ± 10	230 ± 20	[33]
	907 ⁺²³ ₋₃₀	241,9 ± 8,4	[126]
	967 ± 10	254 ± 37	[24]
	1 ± 0,003 ГЭВ	258 ± 17	[102]
	2,2 ± 0,13	260 ± 6	[124,125]
	2,78 ± 0,17	230 ± 12	[35]
	5	210 ± 20	[23]
	10	215 ± 10	[23]
	17 ⁺¹⁷ ₋₇	210 ± 15	[25]
	20	190 ± 20	[23]
	20,6 ± 0,05	254 ± 6,4	[26]
	23,3 ± 1,1	210	[9]
	30	230 ± 10	[23]
	32 ± 18	256 ± 15	[168]
	80	270 ± 20	[23]
	250	380 ± 50	[23]
	500	370 ± 60	[23]
	600	220 ⁺²⁰ ₋₂₆	[149]
n + c ¹²	55 ± 2 МЭВ ^{xx}	276 ± 25	[153]
	61 ± 4,5	200 ± 13	[129]
	81 ± 2 ^{xx}	202 ± 20	[163]
	95 ± 26	223 ± 7	[72]
	105 ± 3 ^{xx}	234 ± 8	[163]
	140 ± 4 ^{xx}	221 ± 9,5	[163]
	270 ± 60	145 ± 6	[71]
	300	203 ± 33	[17]
	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	≤ 200,8 ± 4,7 ⁺⁺	[12]
	765 ± 30	198 ± 18	[34]
	14. ± 0,2 ГЭВ	201 ± 13	[62]
	5 + 0,4	235 ± 16	[13]
	8,3	218 ± 8	[136]
p + N ¹⁴	800 МЭВ	≥ 260	[14]
	2,2 · 10 ³ ГЭВ	≥ 290	[14]
	5 · 10 ³	≥ 350	[14]
	10 ⁷	260 ± 110	[162]
	(10 ⁶ -10 ⁸)		
ρ : 0 ¹⁶	45 МЭВ	395 ± 27	[48]
	90 ⁺²³ ₋₃₀	296 ± 19	[126]
	1 ± 0,003 ГЭВ	296 ± 50	[102]

1	2		3	4
p + F ¹⁹	99,1 ± 0,5	МЭВ	353 ± 7	[108]
p + Mg ^{24,3}	99,4 ± 0,5	МЭВ	399 ± 11	[108]
p + Al ²⁷	60	МЭВ	420 ± 30	[49]
	77 ± 5		444 ± 14	[90]
	95 ± 5		415 ± 13	[90]
	99,7 ± 0,5		430 ± 12	[108]
	113 ± 5		408 ± 13	[90]
	134 ± 5		424 ± 13	[90]
	134 ± 4		372 ± 37	[51]
	180		390 ± 10	[104]
	185		408 ± 41	[109]
	240		383 ± 41	[109]
	290		416 ± 42	[130]
	305		334 ± 33	[109]
	650 ± 5		418 ± 22	[131]
	710		440 ± 40	[28]
	860 ± 50		394 ± 10	[58]
902 ± 10	370 ± 29	[33]		
2,2 ± 0,13	ГЭВ	503 ± 16	[124,125]	
~ 4		3,98 ± 11	[153]	
18,4 ± 0,05		472 ± 15	[26]	
23,3 ± 1,1		400	[9]	
n + Al ²⁷	55 ± 2	МЭВ ^{xx}	< 499 ± 40	[163]
	81 ± 2	xx	412 ± 33	[163]
	84 ± 3		430 ± 50	[39]
	95 ± 2		418 ± 15	[72]
	105 ± 1	xx	428 ± 10	[163]
	140 ± 1	xx	418 ± 14	[163]
	300		390 ± 23	[17]
	351,5 ± 10		≤ 395 ± 11 ⁺⁺	[12]
	765 ± 10		392 ± 10	[34]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ	414 ± 23	[62]
	3,6 ± 0,7		430 ± 56	[21]
	5 ± 0,1		381 ± 27	[13]
	8,3		380 ± 13	[136]
p + S ³²	32	ГЭВ	680 ± 100	[168]
	(15+50)			
p + Ca ^{40,1}	99,3 ± 0,5	МЭВ	580 ± 16	[108]
	180		524 ± 14	[104]

1	2		3	4
p + Sc ⁴⁵	99,2 ± 0,5	МЭВ	634 ± 18	[108]
p + Tl ^{47.9}	99,9 ± 0,5	МЭВ	674 ± 19	[109]
p + U ⁵¹	99,1 ± 0,5	МЭВ	692 ± 19	[108]
p + Fe ^{55.9}	61 ± 4,5	МЭВ	617 ± 40	[129]
	987 ± 0,5		747 ± 21	[108]
	180		662 ± 19	[104]
	2,78 ± 0,17	ГЭВ	690 ± 28	[35]
	32		790 ± 120	[168]
	(15+50)			
	37		590 ± 50	[41]
	(28+58)			
	77		610 ± 60	[41]
	(58 + 121)			
175 ± 75		690 ± 50	[77]	
178		790 ± 250	[41]	
(121+387)				
325 ± 175		570 ± 70	[77]	
500		910 +140	[15]	
600		-136		
		860 ± 280	[77]	
n + Fe ^{55.9}	37	ГЭВ	600 ± 40	[41]
	(28 + 58)			
	77		620 ± 50	[41]
	(58 ÷ 121)			
	178		670 ± 130	[41]
(121+387)				
p + Ni ^{58.7}	98,5 ± 0,5	МЭВ	771 ± 22	[108]
p + Ca ^{58.9}	98,5 ± 0,5	МЭВ	780 ± 22	[108]
p + Cu ^{63,5}	77 ± 5	МЭВ	746 ± 21	[90]
	95 ± 5		774 ± 22	[90]
	99 ± 0,5		835±23	[90]
	113 ± 5		751 ± 25	[108]
	134 ± 5		779 ± 23	[90]
	134 ± 4		752 ± 68	[51]
	185		746 ± 75	[109]
	240		667 ± 67	[109]
	290		717 ± 72	[130]
	305		608 ± 61	[109]
650 ± 50		850 ± 17	[131]	

1	2	3	4
	860±50	728 ± 17	[58]
	902±10	740 ± 52	[33]
	2,2± 0,13	ГЭВ	[124,125]
	~ 4	899 ± 38	[153]
	5,7	893	[20]
	18,4	850 ± 32	[26]
	23,1	715 ± 20	[137]
	23,3	740 ± 20	[10]
n + Cu ^{63,5}	55 ± 2	МЭВ ^{xx}	< 1122 ± 13
	81 ± 2	xx	840 ± 43
	84 ± 34		780 ± 81
	95 ± 26		782 ± 10
	105 :: 3	xx	773 ± 13
	140 :: 4	xx	741 ± 13
	270 :: 60		573 ± 23
	300		755 ± 33
	351, ⁺¹⁰ ₋₁₅		≤ 774 ± 18 ⁺⁺
	765 :: 30		742 ± 23
	1,4 :: 0,2		674 ± 34
	3,6 :: 0,7		704 ± 1,40
	5 ± 0,4		598 ± 25
	8,3		626 ± 29
p + Zn ^{65,4}	99,1 ± 0,5	МЭВ	857 ± 24
p + Zr ^{91,12}	98,8 ± 0,5	МЭВ	1077 ± 30
p + Nb ^{92,9}	98,8 ± 0,5	МЭВ	1094 ± 31
p + Ho ⁹⁶	99,1 ± 0,5	МЭВ	1119 ± 31
p + Pd ^{106,4}	98,9 ± 0,5	МЭВ	1189 ± 33
p + Ag ^{107,9}	77 ± 5	МЭВ	989 ± 38
	95 ± 5		1050 ± 36
	98,8 ± 0,5		1194 ± 33
	113 ± 5		1125 ± 38
	134 ± 5		1077 ± 41
p + Cd ^{112,4}	98,8 ± 0,5	МЭВ	1267 ± 35
	134 ± 4		1286 ± 103
	23,1	ГЭВ	1146 ± 40
	23,3		1180 ± 25
n + Cd ^{112,4}	55±2 ^{xx}	МЭВ	< 1546 ± 17
	81 ± 2 ^{xx}		1249 ± 54
	105 ± 3 ^{xx}		1198 ± 31

1	2		3	4
	140 ± 4 ^{xx}		1073 ± 19	[163]
p + In ^{114,8}	99,3 ± 0,5	MЭВ	1275 ± 46	[108]
	180		1165 ± 34	[104]
p + Sn ^{118,7}	61 ± 4,5	MЭВ	995 ± 70	[129]
	99,1 ± 0,5		1292 ± 36	[108]
	650 ± 5		1285 ± 70	[131]
	860 ± 50		1110 ± 30	[58]
n + Sn ^{118,7}	351,5 ⁺¹⁰ -15	MЭВ	≤ 1298 ± 38 ⁺⁺	[12]
	1,4 ± 0,21	Г ЭВ	1158 ± 63	[62]
	8,3		1218 ± 50	[136]
p + Sb ^{121,8}	902 ± 10	MЭВ	1153 ± 22	[33]
p + La ^{138,9}	98,8 ± 0,5	MЭВ	1450 ± 41	[108]
p + Pr ^{140,9}	98,6 ± 0,5	MЭВ	1446 ± 40	[108]
p + Nd ^{144,3}	98,6 ± 0,5	MЭВ	1496 ± 42	[108]
p + Eu ¹⁵²	99,4 ± 0,5	MЭВ	1632 ± 46	[108]
p + Gd ^{157,3}	98,3 ± 0,5	MЭВ	1596 ± 45	[108]
p + Tb ^{158,9}	98,7 ± 0,5	MЭВ	1619 ± 45	[108]
p + Dy ^{162,5}	98,2 ± 0,5	MЭВ	1630 ± 46	[108]
p + Ho ^{164,9}	99,1 ± 0,5	MЭВ	1640 ± 46	[108]
p + Tm ^{168,9}	99,3 ± 0,5	MЭВ	1637 ± 46	[108]
p + Hf ^{178,5}	98,8 ± 0,5	MЭВ	1700 ± 48	[108]
p + Ta ¹⁸¹	98,3 ± 0,5	MЭВ	1710 ± 48	[108]
	5,7	ГЭВ	~ 1500	[96]
p + W ^{183,9}	99,3 ± 0,5	MЭВ	1733 ± 48	[108]
p + Re ^{186,2}	99,0 ± 0,5	MЭВ	1730 ± 48	[108]
p + Pt ^{195,1}	99,3 ± 0,5	MЭВ	1815 ± 51	[108]
p + Au ¹⁹⁷	99,4 ± 0,5	MЭВ	1757 ± 49	[108]
	180		1660 ± 50	[104]
p + Tl ^{204,4}	99,6 ± 0,5	MЭВ	1791 ± 50	[108]
p + Pb ^{207,2}	60	MЭВ	1825 ± 100	[49]
	61 ± 4,5		1490 ± 77	[129]
	77 ± 5		1665 ± 60	[90]
	95 ± 5		1756 ± 67	[90]
	99,2 ± 0,5		1831 ± 51	[108]
	113 ± 5		1716 ± 56	[90]
	134 ± 5		1834 ± 62	[90]
	134 ± 4		1782 ± 143	[51]
	185		1550 ± 155	[109]
	240		1570 ± 157	[109]
	305		1480 ± 148	[109]
	650 ± 5		1930 ± 110	[131]
	860 ± 50		1680 ± 40	[58]
	902 ± 10		1660 ± 50	[33]

1	2	3	4
	2,78 ± 0,17	ГЭВ	1630 ± 74 [35]
	~4		2050 ± 13 [153]
	17 ⁺¹⁷ / ₋₇		1740 ± 90 [25]
	18,4 ± 0,05		1750 ± 126 [26]
	23,1		1810 ± 60 [137]
	23,3		1750 ± 30 [10]
	30		1550 ± 130 [31]
	23 ± 1 ⁵		2150 ± 100 [168]
	3,5 ± 0 ³		1670 ± 170 [117]
	7.10 ³		1810 ± 380 [78]
	(5.10 ³ - 1,3.10 ⁴)		
	7.4 ⁴	5300 + 800	
	(5.10 ⁴ - 1,3.10 ⁵)	-1400	[78]
n + Pb ^{207,2}	55 ± 2	МЭВ **	< 2337 ± 21 [163]
	81 ± 2	**	1977 ± 30 [163]
	81 ± 3		1680 ± 180 [39]
	95 ± 2		1740 ± 45 [72]
	105 ± 1	**	1715 ± 41 [163]
	140 ± 1	**	1704 ± 24 [163]
	270 ± 10		1420 ± 28 [71]
	300		1720 ± 80 [17]
	351,5 ⁻¹⁰ / _{.15}	≤ 1848 ± 42 ⁺⁺	[12]
	765 ± 10		1771 ± 62 [34]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ	1727 ± 45 [62]
	3,6 ± 0,7		1930 ± 300 [21]
	5 ± 0,4		1670 ± 79 [13]
	8,3		1713 ± 66 [136]
n + Bi ²⁰⁹	1,4 ± 0,2	ГЭВ	1793 ± 55 [62]
p + Th ^{232,1}	99,2 ± 0,5	МЭВ	2006 ± 56 [108]
p + U ^{238,1}	98,9 ± 0,5	МЭВ	2066 ± 58 [108]
	185		1900 ± 190 [109]
	230		2030 ± 203 [130]
	240		1770 ± 177 [109]
	290		1830 ± 183 [130]
	305		1600 ± 160 [109]
	650 ± 5		2215 ± 104 [131]

1	2	3	4	
	18,4 ± 0,05	Гэв	1860	[26]
n + U ^{238,1}	1,4 ± 0,2	Гэв	1887 ± 98	[62]

x) См. примечание x) к таблице III.

+) Получено при некоторых предположениях о величине σ_t .

xx) Указанное значение ΔT представляет собой лишь неточность средней эффективной энергии пучка нейтронов, что в несколько раз меньше энергетической ширины нейтронного пика. В области $T \approx 50$ Мэв это эквивалентно завышению сечения для среднего значения T .

++) Приведенное значение может быть завышено на величину, не превышающую 10%.

1	2	3	4
	860 ± 50	≤ 360 ± 50	[58]
	902 ± 10	453 ± 27	[33]
	2,2 ± 0,13	ГЭВ 236 ± 17	[124,125]
	18,4 ± 0,05	215 ± 11	[26]
n + Al ²⁷	84 ± 34	МЭВ 710 ± 40	[39]
	95 ± 26	575 ± 19	[72]
	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	170 ± 10 ⁺	[12]
	765 ± 30	268 ± 12	[34]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ 289 ± 29	[62]
	5 ± 0,4	233 ± 42	[43]
	8,3	220 ± 26	[136]
p + Cu ^{63,5}	340 ± 1	МЭВ 515	[147]
	902 ± 10	ГЭВ 790 ± 168	[33]
	2,2 ± 0,13	620 ± 17	[124,125]
	18,4 ± 0,05	510 ± 25	[26]
n + Cu ^{63,5}	84 ± 34	МЭВ 1370 ± 70	[39]
	95 ± 26	1218 ± 22	[72]
	270 ± 60	572 ± 23	[71]
	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	364 ± 16 ⁺	[12]
	765 ± 30	568 ± 33	[34]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ 714 ± 52	[62]
	5 ± 0,4	572 ± 42	[43]
	8,3	591 ± 56	[136]
p + Ag ^{107,9}	340 ± 1	МЭВ 884	[147]
n + Sn ^{118,7}	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	МЭВ ≥ 589 ± 24 ⁺	[12]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ 1044 ± 88	[62]
	8,3	587 ± 76	[136]
p + Pb ^{207,2}	340 ± 1	МЭВ 934	[147]
	18,4 ± 0,05	ГЭВ 1540 ± 77	[26]
n + Pb ^{207,2}	84 ± 34	2790 ± 140	[39]
	95 ± 26	2740 ± 54	[72]
	270 ± 60	1420 ± 41	[71]
	351,5 ⁺¹⁰ ₋₁₅	≥ 979 ± 40 ⁺	[12]
	765 ± 30	1335 ± 77	[34]
	1,4 ± 0,2	ГЭВ 1482 ± 71	[62]
	5 ± 0,4	864 ± 131	[43]
	8,3	843 ± 121	[136]

1	2	3	4
$n + \text{Вl}^{209}$	$1,4 \pm 0,2$	ГЭВ	1482 ± 83 [62]
$n + \text{U}^{238,1}$	$1,4 \pm 0,2$	ГЭВ	1753 ± 234 [62]

х) См. примечание х) к таблице III.

*) Приведенное значение может быть занижено на величину, не превышающую 20-25%.

Таблица IV

Полные сечения взаимодействий π^- -мезонов

Взаимодействие	T	σ_{\pm} [мб]	Литература
1	2	3	4
$\pi^- + \text{He}^4$	46 ± 6	МЭВ	[155]
	60 ± 8		[84]
	68 ± 10		[55]
	105		[84]
	153 ± 9		[44]
	230 ± 30		[101]
	273 ± 7		[111, 113]
	330 ± 6		[111, 112, 113]
	446 ± 12		[56]
	630 ± 13		[56]
	710 ± 13		[56]
	760 ± 13		[56]
	829 ± 14		[56]
	884 ± 14		[56]
	958 ± 14		[56]
	960		[29]
	970		[40]
$1,16 \pm 0,015$ ГЭВ		[56]	
1,66		[29]	
1,67		[40]	
2,26		[40]	
$\pi^- + \text{Li}^{6,9}$	85	МЭВ	[57]
			$\geq 242 \pm 10$
$\pi^- + \text{Be}^9$	85	МЭВ	[57]
			$\geq 253 \pm 20$
	140 ± 7		[100, 101]
	184 ± 7		[100, 101]
	197 ± 7		[100, 101]
	240 ± 7		[100, 101]
350 ± 7		[100, 101]	

I	2	3	3
	970 ± 15	273 ± 18	[64]
	4,2	302 ± 27	[166]
$\pi^+ + \text{Be}^9$	442 ± 8	366 ± 34	[47]
	2,86 ± 0,13	234 ± 9	[125,124]
$\pi^- + \text{C}^{12}$	85	344 ± 13	[57]
	140 ± 7	638 ± 31	[100,101]
	184 ± 7	654 ± 24	[100,101]
	197 ± 7	661 ± 21	[100,101]
	216 ± 7	666 ± 20	[100,101]
	226 ± 7	614 ± 23	[100,101]
	256 ± 7	547 ± 24	[100,101]
	290 ± 7	502 ± 20	[100,101]
	335 ± 7	469 ± 19	[100,101]
	363 ± 7	440 ± 11	[100,101]
	393 ± 7	411 ± 14	[100,101]
	490	310 ± 5	[97]
	540	305 ± 5	[97]
	590	300 ± 4	[97]
	600 ± 9	286 ± 19	[64]
	710	320 ± 5	[97]
	800 ± 12	337 ± 22	[64]
	830	310 ± 7	[97]
	900	305 ± 7	[97]
	915 ± 25	383 ± 20	[1]
	970 ± 15	330 ± 25	[64]
	1,055	325 ± 7	[97]
	1,200 ± 0,018	351 ± 26	[64]
	1,256	335 ± 7	[97]
	1,30 ± 0,02	301 ⁺²⁴ ₋₂₂	[152]
	3,66	266 ⁺	[59]
	3,76	264 ⁺	[59]
	3,86	263 ⁺	[59]
	3,96	262 ⁺	[59]
	4,06	260 ⁺	[59]
	4,16	259 ⁺	[59]
	4,2	386 ± 23	[166]
	4,26	257 ⁺	[59]
	4,46	255 ⁺	[59]
	5,46	254 ⁺	[59]
	4,66	252 ⁺	[59]
	4,76	251 ⁺	[59]

I	2		3	4
$\pi^+ + c^{12}$	442 ± 8	МЭВ	366 ± 33	[47]
	2,86 ± 0,13	ГЭВ	280 ± 12	[124,125]
	3,96		259 ⁺	[59]
	4,06		258 ⁺	[59]
	4,16		257 ⁺	[59]
	4,26		256 ⁺	[59]
	4,46		254 ⁺	[59]
	4,56		253 ⁺	[59]
	4,66		252 ⁺	[59]
	4,76		251 ⁺	[59]
	4,86		250 ⁺	[59]
	4,96		249 ⁺	[59]
	5,06		248 ⁺	[59]
	5,16		248 ⁺	[59]
	5,26		247 ⁺	[59]
	5,36		246 ⁺	[59]
	5,46		245 ⁺	[59]
	$\pi^- + o^{16}$	85	МЭВ	≥ 466 ± 18
140 ± 7			792 ± 32	[100,101]
184 ± 7			827 ± 34	[100,101]
197 ± 7			826 ± 33	[100,101]
216 ± 7			753 ± 25	[100,101]
226 ± 7			739 ± 27	[100,101]
256 ± 7			683 ± 31	[100,101]
290 ± 7			640 ± 25	[100,101]
335 ± 7			557 ± 24	[100,101]
363 ± 7			523 ± 10	[100,101]
393 ± 7		498 ± 14	[100,101]	
$\pi^- + Al^{27}$	85	МЭВ	≥ 623 ± 25	[57]
	970 ± 15		659 ± 46	[64]
	1,36 ± 0,2	ГЭВ	> 530 ± 20	[64]
	2,36		576 ⁺	[59]
	2,46		566 ⁺	[59]
	2,56		559 ⁺	[59]
	2,66		551 ⁺	[59]
	2,76		539 ⁺	[59]
	2,86		532 ⁺	[59]
	3,06		517 ⁺	[59]
	3,16		503 ⁺	[59]
	3,26		496 ⁺	[59]
	3,36		483 ⁺	[59]
	3,46		483 ⁺	[59]
	3,56		477 ⁺	[59]
	3,66		463 ⁺	[59]
3,76		461 ⁺	[59]	

1	2	3	4
	3,86	451 ⁺	[59]
	3,96	446 ⁺	[59]
	4,06	439 ⁺	[59]
	4,16	430 ⁺	[59]
	4,2	826 ± 42	[166]
	4,26	424 ⁺	[59]
	4,36	418 ⁺	[59]
	4,46	406 ⁺	[59]
	4,56	404 ⁺	[59]
	4,66	395 ⁺	[59]
	4,76	390 ⁺	[59]
	4,86	380 ⁺	[59]
	5,06	370 ⁺	[59]
	5,16	367 ⁺	[59]
	5,26	357 ⁺	[59]
	5,36	350 ⁺	[59]
$\pi^+ + \Delta 1^{27}$	442 ± 8	МЭВ	[47]
	2,16	ГЭВ	[59]
	2,26	267 ⁺	[59]
	2,36	269 ⁺	[59]
	2,46	270 ⁺	[59]
	2,56	271 ⁺	[59]
	2,66	273 ⁺	[59]
	2,76	273 ⁺	[59]
	2,76	274 ⁺	[59]
	2,86 ± 0,13	588 ± 22	[124,125]
	2,86	276 ⁺	[59]
	3,06	277 ⁺	[59]
	3,16	279 ⁺	[59]
	3,26	279 ⁺	[59]
	3,36	280 ⁺	[59]
	3,46	281 ⁺	[59]
	3,56	283 ⁺	[59]
	3,66	283 ⁺	[59]
	3,76	284 ⁺	[59]
	3,86	285 ⁺	[59]
	3,96	286 ⁺	[59]
	4,06	287 ⁺	[59]
	4,16	288 ⁺	[59]
	4,26	289 ⁺	[59]
	4,36	290 ⁺	[59]
	4,46	291 ⁺	[59]
	4,56	292 ⁺	[59]
	4,66	292 ⁺	[59]
	4,76	293 ⁺	[59]

1	2	3	4
	4,86	295 ⁺	[59]
	4,96	295 ⁺	[59]
	5,06	296 ⁺	[59]
	5,16	296 ⁺	[59]
	5,26	297 ⁺	[59]
	5,36	298 ⁺	[59]
	5,46	298 ⁺	[59]
	5,66	300 ⁺	[59]
	7,76	300 ⁺	[59]
	6,36	303 ⁺	[59]
	6,56	304 ⁺	[59]
	6,76	305 ⁺	[59]
$\pi^- + \text{Ca}^{40,1}$	970 ± 15	МэВ	908 ± 56 [64]
	1,36 ± 0,2	ГэВ	> 720 ± 30 [64]
$\pi^- + \text{Cu}^{63,5}$	85	МэВ	≥ 990 ± 15 [57]
	4,2	ГэВ	1620 ± 118 [166]
$\pi^+ + \text{Cu}^{63,5}$	442 ± 8	МэВ	1683 ± 205 [47]
	2,86 ± 0,3	ГэВ	1235 ⁺⁷⁰ ₋₃₅ [124,125]
$\pi^- + \text{Cd}^{112,4}$	85	МэВ	≥ 1590 ± 70 [57]
$\pi^+ + \text{Cd}^{112,4}$	442 ± 8	МэВ	2428 ± 530 [47]
$\pi^- + \text{Pb}^{207,2}$	85	МэВ	2400 ± 110 [57]
	1,36 ± 0,2	ГэВ	2100 ± 100 [64]

x) Приведенное значение не является чисто экспериментальной величиной; оно получено с помощью оптической модели для параметров, подобранных по экспериментальному дифференциальному сечению $\sigma_{\text{opt}}(\theta)$.

+) В работе [59] указаны лишь относительные значения сечений. Приведенные в данной таблице сечения получены нормировкой данных работы [59] на значения, вычисленные с помощью оптической модели для параметров, наилучшим образом согласующихся с другими известными экспериментальными данными.

Таблица V

Сечения упругих и неупругих взаимодействий

 π - мезонов

Взаимодействие	T	σ_{el} [мб]	σ_{in} [мб]	Литература
1	2	3	4	5
$\pi^- + He^4$	60 ± 8 МэВ	37 ± 12	52 ± 22	[84]
	105	74 ± 14	133 ± 38	[84]
	153 ± 9	95 ± 8,4	171 ± 12	[44]
	230 ± 30	51 ± 19	99 ± 12	[101]
	273 ± 7	75 ± 9	145 ± 15	[111,113]
	330 ± 6	47 ± 5	103 ± 12	[111, 112, 113]
	446 ± 12	31,5 ± 4	83 ± 3,5	[56] *)
	630 ± 13	24,5 ± 3,5	91,9 ± 3	[56] *)
	710 ± 13	23 ± 3	97 ± 3	[56] *)
	760 ± 13	29 ± 3,5	94,3 ± 3	[56] *)
	829 ± 14	25 ± 3	101,3 ± 3	[56] *)
	884 ± 14	32 ± 3	100,5 ± 3	[56] *)
	958 ± 14	35 ± 3	98,6 ± 0,0	[56] *)
	1,16 ± 0,015 ГэВ	36 ± 4	94,5 ± 4	[56] *)
$\pi^+ + He^4$	50 ± 20 МэВ		40 ± 2	[30]
$\pi^- + Be^9$	140 ± 7 МэВ	287 ± 38	273 ± 20	[100,101]
	350 ± 7	218 ± 27	150 ± 16	[100,101]
	970 ± 15	76 ± 15	197 ± 9	[64]
	4,2 ГэВ	125 ± 18	177 ± 9	[166]
$\pi^+ + Be^9$	442 ± 8 МэВ	128 ± 27	238 ± 20	[47]
	2,86 ± 0,13 ГэВ	41,5 ± 3,5	192 ± 8	[124,25]
$\pi^- + C^{12}$	216 ± 7 МэВ	316 ± 31	350 ± 24	[100,101]
	230 ± 30		307 ± 37	[74]
	256 ± 7	221 ± 39	326 ± 31	[100,101]
	290 ± 7	233 ± 32	269 ± 26	[100,101]
	350 ± 7		166 ± 21	[100,101]
	600 ± 9	70 ± 16	216 ± 10	[64]
	800 ± 12	99 ± 19	238 ± 12	[64]
	915 ± 25	89 ± 12	294 ± 18	[1]
	970 ± 15	78 ± 21	252 ± 13	[64]
	1,200 ± 0,018 ГэВ	105 ± 22	246 ± 14	[64]
	1,51 ^{+0,18} -0,25		240 ± 14	[35]
	4,2	167 ± 22	219 ± 8	[166]

1	2	3	4	5
$\pi^+ + C^{12}$	442 ± 8 МэВ	128 ± 26	238 ± 20	[47]
	2,86 ± 0,13	66,6 ± 7	213 ± 8	[124, 125]
	4,60 ± 0,15		182 ± 8	[118]
$\pi^- + Al^{27}$	970 ± 15 МэВ	217 ± 41	442 ± 20	[64]
	4,2 ГэВ	356 ± 41	470 ± 10	[166]
$\pi^+ + Al^{27}$	442 ± 8 МэВ	372 ± 37	410 ± 25	[47]
	2,86 ± 0,13 ГэВ	160 ⁺¹⁴ ₋₁₀	428 ⁺¹⁵ ₋₁₂	[124, 125]
	4,60 ± 0,15		344 ± 13	[118]
$\pi^- + Ca^{40,1}$	970 ± 15 МэВ	290 ± 60	618 ± 27	[64]
$\pi^- + Se^{55,9}$	1,51 ^{+0,18} _{-0,25} ГэВ		705 ± 37	[35]
$\pi^- + Cu^{63,5}$	4,2 ГэВ	895 ± 93	725 ± 25	[166]
	5,86		675 ± 30	[137]
	11,16		616 ± 60	[137]
	16,16		672 ± 40	[137]
$\pi^+ + Cu^{63,5}$	442 ± 8 МэВ	997 ± 175	686 ± 106	[47]
	2,86 ± 0,13 ГэВ	445 ⁺⁶⁰ ₋₂₃	790 ⁺⁴¹ ₋₂₆	[124, 125]
	4,60 ± 0,15		689 ± 33	[118]
$\pi^- + Cd^{112,4}$	5,86 ГэВ		1230 ± 50	[137]
	11,16		1120 ± 80	[137]
	16,66		1240 ± 70	[137]
$\pi^+ + Cd^{112,4}$	442 ± 8 ГэВ	1674 ± 330	754 ± 200	[47]
$\pi^- + Sn^{118,7}$	970 ± 15 МэВ		1199 ± 52	[64]
$\pi^+ + Sn^{118,7}$	4,60 ± 0,15 ГэВ		1241 ± 190	[118]
$\pi + Pb^{207,2}$	216 ± 7 МэВ		2356 ± 152	[100, 101]
	250 ± 30		2153 ± 194	[74]
	256 ± 7		2430 ± 183	[100, 101]
	290 ± 7		2313 ± 175	[100, 101]
	970 ± 15		1690 ± 100	[64]
	1,51 ^{+0,18} _{-0,25} ГэВ		1600 ± 95	[35]
	5,86		1610 ± 80	[137]
	11,16		1830 ± 130	[137]
16,166		1700 ± 120	[137]	
$\pi^+ + Pb^{207,2}$	4,60 ± 0,15 ГэВ		1912 ± 161	[118]

x) Сечения получено тем же способом, что и сечение σ_t ; см. примечание x) к таблице IV.

Таблица VI

Сечения взаимодействия антипротонов с атомными ядрами

Ядро	T	σ_a [мб]	σ_{in} [мб]	σ_t [мб]	Литература
	2	3	4	5	6
Be^9	430 ± 30 МэВ	-	-	50)	[55]
	500 ± 25			484 ± 60	[63]
	700 ± 35			425 ± 50	[63]
C^{12}	106 ± 32 МэВ	345 ± 60	474 ± 76 ^x	819 ± 97 ^x	[2]
	169 ± 31	255 ± 45	360 ± 65 ^x	615 ± 79 ^x	[2]
	300 ± 15	87 ± 232	568 ± 102	655 ± 130	[63]
	470		368 ± 60 ^x		[89]
$Cu^{63,5}$	700 ± 35	221 ± 98	436 ± 19	657 ± 79	[63]
	455 ± 40 МэВ			250)	[55]
Эмульсия	40 ± 30 МэВ		1083 ± 225		[7]
	55 ± 15		259 + 250 - 138		[54]
	72 ± 43		634 + 112 ^x - 83		[81]
	85 ± 15		674 + 244 - 218		[54]
	110 ± 40		553 + 74 - 82		[7]
	120 ± 80		716		[53]
	125 ± 25		868 ± 138		[54]
	140 ± 25		604 + 100 ^x - 75		[81]
	140 ± 100		1030 + 304 ^x - 190		[19]
	175 ± 25		587 ± 93		[54]
	182 ± 18		507 + 97 - 70		[81]
	192 ± 43		624 ± 62		[7]
	212 ± 12		704 + 140 - 100		[81]
	215 ± 15		845 + 422 - 338		[54]
	238 ± 12		604 + 142 - 97		[81]
Эмульсия ⁺	140 ± 100 МэВ		1600 ± 400		[19]
	150 + 80 - 140	530 ± 70	1210 ± 64	1740 ± 97	[6]
	2,2 ГэВ		740 ± 23		[22]
$Pb^{207,2}$	650 ± 33 МэВ		2330 ± 285		[63]

- х) Приведенное значение является сечением лишь аннигиляционных процессов и не включает вклада других неупругих каналов.
- +) В сечения не включен вклад взаимодействий с водородом фотоэмульсии.

Таблица VII

Полное сечение взаимодействия K^+ - мезонов

Ядро	T		σ_t [мб]	Литература	
C ¹²	190 ± 30	МЭВ	110 ± 10	[81]	
	374 ± 4		171 ± 6,3	[53]	
	467 ± 4		177,9 ± 5,4	[53]	
	537 ± 5		187,1 ± 5,2	[53]	
	594 ± 5		188,4 ± 4,9	[53]	
	697 ± 6		195,4 ± 4,7	[53]	
	794 ± 6		201,8 ± 4,3	[53]	
	890 ± 7		202,2 ± 4,7	[53]	
	998 ± 8		202,6 ± 4,5	[53]	
	1,146 ± 8		МЭВ	202,7 ± 4,4	[53]
	1,626 ± 11			195,6 ± 4,2	[53]
	2,107 ± 14	188,0 ± 4,2		[53]	
Al ²⁷	190 ± 30	МЭВ	280 ± 20	[81]	
Cu ^{63,5}	190 ± 30	МЭВ	650 ± 40	[81]	
Эмульсия +)	75 ± 25	МЭВ	673 ± 81	[76]	
	130 ± 20		496 ± 59	[76]	
Ag ^{107,9}	190 ± 30	МЭВ	720 ± 50	[81]	
Pb ^{207,2}	190 ± 30	МЭВ	1450 ± 100	[81]	

- +) В сечения не включен вклад взаимодействий с водородом фотоэмульсии.

Таблица VIII

Сечения неупругого взаимодействия K^+ - мезонов

Ядро	T		σ_{in} [мб]	Литература
C^{12}	$4,60 \pm 0,15$	ГэВ	136 ± 21	[118]
Al^{27}	$4,60 \pm 0,15$	ГэВ	254 ± 33	[118]
$Cu^{63,5}$	$4,60 \pm 0,15$	ГэВ	430 ± 120	[118]
Эмульсия	54 + 20	МэВ	$156 + 45$	[165]
	- 25		$- 28$	
	75 ± 45		$133 + 27$	[115]
			$- 19$	
	94 ± 25		$98 + 30$	[165]
			$- 20$	
	125 ± 25		303 ± 65	[69]
	140 + 50		$181 + 30$	[165]
	- 40		$- 23$	
	175 ± 25		269 ± 50	[69]
	225 ± 25		319 ± 50	[69]
	270 ± 30		$249 + 27$	[106]
			$- 22$	
275 ± 75	230 ± 25	[94]		
	222 ± 24	x		
Эмульсия +)	40 ± 20	МэВ	$178 + 44$	[116]
			$- 36$	
	50 ± 10		81 ± 15	[93, 95]
			405 ± 75	x
	70 ± 10		140 ± 19	[93, 95]
			389 ± 47	x
	75 ± 25		155 ± 23	[16]
	80 ± 20		218 ± 30	[116]
	90 ± 10		238 ± 23	[93, 95]
			425 ± 42	x
	120 ± 20		277 ± 29	[116]
	130 ± 20		235 ± 30	[16]
	135 ± 25		278 ± 22	[93, 95]
			420 ± 32	x
	155 ± 15		336 ± 56	[150]
160 ± 20	277 ± 29	[116]		
180 ± 10	353 ± 50	[150]		
198 ± 8	480 ± 75	[150]		
200 ± 20	$426 + 120$	[116]		
	$- 90$			
212 ± 6	458 ± 68	[150]		

+) В сечение не включен вклад взаимодействий с водородом фотоэмульсии.

Таблица IX
Полные сечения взаимодействий K^- - мезонов

Ядро	T	σ_t [мб]	Литература
C^{12}	326 ± 3 МэВ	306,0 ± 10,7	[45]
	442 ± 4	338,2 ± 9,4	[45]
	514 ± 4	351,5 ± 8,4	[45]
	615 ± 5	352,9 ± 8,2	[45]
	780 ± 6	324,7 ± 7,2	[45]
	908 ± 7	303,9 ± 7,1	[45]
	1,029 ± 8 ГэВ	287,9 ± 5,6	[45]
	1,378 ± 10	272,0 ± 4,8	[45]
	1,619 ± 11	262,7 ± 4,8	[45]
	1,867 ± 12	257,8 ± 4,7	[45]
	2,114 ± 14	252,7 ± 4,7	[45]
	2,158 ± 14	251,7 ± 5,2	[45]

Таблица X
Сечения неупругих взаимодействий K^- - мезонов

Ядро	T	σ_{in} [мб]	Литература
Эмульсия	55 ± 5 МэВ	427 ± 70	[4]
	65 ± 15	634 ⁺⁸⁶ ₋₆₈	[4]
	65 ± 15	469 ⁺⁵⁹ ₋₄₇	[121]
	95 ± 15	422 ⁺⁴⁷ ₋₃₈	[121]
	125 ± 15	431 ⁺³⁸ ₋₄₀	[121]
	270 ± 30	418 ± 35	[106]
Эмульсия ^{*)}	40 ± 10 МэВ	1100 ± 100	[27]
	60 ± 10	920 ± 70	[27]
	75 ± 5	570 ± 100	[27]

^{*)} С учетом поправки на кулоновское отталкивание.

Таблица XI
Сечения неупругого взаимодействия двух ядер

Взаимо- действие	T (на нуклон)		σ_{un} [мб]	Литература	
t + C ¹²	105 Мэв		519 ± 100	[130]	
α + C ¹²	60 Мэв		640 ± 100	[130]	
t + Al ²⁷	105 Мэв		910 ± 150	[130]	
t + Si ^{63,5}	105 Мэв		1800 ± 300	[130]	
α + Si ^{63,5}	60 Мэв		1800 ± 300	[130]	
α + эмульсия	42,5 ± 10	Мэв	2100 ± 700	[87]	
	52,5 ± 10		1500 ± 500	[87]	
	88 + 8		634 + 60 - 50	[143]	
	95		689 + 33	[169]	
	6 Гэв		618 + 74	[164]	
	6		643 + 80 - 70	[151]	
	8		689 + 190 - 123	[98]	
	10		643 + 90 - 70	[122]	
	12		724 ± 45	[8]	
	20		627 + 58 - 50	[122]	
	40		700 + 100 - 80	[122]	
	166		469 + 164 - 97	[123]	
	300		434 ± 115	[67]	
	500		491 ± 218	[146]	
	3·10 ³		373 + 36 - 48	[42,43,80]	
	D + эмульсия	> 0,3	Гэв	783 + 360 - 187	[134]
		> 1,55		805 + 84 - 70	[52]
> 1,55			941 + 126 - 100	[83,145]	
> 7			939 + 153 - 115	[122]	
CP + эмульсия		> 0,3		810 + 90 - 74	[134]
	> 1,55		936 + 64 - 56	[52]	
	> 1,55		935 + 74 - 64	[83, 145]	
	> 7		970 + 76 - 65	[125]	
	CT + эмульсия	> 1,55		1312 + 120 - 100	[83,145]

1	2	3	4	
Т + эмульсия	> 0,3	ГэВ	1323 $\begin{matrix} +200 \\ -154 \end{matrix}$	[134]
	> 1,55		1136 $\begin{matrix} +120 \\ -100 \end{matrix}$	[52]
	> 7		1093 $\begin{matrix} +125 \\ -100 \end{matrix}$	[122]
OT + эмульсия	> 1,55	ГэВ	1556 $\begin{matrix} +255 \\ -192 \end{matrix}$	[83,145]
	> 7		1360 $\begin{matrix} +395 \\ -250 \end{matrix}$	[122]
t + Ta ¹⁸¹	105	МэВ	3500 ± 500	[130]
α + Ta ¹⁸¹	60	МэВ	3600 ± 500	[130]
t + U ^{238,1}	105	МэВ	4400 ± 700	[130]

Таблица МИ

Сечения взаимодействия дейтронов с атомными ядрами

Ядро	T на нуклон)	σ_{el} [мб]	σ_{st} [мб]	σ_a [мб]	σ_{in} [мб]	σ_t [мб]	Литература
Be ⁹	80 МэВ	-	330+30	185 +19	512+25	-	[130]
C ¹²	80 МэВ		430 + 40	237 + 24	667 + 33		[130]
	325	131 + 15	161 + 8	185 + 12	346 + 9	456 + 8	[79]
	325	110 + 11		185 + 5			[103]
Al ²⁷	80 МэВ		530 + 50	465 + 47	996 + 50		[130]
	325	287 + 19		345 + 5			[103]
	325			490 + 40		1600 +170	[28]
	1,05+0,10 ГэВ		290+72				[114]
Cu ^{63,5}	80 МэВ		910+190	850+90	1760+170		[130]
	325			665 + 10			[103]
	1,05+0,10 ГэВ		550+137				[114]
Cd ^{112,4}	325 МэВ			1009+15			[103]
Ta ¹⁸¹	80 МэВ				3130+300		[130]
Pb ^{207,2}	80		1630+250	1810+180	3440+170		[130]
	325			1483+25			[103]
	1,05+0,10 ГэВ		950+237				[114]
Bi ²⁰⁹	80 МэВ				3550+180		[130]
U ^{238,1}	80 МэВ		1750+250	2060+200	3810+150		[130]