

Г-4/99

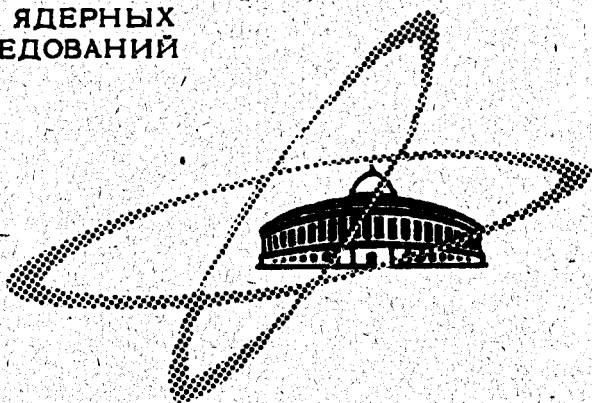
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

247/2-71

1/11-71

P1 - 5460



Н. Гиордэнеску, В.Н. Зубарев, В.И. Иванов,
Н.С. Мороз, В.Б. Радоманов, В.С. Ставинский

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИЗМЕРЕНИЕ
ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ С ПРОТОНАМИ
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ
ОТ 4,0 ДО 6,0 ГЭВ
С СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКОЙ
НЕ БОЛЕЕ 30 МИКРОБАРН

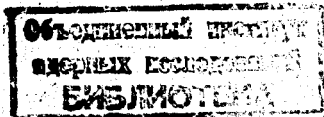
1970

P1 - 5460

Н. Гиордэнеску, В.Н. Зубарев, В.И. Иванов,
Н.С. Мороз, В.Б. Радоманов, В.С. Ставинский

**ИЗМЕРЕНИЕ
ПОЛНЫХ СЕЧЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ С ПРОТОНАМИ
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ
ОТ 4,0 ДО 6,0 ГЭВ
С СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКОЙ
НЕ БОЛЕЕ 30 МИКРОБАРН**

Доклад на XV Международной конференции по
физике высоких энергий. Киев, август 1970 г.



1. Метод измерения

Поток частиц, не испытавших взаимодействия на рассеивателе (N), связан с падающим потоком (M) соотношением

$$N = M e^{-\sigma x}$$

где σ - полное поперечное сечение (см^2), x - толщина рассеивателя (ядра/ см^2). Следовательно, для получения величины σ необходимо измерить прозрачность поглотителя $T = N / M$.

В настоящей работе величина T определялась новым методом с использованием черенковского годоскопа. Этот метод позволяет свести процедуру измерения полных сечений с реальным протяженным рассеивателем к задаче с точечным рассеивателем. Угол рассеяния частиц измерялся по смещению кольцевого изображения излучения Вавилова-Черенкова в фокальной плоскости, которое не зависит от точки взаимодействия в рассеивателе.

2. Экспериментальное оборудование

Схема установки показана на рис. 1. Первичный поток пионов измерялся черенковским счётчиком M_0 . Излучение Вавилова-Черенкова от пионов пучка попадало на диафрагму-зеркало d_0 , и собиралось

на три фотоумножителя, включенные на совпадения. Излучение от первичных и распадных мюонов попадало на диафрагму d_1 , собиралось на три фотоумножителя, включенные на антисовпадения. На рис. 2 показана зависимость эффективности счёта частиц разных масс с импульсом 4,6 Гэв/с от изменения давления газа (азот) в счётчике. Таким образом, мониторирующий счётчик M_0 регистрировал только пионы и при угловом разрешении $\pm 0,6$ миллирадиана определял оптическую ось системы. Счётчик S_1 с отверстием диаметром 70 мм включался на антисовпадение и определял размеры пучка.

На оптической оси мониторирующего счётчика за жидководородной мишенью (H_2) помещен годоскопический черенковский счётчик (Н). В фокальной плоскости годоскопа установлены диафрагмы-зеркала (6 зон). Излучение пионов, прошедших рассеиватель без взаимодействия, фокусировалось на диафрагму-зеркало под номером "0" и затем фокусировалось этой диафрагмой на два фотоумножителя, включенные на совпадения. Смещение изображения в пределах угловой ширины этой зоны $\Delta \theta_0$ определяло минимальный телесный угол для частиц, не испытавших взаимодействия. Величина $\Delta \theta_0$ выбиралась из условия регистрации пионов, испытавших мюонный распад на базе годоскопа, и составляла 10 миллирадиан. В случае рассеяния частиц на угол, больший $\Delta \theta_0$, изображение излучения попадало на диафрагму-зеркало под номером "-1" (размещена внутри зоны "0") и на диафрагму-зеркало "1". Фотоумножители зон под номерами "-1" и "1" включались на совпадение. Эта комбинация регистрировала частицы, рассеянные на угол от $\Delta \theta_0$ до $\Delta \theta_0 + \Delta \theta_1$, где $\Delta \theta_1$ - угловая ширина зоны "1". Аналогично были сконструированы еще две зоны, "2" и "3", которые также включались на совпадение с зоной "-1". За зоной "3" размещалась широкая зона "4", включенная на антисовпадение с зонами меньшего номера. Формирование зависимости эффективности зон от угла рассеяния частицы осуществлялось методом отбора по максимальному номеру. Зона "1"

включалась на антисовпадение с зонами "2", "3", "4"; зона "2" включалась на антисовпадение с зонами "3", "4" и т.д. Угловая характеристика зоны "0" формировалась антисовпадениями зон "-1" и "4". На рис. 3 показана блок-схема включения электронной логики зон под номерами "0" и "2".

Черенковский счётчик M_1 размещался за годоскопическим счётчиком и использовался для контроля эффективности нулевой зоны, а также для подавления случайных совпадений в зонах и случайных антисовпадений в зоне "0".

На рис. 4 приведена зависимость эффективности регистрации частиц от угла рассеяния.

3. Жидководородная мишень

Исходя из особенностей метода измерения (параллельности пучка первичных частиц) была изготовлена специальная жидководородная мишень с плоскими окнами и стабилизацией плотности водорода $(\pm 0,05\%)^{1/1}$. Длина мишени 500 мм.

В процессе набора статистики мишень периодически заменялась на эквивалентный макет.

4. Обработка измерений

Сечение рассеяния пионов на угол, больший угла $\Delta \theta_0$, определяемого нулевой зоной, находилось из соотношения:

$$\sigma = \frac{1}{x} \ell_n \left\{ \begin{array}{c} \frac{N_0(n)}{M_0(n)} \\ \frac{N_{01}(n)}{M_1(n)} \end{array} \quad \begin{array}{c} \frac{N_{01}(H_2)}{M_1(H_2)} \\ \frac{N_1(H_2)}{M_0(H_2)} \end{array} \quad [1 - \Delta] \right\} .$$

где x - толщина рассеивателя; $\frac{N_0(n)}{M_0(n)}$ и $\frac{N(H_2)}{M_0(H_2)}$ - про-

зрачности макета и мишени соответственно, исправленные на случайные сопадения; $\frac{H_{01}(n)}{M_1(n)}$ и $\frac{H_{01}(H_2)}{M_1(H_2)}$ - эффективности нулевой зоны при измерении прозрачности макета и мишени; Δ - малая поправка, обусловленная регистрацией δ - электронов в основном 4-ой зоне.

Величина Δ рассчитывалась по формуле:

$$\Delta = \left[1 - \frac{\frac{H_{01}(H_2)}{M_1(H_2)}}{\frac{M_{01}(n)}{M_1(n)}} \right] \frac{1 - \epsilon_1}{\epsilon_1}$$

где ϵ_1 - эффективность регистрации счётчиком M_1 пионов, образовавших δ - электроны.

В сечение рассеяния σ вводились электромагнитные поправки, обусловленные интерференцией амплитуд ядерного и электромагнитного рассеяния, однократным и многократным электромагнитным рассеянием ($\Delta\sigma_{EM}$): $\sigma_N = \sigma - \Delta\sigma_{EM}$.

$$\Delta\sigma_{EM} = \int_0^{t_{max}} [1 - E_0(t)] \frac{d\sigma_{EM}}{dt} dt,$$

где $E_0(t) = \frac{\epsilon_0(t)}{\epsilon_0(0)}$ - нормированная эффективность нулевой зоны (рис. 4) в зависимости от квадрата переданного импульса (t) ; t_{max} - максимальный переданный импульс, определяемый счётчиком S_2 (рис. 1) и

$$\frac{d\sigma_{EM}}{dt} = \alpha \frac{g}{t} \sqrt{\left. \frac{d\sigma}{dt} \right|_0} e^{-\frac{b}{2}t} F_p(t) + \frac{g^2}{t^2} F^2(t) -$$

дифференциальное сечение рассеяния, обусловленное интерференцией ядерной и электромагнитной амплитуды и чисто электромагнитной. В ве-

личину σ_N необходимо ввести поправку на ядерное рассеяние в телесный угол, охватываемый нулевой зоной: $\sigma_S = \sigma_N + \Delta \sigma_N$.

$$\Delta \sigma_N = \int_0^{t_{\max}} \frac{d\sigma_N}{dt} E_0(t) dt .$$

Вычисление этой поправки связано с экспериментальным определением функции $\frac{d\sigma_N}{dt}$, в первом приближении равной дифференциальному сечению упругого рассеяния. Используя зависимости эффективности регистрации зон $E_1(t)$, $E_2(t)$ и $E_3(t)$ (рис. 4), определяем, вводя в электромагнитные поправки три значения $\frac{d\sigma_N}{dt}(t_i)$ ($i = 1, 2, 3$) для средних квадратов переданных импульсов первой, второй и третьей зон. Затем методом наименьших квадратов аппроксимируем полученные величины функцией:

$$\frac{d\sigma_N}{dt} = A e^{-Bt} .$$

Для определения полного сечения взаимодействия необходимо величину σ_S поправить на распад пионов на базе от счётчика M_0 до центра жидководородной мишени:

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_S \left(1 + \frac{\mu}{\pi} \right) ,$$

где $\frac{\mu}{\pi}$ - доля распадных мюонов.

5. Экспериментальные данные

Полные сечения взаимодействия отрицательных пионов с протонами были измерены для четырех значений импульсов: 3,92; 4,62; 5,33; 5,95 Гэв/с. Выбранные значения энергий позволяют нормировать экспе-

риментальные данные по лучшим в настоящее время относительным величинам полных сечений, полученным в работе ^{1/2/}.

Экспериментальные данные по полным сечениям и величинам поправок приведены в таблице. В таблице указаны ошибки абсолютные и систематические (в скобках). Рис. 5 иллюстрирует экспериментальные данные по полным сечениям взаимодействия отрицательных пионов с протонами, полученные в разных работах ^{1/2,3/}, и новые данные.

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность В.А. Свиридову, И.А. Голутвину, Л.Б. Голованову, В.Г. Перевозчикову, С.Н. Пляшкевичу за помощь в работе и полезные дискуссии, а также персоналу синхрофазотрона, обеспечившему стабильную работу ускорителя.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.Т. Борзунов, Л.Б. Голованов, В.Л. Мазарский, А.П. Цвинев. Препринт ОИЯИ, P8-5212, Дубна, 1970.
2. A. Citron, W. Galbraith, T.F. Kycia, B.A. Leontic, R.H. Phillips, A. Rousset, P.H. Sharp. Phys.Rev., 144, 1101 (1966). "Structura in the Pion-Proton Total Cross Section between 2 and 7 GeV"; G. Giacomelli, P. Pini and S. Stagn. CERN-HERA, 69-1 (1969).
3. A.N. Diddens, E.W. Jenkins, T.F. Kycia and K.F. Riley. Phys.Rev.Lett., 10, 262 (1963). "Structura in the Pion-Proton Total Cross Section between 2 and 3 BeV".

Рукопись поступила в издательский отдел

23 ноября 1970 года.

Таблица
Экспериментальные величины полных сечений и поправок

Импульс пионов (Гэв/с)	3,88	4,62	5,33	6,03
Электромагнитная поправка к нулевой зоне	0,017±0,003 (0,018)	-0,013±0,002 (0,018)	- 0,030±0,001 (0,018)	-0,043±0,001 (0,018)
Поправка на регистрацию δ - электронов	-0,027±0,002 (0,004)	-0,034±0,002 (0,001)	-0,021±0,002 (0,001)	-0,010±0,001 (0,001)
Поправка на ядерное рассеяние в телесный угол нулевой зоны	0,247±0,007 (0,005)	0,290±0,007 (0,008)	0,326±0,008 (0,005)	0,400±0,009 (0,008)
Поправка на мюоны	0,077±0,008 (0,008)	0,066±0,007 (0,007)	0,057±0,006 (0,006)	0,051±0,005 (0,005)
Полные сечения	30,652±0,055 (0,021)	29,395±0,051 (0,021)	28,671±0,060 (0,021)	28,190±0,050 (0,021)

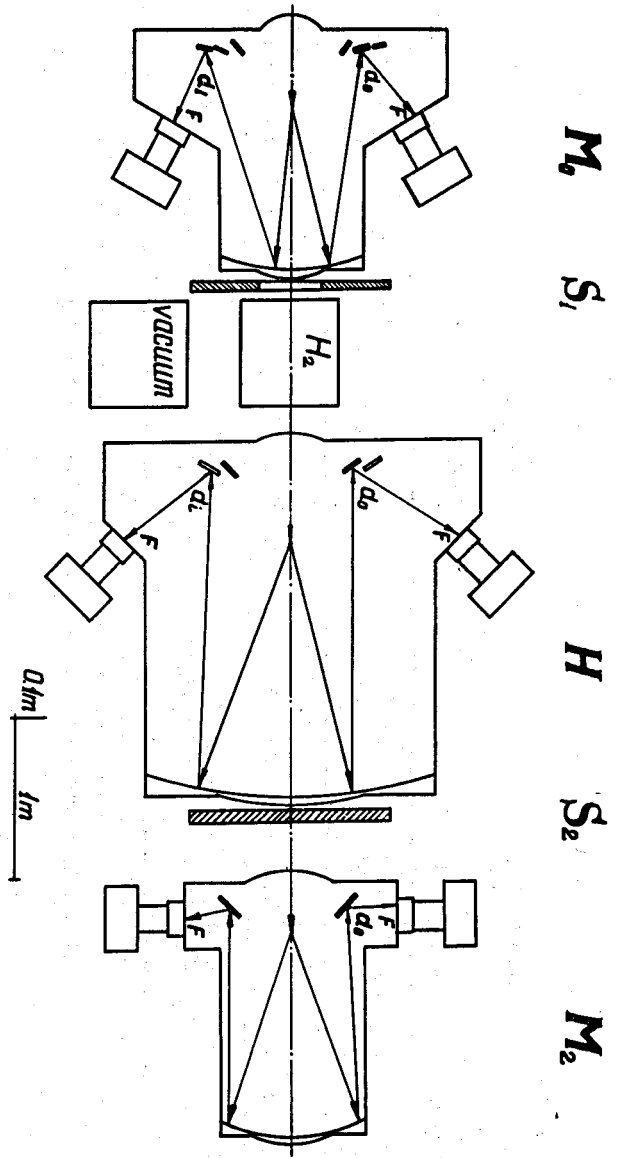


Рис. 1. Схема установки.

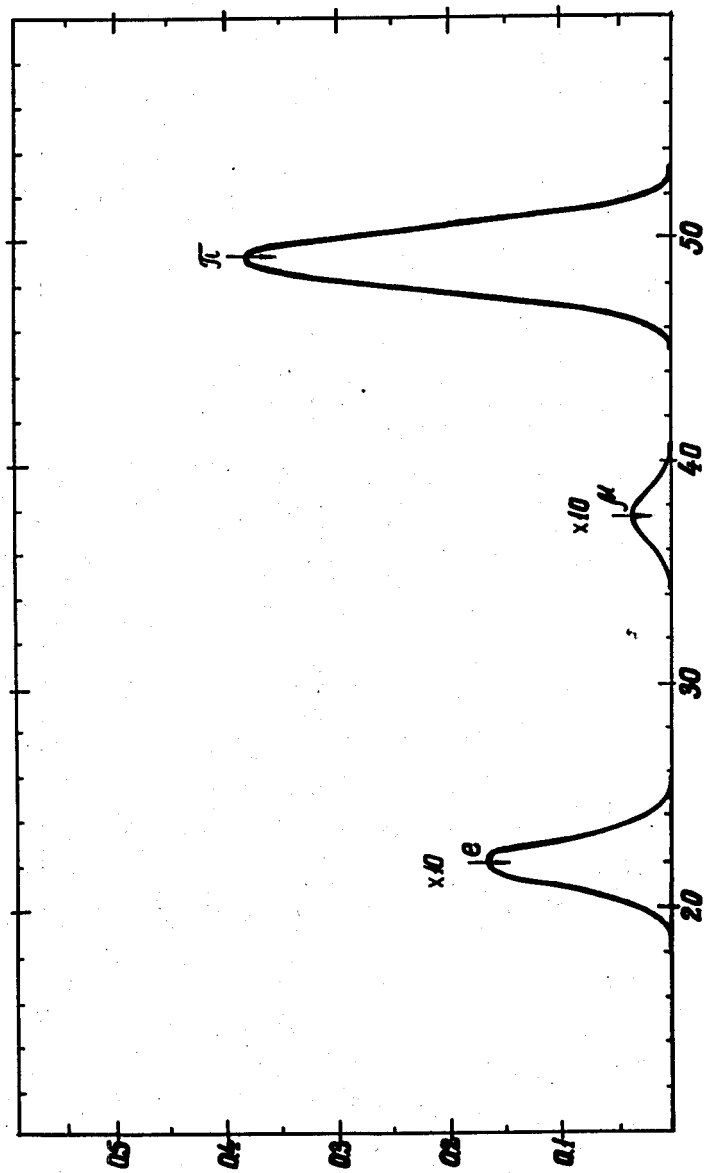
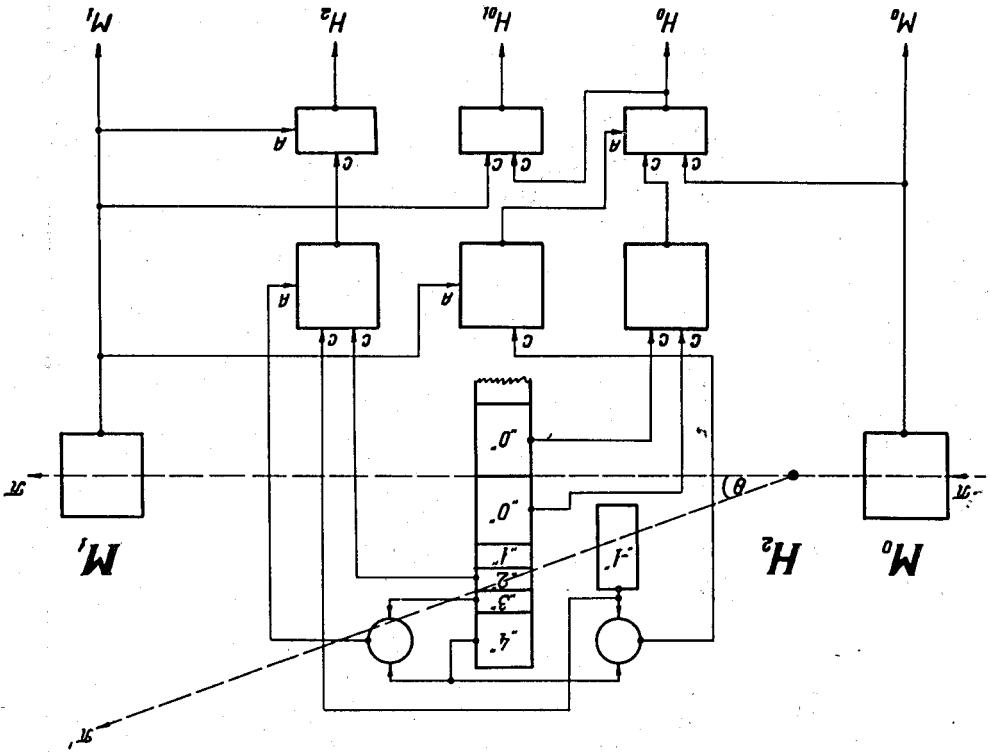


Рис. 2. Зависимость эффективности счёта частиц разных масс с импульсом 4,62 Гэв/с от давления газа.

Рис. 8. Блок-схема включения электронной логики.



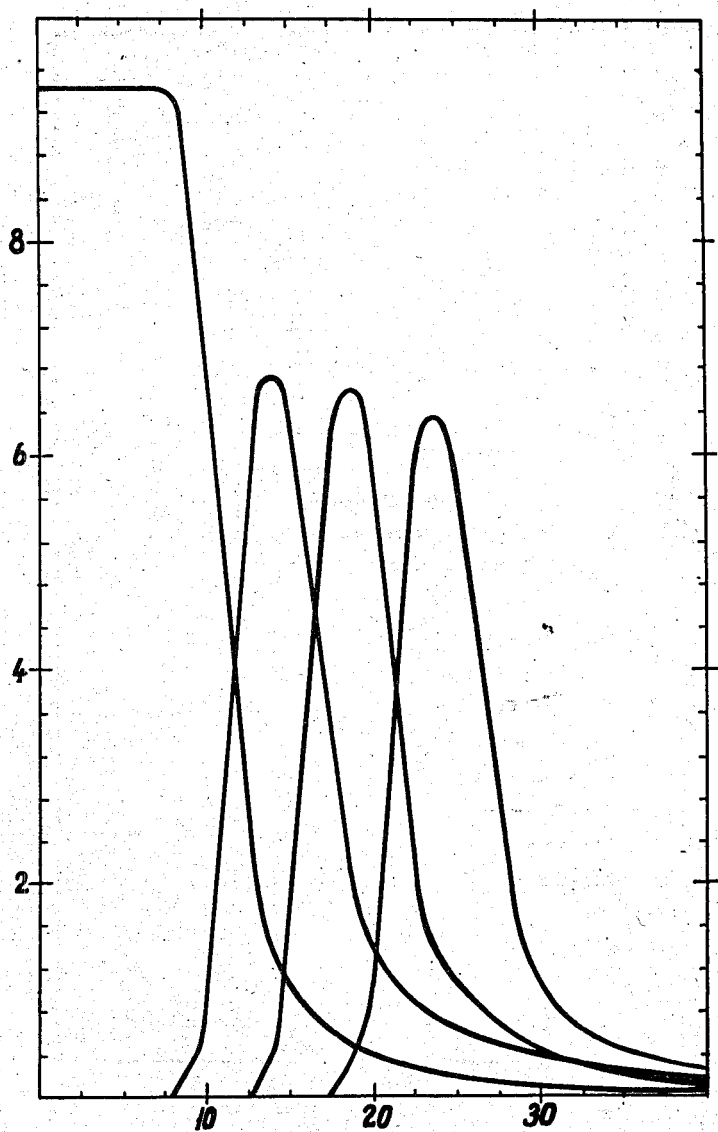


Рис. 4. Зависимость эффективности регистрации частиц от угла рассеяния.

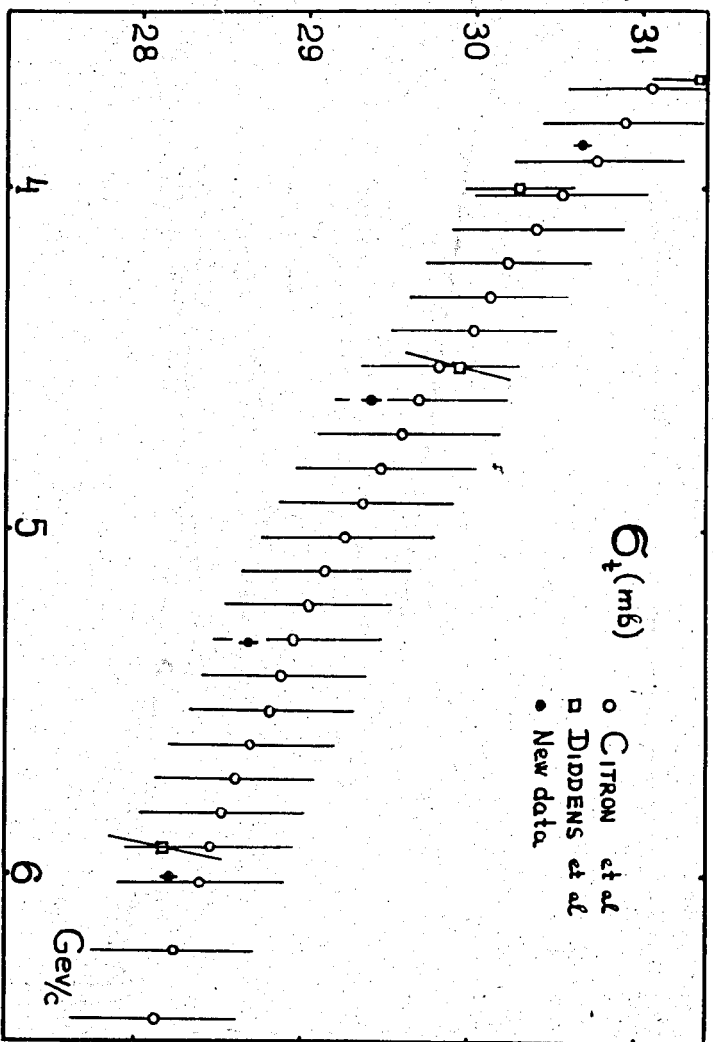


Рис. 5. Экспериментальные данные по полным сечениям взаимодействия отрицательных пионов с протонами.