

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



30/27

A-646

P1 - 1051

2047/2-77

Н.Ангелов, И.А.Ивановская, Т.Канарек, В.Б.Любимов,  
Н.Н.Мельникова, М.И.Соловьев, М.Сулейманов,  
Д.Тувдендорж

ПАРЦИАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ НЕУПРУГОСТИ  
В  $\pi^{-12}$  С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ  $P_{\pi^{-}} = 40$  ГэВ/с

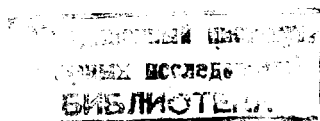
1977

P1 - 10513

Н.Ангелов, И.А.Ивановская, Т.Канарек, В.Б.Любимов,  
Н.Н.Мельникова, М.И.Соловьев, М.Сулейманов\*,  
Д.Тувдендорж

ПАРЦИАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ НЕУПРУГОСТИ  
В  $\Pi$ - $^{12}$  С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ  $P_{\pi} = 40$  ГэВ/с

*Направлено в ЯФ*



---

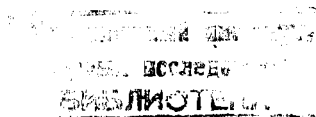
\* Институт физики АН Аз.ССР.

P1 - 10513

Н.Ангелов, И.А.Ивановская, Т.Канарек, В.Б.Любимов,  
Н.Н.Мельникова, М.И.Соловьев, М.Сулейманов\*,  
Д.Тувдендорж

ПАРЦИАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ НЕУПРУГОСТИ  
В  $\pi$ - $^{12}$  С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ  $P_{\pi} = 40$  ГэВ/с

*Направлено в ЯФ*



---

\* Институт физики АН Аз.ССР.

Парциальные коэффициенты в  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с

Определены средние доли энергии, передаваемые  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  и  $\pi^0$ -мезонам в  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с (парциальные коэффициенты неупругости). Эти доли оказались близкими к полученным для  $\pi^-p$ -взаимодействий при той же энергии первичного  $\pi^-$ -мезона и не зависящими от числа наблюдаемых во взаимодействии медленных протонов. Приведено распределение  $\pi^{-12}\text{C}$ -событий по парциальным коэффициентам неупругости. Рассмотрен вопрос о балансе энергии в  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Partial Coefficients in  $\pi^{-12}\text{C}$ -Interactions at  $P_{\pi^-} = 40$  GeV/c

The average amount of energy, transferred to  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  and  $\pi^0$  mesons in  $\pi^{-12}\text{C}$  interactions at  $P = 40$  GeV/c (partial inelasticity coefficients), has been determined and turned out to be close to that obtained for  $\pi^-p$  interactions at the same energy of the primary  $\pi^-$  meson and independent of the number of slow protons observed in the interaction. The partial inelasticity coefficient distribution of  $\pi^{-12}\text{C}$  events is presented. The question of energy balance in  $\pi^{-12}\text{C}$  interactions is considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

## §1. Введение

В исследованиях парциальных коэффициентов неупругости есть круг вопросов, таких как зависимость этих коэффициентов от первичной энергии, массы ядра мишени, сорта налетающей частицы, которые могут оказаться критичными для проверки различных моделей множественного рождения <sup>1,2/</sup>. В настоящее время наибольшее количество работ в этом направлении сделано в экспериментах с космическими лучами, однако полученные в них результаты зачастую имеют противоречивый характер. Это относится к зависимости парциальных коэффициентов неупругости от массы ядра мишени /см., например, <sup>3,4/ / и сорта налетающей частицы <sup>5,6/</sup>. Экспериментальные данные при ускорительных энергиях весьма ограничены /см. табл. 1, а также <sup>9/</sup>. Поэтому</sup>

Таблица 1

Средняя доля энергии, передаваемая  $\pi^0$ -мезонам.

Тип взаимодействия	Первичная энергия (ГэВ)				Ссылка
	10	16	20	28	
$P+C$	$0,14 \pm 0,02$	-	$0,15 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02$	/7/
$P+Fe$	$0,23 \pm 0,03$	-	$0,21 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,03$	/7/
$P+Pb$	-	-	$0,27 \pm 0,04$	$0,27 \pm 0,04$	/7/
$\pi^+(C, N, O)$	-	$0,36 \pm 0,02$	-	-	/8/x)
$\pi^+(Ag, Br)$	-	$0,35 \pm 0,02$	-	-	/8/x)

x) В эти результаты включены нейтральные странные частицы.

нам кажется полезным получение дополнительной информации в этом направлении.

В настоящей работе представлены результаты исследования парциальных коэффициентов неупругости в  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях /§2/, а также рассмотрен вопрос об энергетическом балансе в пион-углеродных взаимодействиях /§3/, который имеет самостоятельное значение. Проведено сравнение с данными для пион-нуклонных взаимодействий. Результаты получены с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной  $\pi^{-}$ -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с. Методика выделения, обработки событий, введения соответствующих поправок на квазинуклонные взаимодействия описана в работах /10,11/. Всего было проанализировано  $\approx 3400$  событий. Кроме того, для определения доли энергии, уносимой  $\pi^0$ -мезонами и странными частицами, использованы результаты измерения  $\approx 7000$   $\gamma$ -квантов и  $\approx 700$   $\Lambda^0$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов\*.

## §2. Определение парциальных коэффициентов неупругости

Парциальные коэффициенты неупругости  $a_i / i = \pi^+, \pi^-, \pi^0$ -мезоны/ вычислялись по формуле:

$$a_i = \frac{\langle E_i \rangle \langle n_i \rangle}{E_0}, \quad /1/$$

где  $\langle E_i \rangle$  - средняя энергия вторичных частиц данного типа в лабораторной системе координат /л.с.к./,  $\langle n_i \rangle$  - средняя множественность этих частиц,  $E_0$  - полная энергия первичного  $\pi^{-}$ -мезона в л.с.к.

Коэффициенты неупругости были получены для событий с разным числом идентифицированных медленных

\* Приведенные числа  $\gamma$ -квантов,  $\Lambda^0$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов относятся к значительно большему количеству  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий.

протонов ( $N_p$ )\*. Найденные значения величин  $a_i$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Парциальные коэффициенты неупругости для  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий.

$N_p$	$\mathcal{L}^+$	$\mathcal{L}^-$	$\mathcal{L}^0$
0	$0,24 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,02$
1	$0,26 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,02$
2	$0,26 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,02$
3	$0,23 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,03$
4	$0,26 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,04$
все	$0,25 \pm 0,01$	$0,41 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,01$
$\pi^p /12/$	$0,22 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$

Отметим, что необходимые поправки на потерю  $\gamma$ -квантов были вычислены точно так же, как это делалось в работе /12/, где изучались парциальные коэффициенты неупругости для пион-нуклонных взаимодействий /приведенные в табл.2 результаты для  $\pi^-p$ -взаимодействий взяты из этой работы/.

Из табл. 2 видно:

1. Величины  $a_i$  практически не зависят от множественности протонов.
2. Данные для  $\pi^-p$ - и  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий совпадают в пределах экспериментальных ошибок.
3. При всех множественностях протонов  $a_{\pi^+} = a_{\pi^0}$ .

\* В настоящей работе протоны идентифицировались в интервале импульсов от 140 до 700 МэВ/с. Положительные частицы с импульсом 700 МэВ/с считались  $\pi^+$ -мезонами. Все отрицательные частицы были отнесены к  $\pi^-$ -мезонам.

4. Намечается разница в парциальных коэффициентах неупругости для пион-ядерных и нуклон-ядерных столкновений. Величины  $\alpha_i$  для  $\pi^-C$ -столкновений несколько больше, чем для  $pC$ -взаимодействий /ср. с табл.1/.

Первые два факта указывают на малое влияние вторичных взаимодействий внутри ядра на величину парциальных коэффициентов неупругости, что, в свою очередь, согласуется с представлениями, развиваемыми в моделях кластерного типа /см., например, /13/ /.

В связи с этим интересно отметить, что средние множественности  $\Lambda$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов также не зависят от числа медленных протонов /табл. 3/.

Таблица 3

Средние множественности  $K^0$ -мезонов и  $\Lambda$ -гиперонов.

$N_p$	$\langle n_{K^0} \rangle$	$\langle n_{\Lambda} \rangle$
0	$0,24 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,01$
1	$0,21 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,01$
2	$0,20 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,01$
3	$0,27 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,02$
4	$0,22 \pm 0,05$	$0,10 \pm 0,02$
Все	$0,22 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$

Совпадение величин  $\alpha_i$  для  $\pi^-N$ -и  $\pi^-^{12}C$ -взаимодействий подтверждает слабую зависимость парциальных коэффициентов неупругости от атомного номера ядра мишени, на которую указывали ряд авторов /см., например, /4/ /.

На рис. 1 приведены распределения событий по парциальным коэффициентам неупругости /гистограммы/. Для получения этих распределений в каждом взаимодействии вычислялась доля энергии, передаваемая  $\pi^+$ -и  $\pi^-$ -мезонам, а также доля энергии, переданная всем заряженным  $\pi$ -мезонам. Результаты для  $\pi^-p$ -взаимодействий /12/, показанные на рис. 1 в виде плавных кривых, совпадают с гистограммами для  $\pi C$ -событий. Это еще раз подтверждает вывод о слабой зависимости величин  $\alpha_i$  от атомного номера ядра мишени.

### §3. Энергетический баланс в $\pi^-^{12}C$ -взаимодействиях

Проверка закона сохранения энергии была произведена, прежде всего, в целях контроля надежности измерений, хотя вопрос о балансе энергии представляет большой интерес и с физической точки зрения.

Для расчета энергетического баланса необходимо вычисление парциальных коэффициентов неупругости  $\alpha_i$  всех вторичных частиц / $\pi^{\pm}$ -мезонов, протонов, нейтронов и странных частиц/. Величины  $\alpha_i$  для  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ -мезонов, нейтральных странных частиц и медленных протонов были вычислены непосредственно из экспериментальных данных по формуле /1/. Доля энергии, переданная заряженным странным частицам, вычислялась в предположениях

$$\langle n_{K^{\pm}} \rangle = \langle n_{K^0} \rangle, \quad \langle P_{K^{\pm}} \rangle = \langle P_{\pi^+} \rangle.$$

Для парциальных коэффициентов неупругости нейтронов ( $\alpha_n$ ) было сделано единственно возможное на наш взгляд предположение, что  $\alpha_n = \alpha_p$ .

Полученные результаты для событий с разным числом наблюдаемых протонов приведены в табл.4. Как видно из таблицы, энергетический баланс для  $\pi^-^{12}C$ -взаимодействий в пределах ошибок выполняется, что подтверждает правильность определения парциальных коэффициентов неупругости.

Таблица 4

Энергетический баланс в  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях.

$N_p$	$\sum \mathcal{L}_i$
0	$0,94 \pm 0,03$
1	$1,03 \pm 0,03$
2	$0,98 \pm 0,03$
3	$1,03 \pm 0,04$
4	$1,07 \pm 0,06$
все	$1,02 \pm 0,02$

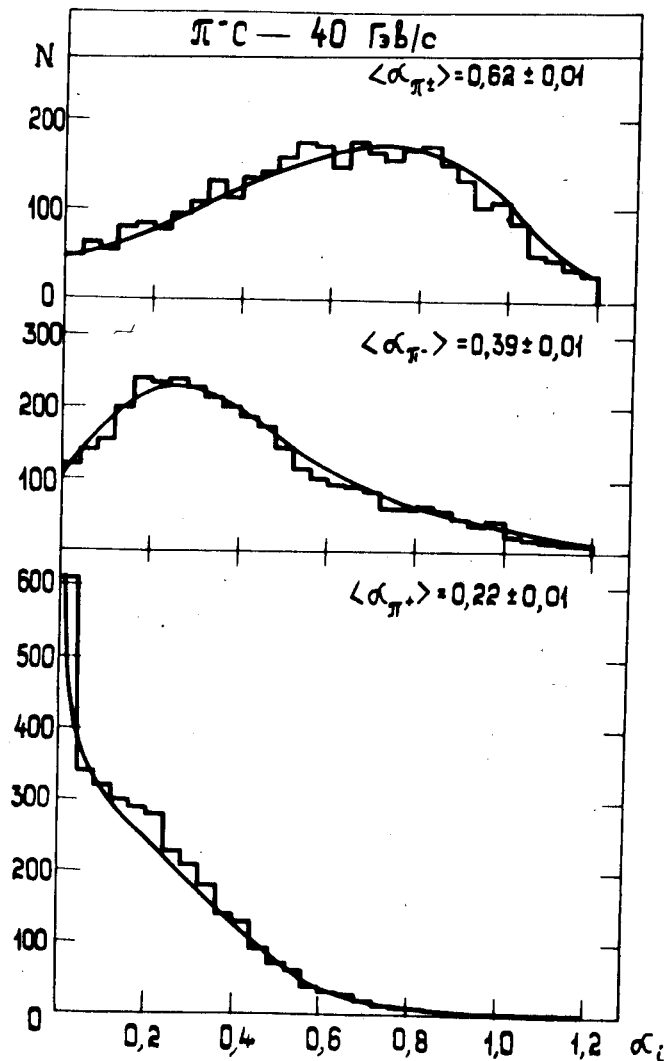


Рис. 1. Распределение  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий по доле энергии, передаваемой  $\pi^+$ ,  $\pi^-$  и всем заряженным  $\pi$ -мезонам /гистограммы/. Плавные кривые - результаты для  $\pi^-p$ -взаимодействий при той же энергии первичного  $\pi^-$ -мезона /12/.

Авторы благодарны В.Г.Гришину за полезные обсуждения, а также коллективу Сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пропановой камеры.

## Литература

1. Фейнберг Е.Л. УФН, 1971, 104, с.539.
2. Мурзин В.С., Сарычева Л.И. Множественные процессы при высоких энергиях. Атомиздат М., 1974.
3. Фетисов И.Н. Изв. АН СССР, сер.физ., 1971, 35, с.2187. Бердзенишвили О.Л. и др. Изв.АН СССР, сер.физ., 1971, 35, с.2033.
4. Dobrotin N.A., Slavatinski S.A. In: Proc. 10th Ann. Rochester Conf. on High. Energy Nucl. Phys., 1960.  
Erofeeva I.N. e.a. In: Proc. 9th Intern. Conf. on Cosmic Rays, v.2. London, 1965, p.833.  
Azimov S.A. e.a. In: Proc. Intern. Conf. on Cosmic Rays, v.5, Jaipur, India, 1963, p.69.
5. Азимов С.А. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1972, 36, с.1626; 1974, 38, с.902.

6. Собиняков В.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1972, 36, с.1661. Григоров Н.Л. и др. Изв. АН Арм.ССР, физика, 1974, 9, с.363.
7. Jones W.V. e.a. Nuovo Cim., 1972, 8A, p.575.
8. Масленникова Н.В. и др. Краткие сообщения по физике, 1974, №2, с.575.
9. Sain P.L. e.a. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, p.660.
10. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, 17, с. 1235; ЯФ, 1973, 18, с.545.
11. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-9792, Дубна, 1976.
12. Ангелов Н.С. и др. ЯФ, 1976, 23, с.365; ОИЯИ, Р1-8718, Дубна, 1975.
13. Калинин Б.Н., Шмонин В.Л. ЯФ, 1975, 21, с.628.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 марта 1977 года.