

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



P2 - 10646

С.Бацкович, В.Г.Гришин, Ю.Надь, Ю.М.Шабельский

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ

ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В π^{-12} С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $P = 40$ ГэВ/с

1977

P2 - 10646

С.Бацкович,¹ В.Г.Гришин, Ю.Надь, Ю.М.Шабельский²

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ

ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В π^{-12} С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $P = 40$ ГэВ/с

Направлено в ЯФ

¹Институт физики, Белград.

²Ленинградский институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова.

Бацкович С. и др.

P2 - 10646

Распределения по множественности вторичных заряженных частиц в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с

На основе модели Глаубера с учетом неупругой экранировки дифракционными пучками небольших масс вычислены множественности вторичных заряженных частиц в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с. Получено хорошее согласие с экспериментальными данными.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Batskovich S. et al.

P2 - 10646

Multiplicity Distributions of Secondary Charged Particles in $\pi^-^{12}\text{C}$ -Interactions at $p = 40$ GeV/c

The secondary charged particle multiplicities for $\pi^-^{12}\text{C}$ -interactions at $p = 40$ GeV/c are presented. The obtained results were calculated on the basis of the Glauber model at an inelastic screening by diffractive beams. They are in good agreement with the experimental observation.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

§1. Введение

Изучение взаимодействий адронов с ядрами в принципе позволяет получить новую информацию о динамике сильных взаимодействий. С этой точки зрения исследование адрон-ядерных взаимодействий особенно важно при высоких энергиях, когда большое число вторичных частиц приводит к тому, что интерпретация механизма их образования на основе данных по адрон-адронным взаимодействиям становится практически невозможной.

В настоящее время имеется уже относительно много экспериментов по изучению общих характеристик адрон-ядерных взаимодействий^{/1-3/}. Однако их теоретическая интерпретация носит в основном качественный характер и основывается на различных частных моделях. Наиболее полное теоретическое рассмотрение адрон-ядерных взаимодействий в рамках партонной картины и модели Глаубера осуществлено в работах^{/3,4/}. В настоящей работе проводится сравнение экспериментальных данных по множественности вторичных заряженных частиц в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с с расчетами, основанными на модели Глаубера.

§2. Экспериментальный материал

Данные по множественности вторичных заряженных частиц в π^-p -, π^-n - и $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях получены с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры (C_3H_8), облученной π^- -мезонами с $p = 40$ ГэВ/с на

серпуховском ускорителе /5-9/. Отметим особенности методики их получения.

Вторичные протоны идентифицировались по ионизации до $p_0 \approx 700 \text{ МэВ/с}$. Все положительно заряженные частицы с $p_0 \geq 700 \text{ МэВ/с}$ считались π^+ -мезонами*. Когерентные взаимодействия π^- -мезонов с ядрами углерода были исключены на основе известных сечений этих процессов /5-8/. Результаты получены после измерения и обработки ≈ 3000 событий /8/.

§3. Вычисления по модели и сравнение с экспериментом

Расчеты распределений по множественности проводились на основе модели Глаубера по методу, подробно описанному в работе /4/. Считалось, что налетающая частица /в нашем случае π^- -мезон/ может упруго или неупруго провзаимодействовать с различным числом ядерных нуклонов, однако родившиеся частицы ни в каких взаимодействиях не участвуют.

В действительности, хотя из партонной модели следует /10/, что быстрые частицы не перерассеиваются, частицы невысокой энергии ($E \leq R_A \cdot m^2$) могут взаимодействовать с нуклонами ядра. В результате может возникнуть внутриядерный каскад. Вычисление вклада каскадных процессов содержит ряд неопределенностей, связанных, например, с учетом перерассеяния родившихся резонансов. Однако если энергия, при которой каскадные процессы становятся существенными, не превышает нескольких ГэВ, то распределение по числу рождающихся частиц изменяется незначительно. В дальнейших вычислениях вклад внутриядерных каскадов не учитывался.

*Среднее число видимых протонов на одно неупругое π^- -р-взаимодействие составляет $0,18 \pm 0,01$ при $p = 40 \text{ ГэВ/с}$.

Сечения неупругого взаимодействия с различным числом K ядерных нуклонов $\sigma^{(K)}$ можно получить /4/, рассматривая различные промежуточные состояния амплитуды упругого рассеяния на ядре. При этом как упругие, так и неупругие процессы описываются с единой точки зрения.

Использовался гауссовский вид ядерной плотности

$$\rho(r_1, \dots, r_A) = \prod_{i=1}^A \left(\frac{a^2}{\pi}\right)^{3/2} \cdot \exp(-a^2 r_i^2) \quad /1/$$

и пренебрегалось различием полных сечений π^- -р- и π^- -п-взаимодействий / $\sigma_p = \sigma_n = \sigma$ /, а также вещественной частью пион-нуклонной амплитуды. Простое, но достаточно точное выражение для величин $\sigma^{(K)}$ возникает, если пренебречь зависимостью π^- -N-амплитуды от переданного импульса по сравнению с формфактором ядра ^{12}C /т.е. размером пиона по сравнению с размером ядра/ и просуммировать по числу упругих взаимодействий. В этом случае

$$\sigma^{(K)} = \sum_{n=K}^A (-1)^{n+K} 2^{n-1} C_n^K \Lambda_n \left[\frac{1 + \cos\theta}{2} \lambda_1^n \left(1 - \lambda_1 \frac{\sigma_{el}}{\sigma}\right)^n + \frac{1 - \cos\theta}{2} \lambda_2^n \left(1 - \lambda_2 \frac{\sigma_{el}}{\sigma}\right)^n \right], \quad /2/$$

где $C_n^K = \frac{n!}{K!(n-K)!}$,

Λ_n - вклад n -кратного взаимодействия в полное сечение взаимодействия на ядре в пределе отсутствия неупругих экранировок:

$$\sigma_{el}^{tot} = \sum_{n=1}^A (-1)^{n+1} \Lambda_n \quad /3/$$

Величины λ_1 , λ_2 , $\cos\theta$ связаны с учетом неупругих экранировок дифракционными пучками небольшой массы в следующей модели /11/: предполагалось, что в каждом акте взаимодействия с ядерным нуклоном π^- -мезон и частицы пучка могут упруго перерассеиваться

или перейти друг в друга. Если обозначить константы неупругого перехода и упругого перерасеяния частиц пучка по отношению к переходу $\pi^- \rightarrow \pi^-$ соответственно через g и δ , то

$$\lambda_{1,2} = \frac{1+\delta}{2} \pm \frac{X}{2}, \quad \cos\theta = \frac{1-\delta}{X}, \quad X^2 = (1-\delta)^2 + 4g^2. \quad /4/$$

Обычное глауберовское приближение, учитывающее только упругие перерасеяния, соответствует значению $g=0$, т.е. $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 = \delta$, $\cos\theta = 1$.

Величина g извлекалась из данных опыта по исследованию реакции $\pi^- p \rightarrow X^- p$ и оказалась, с учетом продольной передачи импульса, равной $g^2 \approx 0,3$. Величина δ принималась равной единице в соответствии с данными ^{/12/}. Вариация δ очень слабо влияла на результаты расчетов.

Сечения различных процессов на ядре ¹²C при импульсе π^- -мезона 40 ГэВ/с оказались следующими: $\sigma^{\text{tot}} = 221$ мб, $\sigma^{\text{inel}} = 184$, 5 мб, $\sigma^{\text{coh}} = 7,5$ мб, $\sigma^{\text{des}} = 13$ мб, $\sigma^{\text{prod}} = 164$ мб, где σ^{coh} - сечение когерентного рождения, σ^{des} - сечение упругого некогерентного рассеяния, σ^{prod} - сечение некогерентных процессов, связанных с рождением частиц.

Эти значения хорошо согласуются с данными работы ^{/13/}, согласно которой сечение поглощения π^- -мезонов ядром ¹²C /т.е. разность $\sigma^{\text{inel}} - \sigma^{\text{coh}}$ / получено равным 179 ± 2 мб.

Величина σ^{prod} , в свою очередь, состоит из суммы сечений неупругого взаимодействия с различным числом нуклонов $\sigma^{(K)}$ ($K=1,2,\dots$) и некогерентного вклада в дифракционное рождение σ^{diff} , причем последняя величина численно невелика / $\sigma^{\text{diff}} = 3$ мб/:

$$\sigma^{\text{prod}} = \sigma^{\text{diff}} + \sum_{K=1}^A \sigma^{(K)}. \quad /5/$$

В модели Глаубера обычно считается, что налетающая частица движется через ядро, последовательно рассеиваясь на нуклонах, причем каждое взаимодействие начинается в тот момент времени, когда предыдущее уже закончилось. С ростом начальной энергии такое представ-

ление приходит в противоречие с пространственно-временной картиной процесса рассеяния. В этом случае можно представить себе, что налетающая частица превращается в несколько частиц, каждая из которых взаимодействует с одним из ядерных нуклонов. Тем не менее и при высоких энергиях модель Глаубера прекрасно согласуется с опытом. Причины этого были исследованы Грибовым ^{/14,15/}.

В случае неупругого взаимодействия с несколькими нуклонами ($K=2,3,\dots$) необходимо знать, при какой энергии происходит каждое взаимодействие. Точное решение этого вопроса требует знания динамики сильных взаимодействий. В настоящих расчетах предполагалось, что каждое из K неупругих взаимодействий происходит при энергии, равной E_0/K , т.е. энергия делится на равные части.

Распределение по множественности отрицательно заряженных частиц n_- строилось следующим образом: однократное неупругое взаимодействие ($K=1$) дает вклад, который совпадает с распределением по n_- в $\pi^- N$ -взаимодействии /исключая вклад дифракции π^- -мезона, учитываемый отдельно/ и берется с весом, равным $\sigma^{(1)}/\sigma^{\text{prod}}$. Двукратное неупругое взаимодействие происходит с вероятностью $\sigma^{(2)}/\sigma^{\text{prod}}$ и определяется сверткой двух $\pi^- N$ -распределений, взятых при энергии $E_0/2$ /т.е. в нашем случае 20 ГэВ/. Аналогично строились и вклады большей кратности, причем учитывалось различие распределений по n_- в $\pi^- p$ - и $\pi^- n$ -столкновениях. Затем добавлялось взятое из опыта распределение по n_- в дифракционном рождении. Вклад процессов когерентного рождения в расчеты не включался в соответствии с экспериментальными условиями отбора событий. Таким образом, в расчетах не использовались какие-либо подгоночные параметры.

При расчете распределений по n_{\pm} , в число которых не включались протоны с импульсом, меньшим $p_0 = 700$ МэВ/с, считалось, что все протоны отдачи в неупругом взаимодействии имеют импульс, больший p_0 . Относительно протонов отдачи в упругом рассеянии, а также протонов, вылетающих при развале ядра, пред-

полагалось, что их импульс меньше чем p_0 , т.е. они не попадают в число n_{\pm} .

Результаты расчетов распределений по n_{-} и n_{+} показаны на рис. 1 и 2. Они хорошо согласуются с данными опыта. Расчетные значения средних множественностей и дисперсий $D = \sqrt{\langle n^2 \rangle - \langle n \rangle^2}$ сравниваются с экспериментальными результатами в таблице. Здесь следует отметить, что из-за приближений, сделанных при расчете, точность вычисления величин $\langle n \rangle$ и D не превышает нескольких процентов.

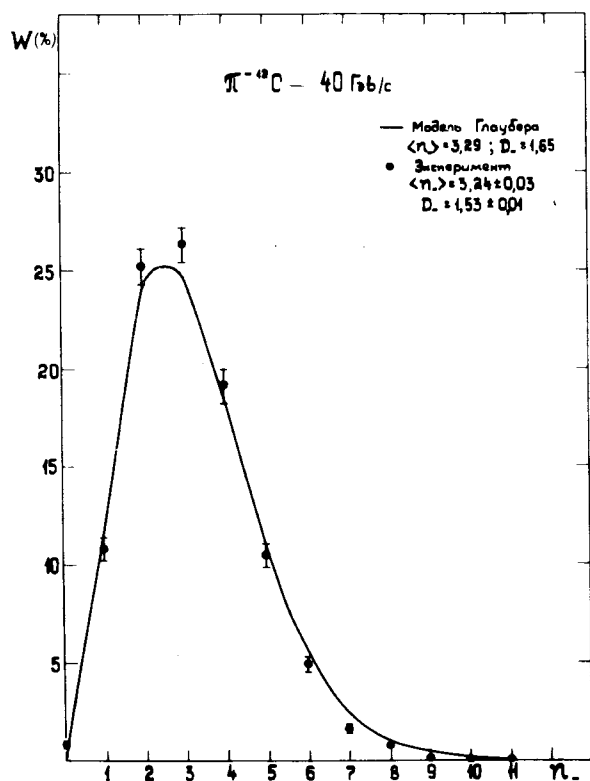


Рис. 1. Распределение $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий при $p = 40 \text{ ГэВ/с}$ по множественности отрицательных вторичных частиц /в процентах/. Кривая - расчет по модели Глаубера.

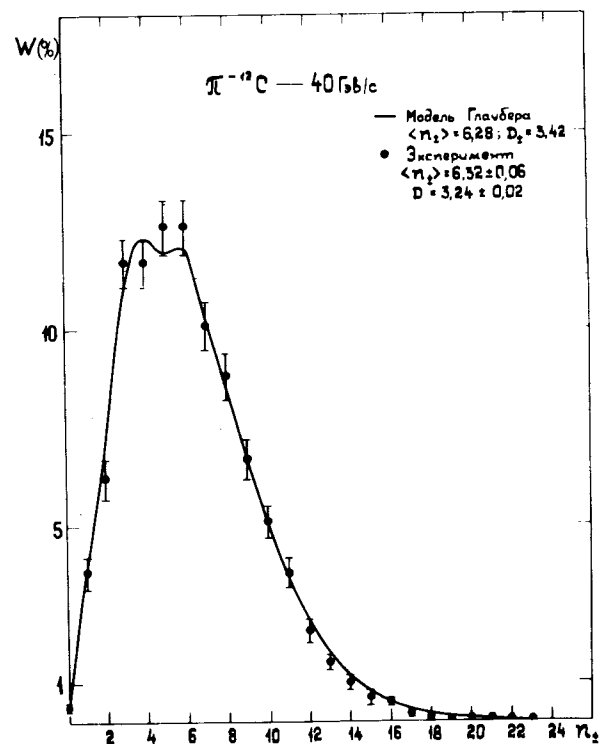


Рис. 2. Распределение $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий при $p = 40 \text{ ГэВ/с}$ по множественности вторичных заряженных частиц, за исключением протонов с $p \leq 700 \text{ МэВ/с}$ /в процентах/. Кривая - расчет по модели Глаубера.

Таблица

	$\langle n_{-} \rangle$	D_{-}	$\frac{\langle n_{-} \rangle}{D_{-}}$	$\langle n_{+} \rangle$	D_{+}	$\frac{\langle n_{+} \rangle}{D_{+}}$
Модель	3,29	1,65	2,00	6,28	3,42	1,84
Эксперимент	3,24	1,53	2,12	6,32	3,24	1,95
	$\pm 0,03$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,06$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$

Литература

1. Гуламов К.Г., Чернов Г.М., Юлдашев Б.С. ОИЯИ, ДП, 2-9224, Дубна, 1975, с.233.
2. Азимов С.А. и др. ЯФ, 1975, 22/6/, с.1168.
3. Nikolaev N.N. I.T.P., *Particle-Nucleus Interactions at High Energies, Chernogolovka, 1976.*
4. Шабельский Ю.М. Препринт ЛИЯФ, 248, Ленинград, 1976.
5. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, Р1-6326, Дубна, 1976.
6. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-9785, Дубна, 1976.
7. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-9792, Дубна, 1976.
8. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-9978, Дубна, 1976.
9. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-10324, Дубна, 1976.
10. Канчели О.В. Письма в ЖЭТФ, 1973, 18, с.465.
11. Fishbane P.M., Schaffner I.G., *Trefil I.S. Phys. Rev., 1974, D10, p.3056.*
12. Vemford C. e.a. *Nucl.Phys., 1971, B33, p.379.*
13. Аллаби Дж.В. и др. ЯФ, 1970, 12, с.538.
14. Грибов В.Н. ЖЭТФ, 1969, 56, с.892; 1969, 57, с.1306.
15. Capella A., Kaidalov A. *Preprint CERN, 1976, TH-2151.*

Рукопись поступила в издательский отдел
10 мая 1977 года.