

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ПОЛНОГО НЕУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ π^- -МЕЗОНОВ С ИМПУЛЬСОМ 5 ГэВ/с С МОЛЕКУЛОЙ ФРЕОНА И ЯДРОМ БРОМА

А.А. БАЙРАМОВ

Институт физики АН Азербайджана,

Баку, 370143, пр. Г. Джавида, 33

На основе исследований 16676 взаимодействий π^- -мезонов с ядрами при импульсе 5 ГэВ/с в пузырьковой камере ПК-200 впервые измерены сечения полного неупругого взаимодействия π^- -мезонов с молекулами фреона и брома: $\sigma_{\text{вн}} = 2230 \pm 124$ мбн, $\sigma_{\text{ст}} = 968 \pm 106$ мбн.

Введение.

Измерение полного неупругого сечения в адрон-ядерных столкновениях и исследование их зависимости от атомного ядра-мишени в пузырьковой камере с пропан-фреоновым заполнением позволяет нам определить среднеквадратичный радиус распределения нуклонов в ядрах, степень "прозрачности" ядер, что необходимо для изучения динамики взаимодействия адронов с ядрами [1].

Пропан-фреоновые пузырьковые камеры относятся к "тяжеложидкостным" камерам, которые по сравнению с жидководородными имеют следующие принципиальные преимущества: существенно меньшая радиационная длина пропана по сравнению с жидким водородом обеспечивает конверсию гамма квантов с большей эффективностью, наличие в молекулах пропана и фреона ядер углерода, фтора и брома дает возможность изучать взаимодействие адронов с нейтронами и ядрами.

2. Экспериментальная установка ПК-200

Используемая нами метровая 200-литровая пузырьковая камера (ПК-200) Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований предназначена для проведения исследований в пучках вторичных частиц синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий ОИЯИ и установлена внутри электромагнита ИК-3-4 с индукцией поля $H=1,7$ тесла [2]. Рабочая камера находилась в защитном кожухе, заполненном дистиллированной водой (служащей для разгрузки стенок сосуда, содержащего рабочую жидкость), который крепился к нижнему полюсу электромагнита. Неоднородность магнитного поля в рабочем объеме камеры не превышала $\pm 4,5\%$ и учитывалась в программе геометрической реконструкции при определении кинематических параметров трека. Система расширения обеспечивала изменение давления в камере от 25 атм. до 10 атм, за время 25 мсек. с временем чувствительности камеры 7-8 мсек. Рабочий объем камеры освещался двумя импульсными лампами ИФП-4000, каждая из которых освещала более половины рабочего объема (через четыре стеклянных окна, закрытых плосковогнутыми цилиндрическими линзами). Фотографирование проводилось шестью объективами типа "Гидроруссар-4" на две 80 мм перфорированные аэрофотопленки типа "Панхром-10" чувствительностью

1200 единиц ГОСТ. Объективы образовывали три поперечные стереопары с базами 33,5 см.

Во время рабочей съемки вместе с чувствительным объемом камеры фотографировались также изображения перекрестий, нанесенные на верхние и нижние стекла камеры, а также на предметные стекла объективов. Изображения перекрестий на предметных стеклах объективов и стеклах камеры образовывали базисную систему, используемую при восстановлении пространственных координат следов частиц.

Установка ПК-200 использовалась для экспериментов на пучке π мезонов со средним импульсом $(5,00 \pm 0,02)$ ГэВ/с. Сформированный пучок отрицательных частиц (с радиусом кривизны $R=10$ м в магнитном поле $H=1,685$ тесла) был в чувствительном объеме камеры параллельным с точностью $\delta\theta=0,015$ рад., что использовалось нами для исключения фоновых треков с помощью шаблонов при отборе событий уже на стадии просмотра.

3. Результаты измерений

В десяти экспозициях камеры с пропановым наполнением C_3H_8 были получены 230000 стереофотографии. Для увеличения эффективности регистрации нейтральных частиц и расширения диапазона исследуемых ядер камера заполнялась пропан-фреоновой смесью с 30% весовой примесью фреона CF_2Br . С этим наполнением камеры были получены в пяти экспозициях 140000 стереофотографии.

Для определения сечения неупругого взаимодействия π мезонов с молекулой фреона и ядром брома подсчитывалось число звезд в эффективном объеме камеры длиной $L_x=79$ см и число первичных частиц, вошедших в этот объем. Всего прослежено $N_T=50024$ первичных трека и обнаружено 16676 взаимодействий, из них $N_T=2019$ однолучевых событий и $N=14658$ событий, не принадлежащих к однолучевым. Одним из основных источников погрешности измерения полного сечения в пузырьковой камере является низкая эффективность регистрации однолучевых событий с малым углом рассеяния. Как показали специальные исследования [3], однолучевые события с углом рассеяния $\theta < 1^\circ$ практически не наблюдаемы. Эффективность обнаружения однолучевых событий с $\theta \geq 1^\circ$ изменяется в зависимости от угла рассеяния и составляет в среднем

$E_1=0,66 \pm 0,07$. Сечение взаимодействия π^- мезонов с ядрами в пропан-фреоновой смеси определялось по формуле

$$\frac{N/E + N_1/E_1}{N_T E_\mu} = 1 - \exp[-n_{см} \sigma_{см} L_k] \quad (1)$$

где $n_{см}$ - количество молекул C_3H_8 и CF_3Br в 1 см^3 , E - эффективность регистрации многолучевых событий; $E_1 = 0,97 \pm 0,01$, E_μ - поправка на примесь μ^- -мезонов и электронов в пучке, $E_\mu = 0,90 \pm 0,03$ [3]. Количество молекул C_3H_8 и CF_3Br в 1 см^3 определяется следующим образом:

$$n_{см} = n_{пр} + n_{фр} \quad (2)$$

где $n_{пр}$ и $n_{фр}$ - количество молекул пропана и фреона соответственно в 1 см^3

$$n_{пр} = \frac{N_A}{A_{пр}} f_{пр} \rho_{см} = 0,0522 \cdot 10^{23} \quad (3)$$

$$n_{фр} = \frac{N_A}{A_{фр}} f_{фр} \rho_{см} = 0,00642 \cdot 10^{23} \quad (4)$$

где $f_{пр}$ и $f_{фр}$ - весовые концентрации соответственно пропана и фреона в смеси [4]: $f_{пр} = 0,71 \pm 0,03$ и $f_{фр} = 0,29 \pm 0,03$; N_A - число Авогадро, $\rho_{см}$ - плотность смеси, $\rho_{см} = 0,54 \text{ г/см}^3$; $A_{пр}$ и $A_{фр}$ - молекулярные веса пропана и фреона соответственно.

Подставляя вычисленные значения $n_{пр}$ и $n_{фр}$ в (2), получаем

$$n_{см} = 0,05862 \cdot 10^{23}$$

Учитывая вышеприведенные данные в формуле (1), находим сечение неупругого взаимодействия π^- -мезонов с молекулами пропана и фреона в смеси

$$\sigma_{см} = 1052 \pm 145 \text{ мбн} \quad (5)$$

Отсюда, длина свободного пробега до неупругого взаимодействия в пропан-фреоновой смеси

$$L_{см} = \frac{1}{\sigma_{см} n_{см}} = 153 \pm 29 \text{ см}$$

Сечение неупругого взаимодействия π^- -мезонов с молекулой фреона CF_3Br определяется по формуле

$$\sigma_{фр} = \frac{\sigma_{см} n_{см} - \sigma_{пр} n_{пр}}{n_{фр}} \quad (6)$$

где $\sigma_{пр} = 977 \pm 48 \text{ мбн}$ - сечение неупругого взаимодействия π^- -мезонов с молекулой пропана [4].

Подставляя значения $n_{см}$, $n_{пр}$, $n_{фр}$, $\sigma_{см}$ в (6), получаем

$$\sigma_{фр} = 2230 \pm 124 \text{ мбн.}$$

Длина свободного пробега π^- -мезона до неупругого взаимодействия в фреоне

$$L_{фр} = \frac{1}{\sigma_{фр} n_{фр}} = 70 \pm 5 \text{ см}$$

Зная сечения неупругого взаимодействия π^- -мезонов с ядрами углерода [4] и фтора [5], можно оценить сечение неупругого взаимодействия π^- -мезонов с ядрами брома:

$$\sigma_c = 233 \pm 22 \text{ мбн}, \quad \sigma_F = 343 \pm 20 \text{ мбн.}$$

Отсюда получаем

$$\sigma_{Br} = \sigma_{фр} - \sigma_c - 3\sigma_F = 968 \pm 106 \text{ мбн}$$

При расчетах ошибок сечений $\sigma_{см}$, $\sigma_{фр}$ и σ_{Br} учтены как ошибки измерений E , E_1 , E_μ , $f_{пр}$, $f_{фр}$, $L_{см}$ так и статистические ошибки.

Если представить неупругое сечение взаимодействия π^- мезона с нуклоном, то можно оценить среднее значение показателя степени α для ядер ^{12}C , ^{19}F и ^{80}Br : $\langle \alpha \rangle = 0,77 \pm 0,08$.

Измеренное нами сечение σ_{Br} и величина $\langle \alpha \rangle$ согласуется с данными, полученными в других экспериментах [6,7].

4. Заключение

На основе исследований 16676 взаимодействий π^- мезона с импульсом 5 ГэВ/с с ядрами в пузырьковой камере ПК-200 впервые измерены сечения взаимодействия пиона с молекулой фреона и ядром брома: $\sigma_{фр} = 2230 \pm 124 \text{ мбн}$, $\sigma_{Br} = 968 \pm 106 \text{ мбн}$.

[1] А.В. Ефремов. Препринт ОИЯИ, P2-12763, Дубна, 1979.

[2] А.В. Богаматов и др. ПТЭ, 1970, N 1, с.61.

[3] Ю.А. Будагов и др. Препринт ОИЯИ, P1-4610, Дубна, 1969.

[4] А.А. Байрамов и др. Препринт ОИЯИ, 1-82-679, Дубна, 1978.

[5] В.С. Демидов и др. ЯФ, 1969, т.9, с.292.

[6] Б.М. Бобченко и др. ЯФ, 1979, т.30, с.1553.

[7] Ю.М. Шабельский и др. ЯФ, 1987, т.45, с.223.

A.A. Bayramov

5 HeV/c İMPULS ENERJİSİ OLAN π^- MEZONLARIN FREON MOLEKULU VƏ BROM NÜVƏSİ İLƏ GEYRİ ELASTİK QARŞILIQLI TƏ'SİRİN TAM KƏSİYİNİN OLÇUSU

5 HeV/c impuls enerjisi olan π mezonların nüvələr ilə qarşılıqlı təsirin PK-200 növlü köpüklü kamerada 16676 saylı tədqiqatlarına əsasən ilk dəfə π mezonlarla freon və brom molekullarının geyri elastik qarşılıqlı təsirin tam kəsiyi olmuşdur: $\sigma_{\text{tot}} = 2230 \pm 124$ mbn, $\sigma_{\text{el}} = 968 \pm 106$ mbn.

A.A. Bayramov

THE MEASURING TOTAL CROSS SECTIONS OF INELASTIC INTERACTIONS π^- MESONS WITH FREON MOLECULE AND BROMINE NUCLEUS AT 5 GeV/c

On the base of investigation 16676 π nuclear reactions in the PC-200 bubble chamber, the cross sections π mesons with freon molecule and bromine nucleus were measured: $\sigma_{\text{tot}} = 2230 \pm 124$ mbn, $\sigma_{\text{el}} = 968 \pm 106$ mbn.

Дата поступления: 06.03.98

Редактор: М.К. Керимов