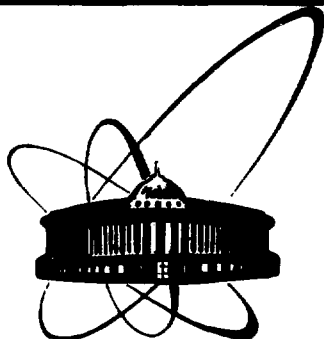


ИИЯЭ 2263



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

ИИЯЭ - P2-90-159

Polanski
В. С. Барашенков, А. Полянски,
А. Н. Соснин

АППРОКСИМАЦИЯ
ПИОН-ЯДЕРНЫХ СЕЧЕНИЙ

1990

В монографии ^{1/} для ряда наиболее часто встречающихся в практических задачах ядер приведены рассчитанные с помощью оптической модели энергетические зависимости сечений упругих и неупругих взаимодействий π -мезонов $\sigma_{el}(T)$ и $\sigma_{in}(T)$. Поскольку параметры модели подбирались по экспериментальным данным, приведенные в ^{1/} кривые фактически являются усредненными экспериментальными зависимостями. К сожалению, имевшаяся в распоряжении авторов экспериментальная информация не позволяла расщепить сечения π^+ - и π^- -мезонов. Кроме того, почти полностью отсутствовали измерения в области $T < 100$ МэВ, благодаря чему сечения в этой области, особенно для тяжелых ядер, определены очень неточно. В настоящее время известно значительно больше данных, что позволяет построить более точные зависимости $\sigma(T, A)$ и найти для них удобные аналитические аппроксимации.

В нашей работе ^{2/} рассмотрены простые аналитические выражения, аппроксимирующие экспериментальные сечения упругих и неупругих нуклон-ядерных взаимодействий σ_{el} и σ_{in} в широком интервале энергий бомбардирующих частиц T и массовых чисел мишени A . Такие выражения полезны для разного рода прикладных задач, связанных с переносом излучения в веществе. Настоящая работа посвящена аналогичным аппроксимациям пион-ядерных сечений.

Как и в случае нуклон-ядерных взаимодействий, для этого можно использовать степенную аппроксимацию

$$\sigma(T, A) = \sigma_0(T) A^{\alpha(T)} (1 - V/T), \quad /1/$$

где $\sigma_0(T)$ и $\alpha(T)$ - слабо зависящие от энергии подгоночные коэффициенты,

$$V = 1,44 Z_{\pi} / (r_c A^{1/3}) \quad /2/$$

кулоновский барьер, Z_{π} и Z - зарядовые числа π -мезона и ядра-мишени, A - массовое число этого ядра, $r_c = 1,33 \cdot 10^{-13}$ см. Однако более удобна аппроксимация с одной подгоночной функцией $C(T)$:

$$\sigma(T, A) = 12,1 \pi [A_{\pi}^{1/3} + A^{1/3} + 1,85 \frac{A_{\pi}^{1/3} A^{1/3}}{A_{\pi}^{1/3} + A^{1/3}} + d(1 - 2z/A - C(T))^2 (1 - V(T))] \text{ мб}, \quad /3/$$

где $A_\pi = 0,15$ - "массовое число" π -мезона, d - коэффициент, учитывающий зарядовую асимметрию. В случае неупругих взаимодействий $d = 2,5$, для неупругих $d = 2,2$.

Эта аппроксимация хорошо работает при $T > 0,4$ ГэВ. Для меньших энергий лучшие результаты получаются, если ее дополнить резонансным членом

$$\sigma_R(T, A) = GA^{\alpha(A)} (1 - V/T) / [(T - T_M)^2 + \omega^2] \text{ мб,} \quad /4/$$

где

$$T_M = 210,3 \cdot A^{-0,138} \quad /5/$$

положение резонансных максимумов,

$$\alpha(A) = 0,72 + (A - 112,4) \cdot 10^{-8}, \quad /6/$$

$\omega = 150$ МэВ, $G = 2 \cdot 10^5$ в случае неупругого сечения и $G = 0$ для сечения упругих пион-ядерных взаимодействий.

Значения $C_{in}(T)$ и $C_{el}(T)$, полученные путем сравнения суммы выражений /3/, /4/ с экспериментальными сечениями σ_{in} и σ_{el} , приведены в табл. 1. Насколько хорошо аппроксимируются при этом экспериментальные данные, видно из табл. 2 и 3. Значения $\sigma_{эксп}$ в этих таблицах сняты с кривых, наилучшим образом описывающих всю совокупность известных в настоящее время экспериментальных сечений для π^+ - и π^- -мезонов. Так же, как и в работах /1,2/, кривые строились с помощью оптической модели, параметры которой подбирались из сравнения с экспериментальными значениями σ_{in} и σ_{el} .

Таблица 1. Энергетическая зависимость параметра сдвига в сечениях σ_{in} и σ_{el}

T, ГэВ	$C_{in}(T)$	$C_{el}(T)$	T, ГэВ	$C_{in}(T)$	$C_{el}(T)$
0,06	1,07	1,3	0,5	1,11	2,05
0,08	0,75	1,07	0,6	1,1	2,1
0,1	0,41	0,93	0,8	1,05	2,07
0,12	0,36	0,94	1,0	0,99	2,02
0,16	0,40	0,97	2,0	1,18	2,05
0,20	0,56	1,05	10,0	1,40	2,36
0,30	0,95	1,32	10 ³	1,5	2,40
0,4	1,08	1,75			

Таблица 2. Относительная разность сечений ($\sigma_{in}^{эксп} - \sigma_{in}^{теор} / \sigma_{in}^{эксп} / \%$), где $\sigma_{in}^{эксп}$ - усредненное экспериментальное сечение, $\sigma_{in}^{теор}$ - аппроксимация /3/, /4/. Указаны данные для π^+ - и π^- -мезонов

Т, ГэВ	10 ³		0,4		0,16		0,12		0,1		0,06	
	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-
С	2	-3	-6	-5	-1	<0,5	-7	-5	-14	-13	-45	-25
Al	-0,5	0,5	2	3	3	3	6	5	6	5	-20	-5
Cu	-2	6	5	4	5	2	5	4	5	4	5	3
Cd	-2	2	3	3	2	3	2	5	2	2	-14	2
Pb	-1	1	2	2	-4	-5	5	-1	7	1	-15	-12

Таблица 3. Относительная разность сечений ($\sigma_{el}^{эксп} - \sigma_{el}^{теор} / \sigma_{el}^{эксп}$), где $\sigma_{el}^{эксп}$ - усредненное экспериментальное сечение, $\sigma_{el}^{теор}$ - аппроксимация /3/

Т, ГэВ	10 ³		0,4		0,16		0,12		0,1		0,06	
	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-	π^+	π^-
С	6	6	-3	-3	-1	-2	-6	-5	-21	-16	-80	-50
Al	-2	-1	<0,5	<0,5	-6	-6	-4	-4	-17	-12	-60	-20
Cu	3	-1	3	0,5	3	5	5	6	2	4	-80	10
Cd	-2	2	-3	-3	3	1	4	<0,5	1	2	-40	25
Pb	<0,5	1,5	-3	-2	2	1	0,5	2	5	4	-70	35

Как видно, аппроксимация /3/, /4/ применима для всех ядер тяжелее бериллия /при $A < 10$ монотонная зависимость сечений от массового числа A нарушается; в частности, сечение для бериллия больше сечения для углерода/. Отношение ($\sigma_{el}^{эксп} - \sigma_{el}^{теор} / \sigma_{el}^{эксп}$) велико также при $T < 100$ МэВ, однако в этой области значения $\sigma_{el}^{эксп}$ известны очень неточно.

Таблица 4. Параболическая аппроксимация функций $C(T)$

C	Интервал энергии $T_1 - T_2$	a	b	c
C_{in}	$< 0,1$	-2,58	-2,99	-
C_{in}	$0,1-0,2$	4,071	8,324	4,662
C_{in}	$0,2-0,7$	0,8492	-1,824	-3,126
C_{in}	$0,7-2,0$	0,990	-0,1266	2,517
C_{in}	$2,0-100$	1,047	0,4792	0,1264
C_{in}	> 100	1,5	-	-
C_{el}	$< 0,1$	-0,744	-1,674	-
C_{el}	$0,1-0,3$	2,991	4,439	2,378
C_{el}	$0,3-0,8$	1,904	-2,358	-6,647
C_{el}	$0,8-2,0$	2,020	-0,366	1,547
C_{el}	$2,0-100$	1,896	0,6383	-0,2047
C_{el}	> 100	2,4	-	-

Следует заметить, что точность аппроксимаций /3/, /4/ приблизительно такая же /в том числе и при $T < 100$ МэВ/, как и более сложных формул, предложенных для $\sigma_{in}(T, A)$ Б.С.Сычевым и др /3/.

В табл. 4 указаны коэффициенты параболической аппроксимации функций $C(T)$:

$$C(T) = a + br + cr^2, \text{ где } r = \lg T / \text{ГэВ}.$$

В области $T < 100$ МэВ можно использовать линейное приближение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. - Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. М.: Атомиздат, 1972.
2. Барашенков В.С., Полянски А., Соснин А.Н. - Сообщение ОИЯИ Р2-89-763, Дубна, 1989.
3. Сычев Б.С., Калмыков А.Р., Отрощенко Е.А. - Препринт РТИ АН СССР №834, М., 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 марта 1990 года.

Барашенков В.С., Полянски А., Соснин А.Н.

P2-90-159

Аппроксимация пион-ядерных сечений

Предложена аналитическая аппроксимация сечений упругих и неупругих пион-ядерных взаимодействий, применимая в области энергий больших нескольких десятков МэВ, и для ядер тяжелее бериллия.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1990

Перевод авторов

Barashenkov V.S., Polansky A., Sosnin A.N.

P2-90-159

Pion-Nucleus Cross-Section Approximation

Analytical approximation of pion-nucleus elastic and inelastic interaction cross-section is suggested, with could be applied in the energy range exceeding several dozens of MeV for nuclei heavier than berillium.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1990

8 коп.

Редактор Е. К. Аксенова. Макет Н. А. Киселевой.
Набор И. П. Трусовой, Л. М. Кашехлебовой.

Подписано в печать 22.03.90.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,53.

Тираж 490. Заказ 43295.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.