

СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ С АТОМНЫМИ ЯДРАМИ

Cross-Sections of High-Energy Particles on Atomic Nuclei

С. М. Елисеев

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория теоретической физики*

(Поступила в редакцию 5 августа 1969)

Показано, что для вычисления сечений σ_t , σ_{el} и σ_{in} взаимодействия пионов и протонов с ядрами в области энергий от нескольких сотен Мэв и выше можно применять теорию Глаубера.

Расчет ядерных сечений очень важен сейчас для ряда практических приложений (расчет защиты и т.д.). До сих пор такие вычисления проводились главным образом на основе оптической модели [1—4]. Во многих случаях наблюдается хорошее согласие теории с экспериментом. Однако оптическая модель содержит параметры, значения которых подбираются из сравнения с опытом [3]. Модель плохо применима к легким ядрам (гелию, дейтерию) [5, 6]. В последнее время обнаружен и ряд других дефектов оптической модели [5].

Теория многократного дифракционного рассеяния Глаубера [5, 7] фактически не содержит свободных параметров. Данная работа посвящена исследованию применимости теории Глаубера для вычисления интегральных ядерных сечений.

Обычно используется следующая параметризация нуклонной амплитуды

$$f(q^2) = \frac{ik\sigma}{4\pi} (1 - i\rho) e^{-\beta^2 q^2/2}. \quad (1)$$

В расчетах были использованы последние экспериментальные значения ρ , σ , β^2 [8,9]. Отдельно был исследован вопрос о влиянии ошибок в определении ρ , σ , β^2 на результаты расчетов. Было найдено, что в пределах ошибок измерений ρ , σ , β^2 , σ_t и σ_{el} изменяются весьма слабо.

В легких ядрах, как показывают опыты по рассеянию электронов, распределение нуклонов соответствует гармоническому осциллятору. Если предположить,

* Адрес: Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория теоретической физики, Дубна, СССР.

Таблица

Расчётные сечения (в мбн) взаимодействия протонов и пионов с ядрами при энергии 0, 1; 1 и 10 ГэВ. В скобках указаны экспериментальные значения сечений и энергии [3]. Экспериментальные ошибки составляют несколько процентов

ядро \ сечение	$T_p = 100 \text{ МэВ}$		
	σ_t	σ_{el}	σ_{in}
He	216 (117; 136)	129 (169; 53)	87 —
Be	442 (247; 208)	255 —	217 (231; 99)
C	530 (296; 208)	272 —	258 (219; 113)
Al	1037 (592; 208)	505 —	537 (408; 113)
Cu	2092 (1180; 101)	996 —	954 (835; 99)
Pl	5160 (4410; 101)	2200 —	2260 (1831; 99)
$T_\pi = 100 \text{ МэВ}$			
He	197 (207; 105)	141 (74; 105)	56 (133; 105)
Be	407 (560; 140)	235 (278; 140)	172 (273; 140)
C	497 (638; 140)	277 (316; 216)	220 (350; 216)
Al	1010 —	526 —	484 —
Cu	2047 —	1033 —	1014 —
Pl	5096 (2400; 85)	2591 —	2505 (2356; 216)
$T_p = 1 \text{ ГэВ}$			
He	140 (152; 1)	36 (41±6; 1)	104 (111; 1)
Be	282 (301; 2, 2)	74 (65; 2,2)	208 (236; 2,2)
C	353 (370; 1)	101 (112; 1)	252 (258; 1)
Al	726 (823; 0,9)	214 (453; 0,9)	512 (370; 0,9)
Cu	1511 (1530; 0,9)	485 (790; 0,9)	1026 (740; 0,9)
Pl	3870 (3155; 1)	1400 —	2470 (1660; 0,9)
$T_\pi = 1 \text{ ГэВ}$			
He	121 (130; 1,16)	28 (36; 1,16)	93 (94; 1,16)
Be	243 (273; 0,97)	59 (76±15; 0,97)	184 (197; 0,97)
C	316 (325; 1,06)	82 (78±21; 0,97)	234 (252; 0,97)
Al	650 (659; 0,97)	178 (217; 0,97)	472 (442; 0,97)
Cu	1359 —	407 —	951 —
Pl	3507 (2100; 1,36)	1197 —	2310 (1690; 0,97)
$T_p = 10 \text{ ГэВ}$			
He	135 —	35 —	100 —
Be	276 (278; 18,4)	74 (51; 18,4)	202 (227; 18,4)
C	344 (345; 8,3)	100 (81; 20)	244 (215; 10)
Al	717 (687; 18,4)	214 (215; 18,4)	503 (472; 18,4)
Cu	1500 (1360; 18,4)	490 (510; 18,4)	1010 (850; 18,4)
Pl	3860 (3290; 18,4)	1420 (1540; 18,4)	2440 (1750; 18,4)
$T_\pi = 10 \text{ ГэВ}$			
He	91 —	15 —	76 —
Be	191 —	36 —	155 —
C	246 —	50 —	196 —
Al	516 —	117 —	399 —
Cu	1113 —	288 —	825 (672; 11,16)
Pl	3002 —	931 —	207 (1830; 11,16)

что внутриядерные нуклоны независимы, то для плотности распределений имеем

$$\delta = \psi(r)\psi^*(r) = \prod_{i=1}^A \varrho_s(r_i); \quad \varrho_s(r_i) = \left(\frac{1}{\pi R^2}\right)^{1/2} e^{-r_i^2/R^2}, \quad A \leq 4 \quad (2)$$

$$\varrho = \prod_{i=1}^4 \varrho_s(r_i) \prod_{j=4}^A \varrho_p(r_j); \quad \varrho_p(r_j) = \frac{2}{3\pi^{1/2}R^5} r_j^2 e^{-r_j^2/R^2}, \quad A > 4. \quad (3)$$

В случае более тяжелых ядер ($A > 16$) нет достаточных оснований для выбора того или иного вида волновых функций. Для таких ядер мы приняли простое гауссовское распределение плотности (см. формулу (2)).

На рис. 1, 2 и в таблице представлены результаты вычислений p -ядерных и π -ядерных сечений и соответствующие опытные данные [3]. Видно, что расчет

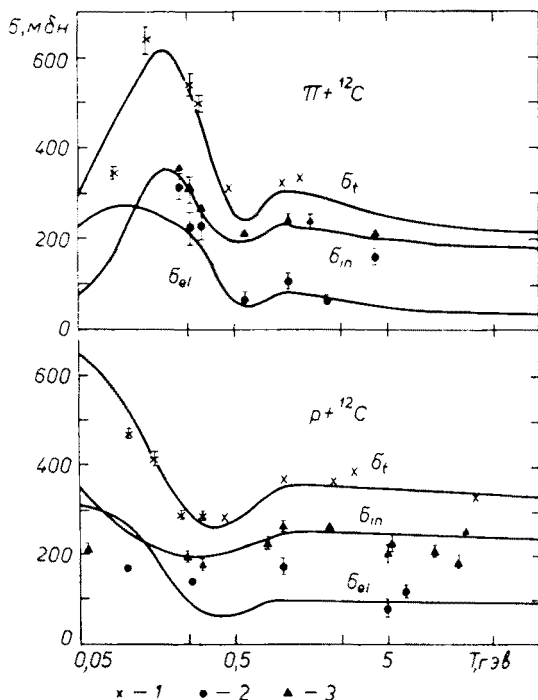


Рис. 1. Энергетическая зависимость интегральных ядерных сечений. Сплошная линия — расчет. Значками 1, 2, 3 отмечены соответственно экспериментальные значения сечений σ_t , σ_{el} , σ_{in} [3]

и эксперимент согласуются в случае легких ядер¹. Что касается более тяжелых ядер, то здесь, как уже отмечалось, согласие хуже [10]. По-видимому, более точный выбор волновых функций позволит получить согласие и для тяжелых ядер. Таким образом, для вычисления интегральных сечений взаимодействий пионов и нукло-

¹ Следует, однако, отметить следующее обстоятельство. Вследствие плохого разрешения по энергии в опытное значение σ_{el} часто вносится вклад и от квазиупругого рассеяния [3].

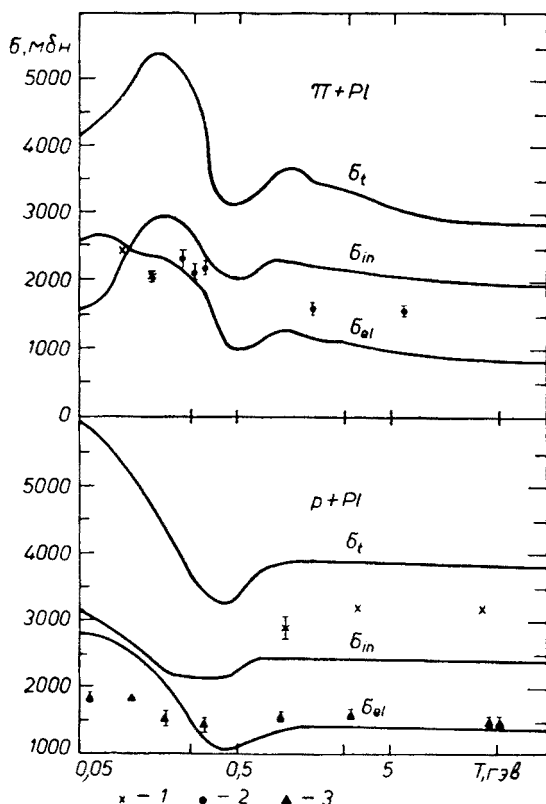


Рис. 2. Энергетическая зависимость интегральных ядерных сечений. Сплошная линия — расчет. Значками 1, 2, 3 отмечены соответственно экспериментальные значения сечений σ_t , σ_{el} , σ_{in} [3]

нов с ядрами в области энергий от нескольких сотен Мэв и выше можно применять теорию Глаубера.

Автор благодарит В. С. Барашенкова, а также В. Д. Тонеева и В. М. Мальцева за многочисленные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] П. Е. Ходгсон, *Оптическая модель упругого рассеяния*, Атомиздат, Москва 1968.
- [2] В. С. Барашенков, С. М. Елисеев, *Сообщения ОИЯИ Р2*, Дубна 1969.
- [3] В. С. Барашенков, К. К. Гудима, В. Д. Тонеев, *Препринт ОИЯИ Р2-4068*, Дубна 1968, *Препринт ОИЯИ Р2-4183*, Дубна 1968.
- [4] С. М. Елисеев, *Сообщения ОИЯИ Р2-4258*, Дубна 1969; *Препринт ОИЯИ Р2-4160*, Дубна 1968.
- [5] В. С. Барашенков, В. Д. Тонеев, *Препринт ОИЯИ Р2-4292*, Дубна 1969. Направлено в УФН.
- [6] L. Leśniak, H. Wołek, *Nuclear Phys.*, **A125**, 665 (1969).
- [7] R. J. Glauber, *Lectures in Theoretical Physics*, Int. Publ. Inc., 1959, 1, p. 315.
- [8] В. С. Барашенков, *Сечения взаимодействия элементарных частиц*, Изд-во Наука, Москва 1966.
- [9] В. С. Барашенков, В. Д. Тонеев, *Препринт ОИЯИ Р2-3850*, Дубна 1968.
- [10] A. Y. Abul-Magd, *Nuclear Phys.*, **B8**, 638 (1969).