

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

УХ 70 82

P2-82-511

В.С.Барашенков, А.М.Задорожный,  
А.В.Музыкантов, С.Ю.Шмаков

РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ПОПРАВКИ К МОДЕЛИ  
МНОГОКРАТНОГО ДИФРАКЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ  
ЧАСТИЦ И ЯДЕР НА ЯДРАХ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1982

Приближение многократного дифракционного рассеяния, разработанное впервые Р.Глаубером и А.Г.Ситенко<sup>/1,2/</sup>, - один из основных подходов к анализу упругого рассеяния частиц и ядер на ядрах, применяемый в настоящее время вплоть до очень высоких энергий - порядка сотен ГэВ. Вместе с тем это приближение является нерелятивистским. Оно не учитывает изменения формы рассеивающихся ядер вследствие их релятивистского сжатия, не принимает во внимание влияния отдачи и т.п. Насколько существенны все эти эффекты и в какой степени законно использование формул Глаубера-Ситенко при высоких энергиях?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, воспользуемся релятивистским обобщением теории многократного дифракционного рассеяния, развитым в работах<sup>/3,4/</sup>. Приведенные в этих работах релятивистские матричные элементы переходят в нерелятивистские, если пренебречь зависимостью от временной координаты и нормированную волновую функцию четырехмерного гармонического осциллятора заменить соответствующей трехмерной гауссовской функцией\*. Изменения в выражениях для сечений рассеяния при этом сводятся к замене формфактора  $F(t) = (1-t/2M^2) \rightarrow 1$  /  $t$  - передаваемый импульс,  $M$  - масса ядра/\*\*.

---

\* Релятивистское обобщение можно сформулировать и для других волновых функций, однако в этом случае мы встречаемся со сложной задачей численного расчета многомерных интегралов. Поскольку релятивистские поправки быстро убывают при увеличении массы ядра /см. ниже/, достаточно ограничиться осцилляторными функциями, которые являются хорошим приближением для легких ядер.

\*\* Следует также иметь в виду различие нормировочных постоянных ядерных волновых функций. В нерелятивистском приближении принято использовать относительные пространственные переменные  $x'_i = x_i - R_c$ , где  $R_c$  - радиус-вектор центра масс, в то время как релятивистские матричные элементы выражаются через координаты Якоби  $\xi_i$ , связанные с  $x'_i$  соотношением  $\sum_{i=1}^A x_i'^2 = A \sum_{i=1}^{A-1} \xi_i^2$  /  $A$  - массовое число ядра/. Поэтому нормировочная постоянная релятивистской ядерной функции  $d = d_0 / A$ , где  $d_0 = R^2$  - соответствующая постоянная, используемая в теории Глаубера-Ситенко;  $R$  - радиус ядра.

ОБЩЕИЗДАТЕЛЬСТВО  
 АТОМЭНЕРГЕТИКИ  
 МОСКВА

Релятивистское сечение адрон-ядерного рассеяния

$$\frac{d\sigma(t,s)}{dt} = \left\{ \sum_{n=1}^A M_n(t,s) F(t)^{A-1} \left[ \frac{R^2 F(t) + 4\gamma(s)}{R^2 + 4\gamma(s)} \right]^{\frac{1-n}{2}} \times \right. \\ \left. \times \exp \left\{ \frac{tR^2}{4n} \left( 1 - \frac{n}{A} \right) [F(t) - 1] \right\} \right\}^2 \quad //$$

где

$$M_n(t,s) = (2i)^{n-1} \frac{A! T_0^n}{n \cdot n! (A-n)!} [R^2 + 4\gamma(s)]^{1-n} \exp \left\{ \frac{t\gamma(s)}{n} + \frac{tR^2}{4n} \left( 1 - \frac{n}{A} \right) \right\}$$

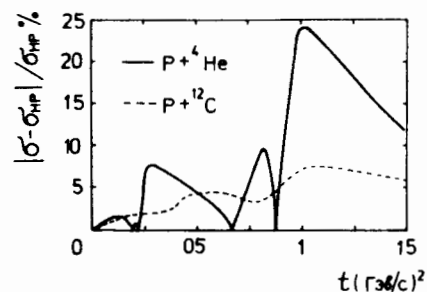
- нерелятивистская амплитуда адрон-ядерного рассеяния,  $T(t,s) = T_0(s) \exp[t\gamma(s)]$  - амплитуда упругого адрон-нуклонного столкновения.

В области до первого дифракционного минимума, где основной вклад дают однократные адрон-нуклонные столкновения, относительная разность релятивистского и нерелятивистского сечений с точностью до членов порядка  $t^2$

$$\left( \frac{d\sigma}{dt} - \frac{d\sigma}{dt} \right) / \frac{d\sigma}{dt} \approx t(1-A^{-1}) / (2Am^2),$$

где  $m$  - масса нуклона.

В случае рассеяния адронов на легких ядрах эта разность составляет всего лишь около 1%: Полное сечение взаимодействия  $\sigma_{tot}$ , выражающееся через амплитуду упругого рассеяния при  $t=0$ , в релятивистской теории точно такое же, как и в нерелятивистском приближении.



Относительная величина релятивистской поправки в случае рассеяния протонов на ядрах углерода и гелия при энергии 1 ГэВ/нуклон.

Релятивистские поправки становятся существенными лишь при больших значениях  $t$  /см. рисунок/, где само приближение многократного дифракционного рассеяния, рассмотренное в работах<sup>1,2/</sup>, становится уже весьма неточным<sup>5,6/</sup>. Резкое изменение величины поправок вблизи дифракционных минимумов обусловлено смещением этих минимумов вследствие изменения эффективного радиуса ядра, вызванного релятивистским сжатием.

В случае взаимодействия ядер релятивистские расчеты значительно усложняются из-за необходимости учета большого числа структурных матриц, описывающих различные комбинации сталкивающихся нуклонов<sup>4/</sup>. Однако рассмотрение относительно простого случая взаимодействия двух  $\alpha$ -частиц показало, что релятивистские поправки оказываются такими же малыми, как и для адрон-ядерного рассеяния.

Таким образом, модель многократного дифракционного рассеяния оказывается очень устойчивой к релятивистским эффектам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Glauber R.J. In: Lectures in Theoretical Physics. Interscience Publishers, N.Y., 1959, vol.1.
2. Ситенко А.Г. Укр.физ.журн., 1959, т.4, с.152.
3. Голоскоков С.В. и др. ЯФ, 1981, т.33, вып.5, с.1349; Kuleshov S.P. et al. Hadronic Journal, 1981, vol.4, No.6, pp.1916-1933.
4. Амелин Н.С. и др. ОИЯИ, P2-81-615, P2-81-709, P2-81-710, Дубна, 1981.
5. Wallace S.J. Ann.of Phys., 1973, vol.78, p.190; Phys.Rev., 1975, vol.C12, p.179.
6. Auger J.P., Lombard R.J. Ann.of Phys., 1978, vol.115, p.442.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 июля 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Барашенков В.С. и др. P2-82-511  
Релятивистские поправки к модели многократного дифракционного рассеяния частиц и ядер на ядрах

Показано, что приближение Глаубера для рассеяния частиц и ядер на ядрах слабо чувствительно к релятивистским эффектам. Их учет совершенно не влияет на полное сечение  $\sigma_{tot}$ . Увеличение дифференциального сечения  $d\sigma_{el}/dt$  в области до первого дифракционного минимума составляет в среднем около процента и уменьшается  $\sim 1/M^2$  с ростом массы ядра  $M$ . Релятивистские поправки существенны  $\geq 10\%$  лишь при очень больших передаваемых импульсах  $t \geq 0,2 M^2/\text{ГэВ}/c^2$ . В случае столкновения двух ядер  $M$  - масса наиболее легкого ядра/.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Barashenkov V.S. et al. P2-82-511  
Relativistic Corrections to the Multiple Scattering Model

It is stated that the Glauber approximation is slowly sensible to relativistic effects. Taking into account these effects does not change the total cross section  $\sigma_{tot}$  at all. The increase in the differential cross section  $d\sigma_{el}/dt$  in the region lower than the first diffractive minimum is of the order of a few percent and decreases  $\sim 1/M^2$  with the increase of nucleus mass  $M$ . The relativistic corrections are essential ( $\geq 10\%$ ) only at very high transfer momenta  $t \geq 0.2 M^2(\text{GeV}/c)^2$ . (In the case of two nucleus collision  $M$  is the mass of the lightest nucleus).

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.