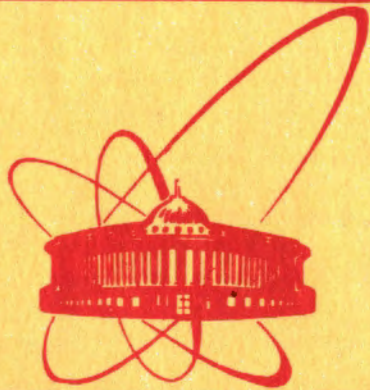


9/vi-8



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

2472/2-80

P2-80-54

И.У.Христова, З.Омбоо, А.С.Пак, А.В.Тарасов,
В.В.Ужинский

СЕЧЕНИЕ КВАЗИУПРУГОГО ЯДРО-ЯДЕРНОГО
РАССЕЯНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

1980

В работе ^{/1/} получено выражение для дифференциального сечения квазиупругого рассеяния ядра A_1 ядром A_2 (A_1 остается в основном состоянии, A_2 испытывает всевозможные возбуждения, включая развал) в виде ряда по степеням кратности некогерентных столкновений

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(q)\right)_{q,el.} = \sum_n \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(q)\right)^{(n)}, \quad (1)$$

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(q)\right)^{(n)} = \frac{1}{n!} \int \prod_{i=1}^n T_2(s_i) d\vec{s}_i |F_{q,el.}^{(n)}(q, s_1 \dots s_n)|^2, \quad (2)$$

$$F^{(n)}(q, s_1 \dots s_n) = \frac{\delta^{(n)}}{\delta T_2(s_1) \dots \delta T_2(s_n)} F_{A_1 A_2}^{el.} \{T_1(s), T_2(s)\}, \quad (3)$$

где $T_{1(2)}(s) = A \int \rho(r) dz$ - функции толщины сталкивающихся ядер, \vec{s} - компоненты радиус-векторов нуклонов в ядрах, $F_{A_1 A_2}^{el.} \{T_1(s), T_2(s)\}$ - амплитуда упругого $A_1 A_2$ - рассеяния, явный функциональный вид которой приведен в ^{/1,2/}. Проведение конкретных расчетов по схеме (1)-(3) крайне затруднительно в тех случаях, когда в сумме (1) существенную роль играет большое число слагаемых. Поэтому представляет интерес получение хотя бы приближенно замкнутого выражения для всей суммы. Это оказывается возможным сделать в оптическом пределе по атомным номерам сталкивающихся ядер и в пренебрежении вещественной частью амплитуды NN - рассеяния. Поскольку при энергиях в несколько ГэВ/нуклон вещественная часть амплитуды NN-рассеяния численно мала ($\alpha = \text{Re}f(0) / \text{Im}f(0) \approx 0,2 \div 0,3$) и ее влияние на характеристики адрон-ядерного рассеяния практически несущественно, можно надеяться, что в задачах ядерно-ядерного рассеяния использование приближения $\alpha=0$ является достаточно оправданным.

Записывая амплитуду процесса

$$A_1 + A_{2(i)} \rightarrow A_1 + A_{2(f)} \quad (4)$$

в виде

$$F_{if}(q) = \frac{1}{2\pi} \int d\vec{b} e^{i\vec{q}\vec{b}} \psi_{A_2(f)}^*(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) \psi_{A_2(i)}(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) \prod_{i=1}^{A_2} d\vec{r}_i^* \quad (5)$$

$$* \prod_{k=1}^{A_1} \rho_1(\vec{r}_k) d\vec{r}_k [1 - \prod_{k=1} \prod_{i=1} (1 - \gamma(b - \vec{s}_i - \vec{s}_k))],$$

где $\psi_{A_2(i)}(f)$ — волновые функции начального (конечного) состояния ядра A_2 , $\rho_1(r)$ — одночастичная плотность распределения нуклонов в ядре A_1 , $\gamma(b)$ — функция профиля амплитуды NN- рассеяния (чисто вещественная в приближении $a=0$), мы можем явно выполнить усреднение по распределению нуклонов в сохраняющемся ядре A_1 , и в полученном результате перейти к оптическому пределу по его атомному номеру. В результате получим

$$F_{if}(q) = \frac{1}{2\pi} \int d\vec{b} e^{i\vec{q}\vec{b}} \psi_{A_2(f)}(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) \psi_{A_2(i)}(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) \prod_{i=1}^{A_2} d\vec{r}_i^* \quad (6)$$

$$* (1 - \exp[-\Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\}) T_1(b-s) ds]),$$

где

$$\Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\}) = 1 - \prod_{i=1}^{A_2} (1 - \gamma(s - \vec{s}_i)).$$

Используя при вычислении суммы сечений всевозможных возбуждений ядра A_2 ядром A_1 условия полноты

$$\sum_f \psi_f^*(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) \psi_f(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2}) = \prod_{i=1}^{A_2} \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_i') \quad (7)$$

и используя приближение факторизации для плотности распределения нуклонов в ядре A_2

$$|\psi_{A_2}(\vec{r}_1 \dots \vec{r}_{A_2})|^2 = \prod_{i=1}^{A_2} \rho_2(\vec{r}_i), \quad (8)$$

получим для суммарного сечения

$$\frac{d\sigma}{dt} = \pi \sum_f |F_{if}|^2 \quad (9)$$

выражение вида

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{1}{4\pi} \int d\vec{b}_1 d\vec{b}_2 \prod_{i=1}^{A_2} \left(\frac{T_2(\vec{s}_i) d\vec{s}_i}{A_2} \right) \exp i\vec{q}(\vec{b}_1 - \vec{b}_2) \times$$

$$\times [1 - \exp(-\int \Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\}) T_1(b-s) ds) - \exp(-\int \Gamma_{A_2 N}^*(s, \{\vec{s}\}) T_1(b_2-s) ds) +$$

$$+ \exp(-\int \Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\}) [T_1(b_1-s) + T_1(b_2-s)] ds)]. \quad (10)$$

Возможность вынесения общего множителя $\Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\})$ в аргументе последней экспоненты в квадратных скобках в формуле (10) обеспечивается предположением о вещественности функций профиля $\gamma(b)$. Тем самым задача свелась к вычислению однотипных выражений вида

$$\phi(b_1, b_2) = \int \prod_{i=1}^{A_2} \left(\frac{T_2(\vec{s}_i) d\vec{s}_i}{A_2} \right) \exp(-\int \Gamma_{A_2 N}(s, \{\vec{s}\}) r(s, b_1, b_2) ds). \quad (11)$$

Как показано в работах ^{1-3/}, в оптическом пределе по параметру A_2 и в приближении нулевого радиуса NN- взаимодействия логарифм выражения (11) с точностью до численно несущественных слагаемых дается интегралом

$$-\ln \phi(b_1, b_2) = \Phi(b_1, b_2) = \frac{2}{\sigma} \int d\vec{s} f\left(\frac{\sigma}{2} r(s, b_1, b_2), \frac{\sigma}{2} T_2(s)\right), \quad (12)$$

где

$$f(x, y) = z(\exp u - 1) + u(\exp z - 1) - uz,$$

$$z = x \exp(-u), \quad u = y \exp(-z).$$

Вычитая из суммы (10) сечение процесса упругого $A_1 A_2$ - рассеяния, для сечения квазиупругого рассеяния ядра A_1 ядром A_2 получим

$$\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)^{qu.el.} = \frac{1}{4\pi} \int d\vec{b}_1 d\vec{b}_2 \exp i\vec{q}(\vec{b}_1 - \vec{b}_2) \times$$

$$\times \left\{ \exp - \frac{2}{\sigma} \int ds \vec{f} \left[\frac{\sigma}{2} (T_1(b_1-s) + T_1(b_2-s)); \frac{\sigma}{2} T_2(s) \right] - \right. \\ \left. - \exp - \frac{2}{\sigma} \int ds \vec{f} \left[f \left(\frac{\sigma}{2} T_1(b_1-s), \frac{\sigma}{2} T_2(s) \right) + f \left(\frac{\sigma}{2} T_1(b_2-s), \frac{\sigma}{2} T_2(s) \right) \right] \right\}, \quad (13)$$

Заметим, что с вычислительной точки зрения выражение (13) для суммарного сечения квазиупругого $A_1 A_2$

- рассеяния не сложнее выражения для сечения $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)^{(1)}$ однократного квазиупругого рассеяния, и существенно проще выражений для сечений $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)^{(n)}$ при $n > 1$.

Авторы благодарят Л.И.Лapidуса за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пак А.С., Тарасов А.В., и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, с.314.
2. Пак А.С., Тарасов А.В. и др. ЯФ, 1979, 30, с.102.
3. Андреев И.В., Чернов А.В. ЯФ, 1978, 28, с.477.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 января 1980 года.