ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Р-132

В.М. МАЛЬЦЕВ

# ВЛИЯНИЕ ВНУТРИЯДЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ С ЯДРАМИ

1 9 5 8 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Р-132

В.М. МАЛЬЦЕВ

# ВЛИЯНИЕ ВНУТРИЯДЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ С ЯДРАМИ



1 9 5 8 г.

Пусть $f(v')$ – произвольная функция распределения ядерных нуклонов в импульсном пространстве, изотропная по углам. Аппроксимируем сечение взаимодействия свободных частиц, рассматриваемой частицы и нуклона, произведением $\frac{1}{V^2}$ на некоторый полином, т.е. $\sigma(V) = \frac{1}{V^2}\sum_{k=0}^{p} B_k V^k$ . Тогда влияние внутриядерного движения на взаимодействие формально скажется в изменении коэффициентов полинома. Явный вид этих коэффициентов ниже находится для общего случая.

Для каждого сорта частиц, взаимодействующих с нуклонами ядра, можно найти интервал энергии, в котором частицы испытывают с нуклонами ядра-мишени, в основном, парные взаимодействия. Тогда в некотором приближении можно рассматривать ядро как образец, прохождение частиц в котором может быть описано кинетическим уравнением (внутри ядра нет источников):

$$\vec{V}\cdot\nabla n + |V_1|\frac{n}{\ell} = 0 \qquad (I)$$

где $n$ – функция распределения частиц, взаимодействующих с ядром,

$\vec{V}$ – скорость частиц, падающих на ядро,

$|V_1|$ – модуль относительной скорости взаимодействующих частиц,

$\ell$ – средний свободный пробег.

Уравнение (I) легко записать в виде

$$\vec{k}\cdot\nabla n + \frac{n}{\ell_{эф}} = 0\,,\quad где\quad \vec{k} = \frac{\vec{V}}{V}\,, \qquad (2)$$

совпадающим по форме с кинетическим уравнением, описывающим прохождение частиц в покоящемся ядерном веществе.

Как это следует из (I) и (2) в предположении, что функция распределения нуклонов ядра в фазовом пространстве $N(\vec{x},\vec{V}') = \mathcal{N}(\vec{x})\,f(\vec{V}')$ , сечение взаимодействия с учетом эффекта внутриядерного движения равно

$$\sigma_{эф}(\vec{V})=\frac{1}{V}\int_{\Omega} f(\vec{V}')\sigma(|\vec{V}-\vec{V}'|)|\vec{V}-\vec{V}'|d\vec{V}' \qquad (3)$$

Запишем (3) в сферической системе координат. Воспользуемся тем, что $f(\vec{V}')$ изотропна по углам, а сечение взаимодействия азимутально-симметрично. Тогда интегрирование по углам $\theta$ и $\varphi$ может быть выполнено, и мы получим

$$\sigma_{эф}(V)=\frac{2\pi}{V^2}\sum_{K=0}^{P}\frac{B_K}{(K+1)}\sum_{m=0}^{K+1}C_{K+1}^{m}\left[1-(-1)^m\right]V^{K-m+1}\int_{\Omega} f(V')V'^{m+1}dV' \qquad (4)$$

В выражение (3) входит модуль относительной скорости. Знак этого модуля может быть опущен, если (а) $V > V'$ во всей области интегрирования (например, в случае распределения Ферми) или, если (б) $K$ -нечетно для $V'$, неограниченных в области интегрирования (например, в случае распределения Гаусса). Мы предполагаем, что выполнено одно из этих ограничений.

Выражение (4) легко записать в виде

$$\sigma_{эф}(V)=\frac{1}{V^2}\sum_{\ell=0}^{P}\left\{2\pi\sum_{K=0}^{P}\frac{B_K}{(K+1)}C_{K+1}^{\ell}\left[1-(-1)^{K-\ell+1}\right]\int_{\Omega} f(V')V'^{K-\ell+2}dV'\right\}V^{\ell} \qquad (5)$$

Рассмотрим два частных случая: I) распределение Ферми и 2) Гауссово распределение.

I. Для Ферми-распределения функция $f(V')$ определена с учетом нормировки следующим образом

$$f(V')=\begin{cases}\dfrac{3}{4\pi V_0^3} & \text{внутри объема } \Omega\\ 0 & \text{вне объема} \text{ — — .}\end{cases} \qquad (6)$$

Тогда эффективное сечение можно записать в виде

$$\sigma_{эф}(V,V_0)=\frac{1}{V^2}\sum_{\ell=0}^{P}\left\{\frac{3}{2}\sum_{K=0}^{P}\frac{B_K}{(K+1)}C_{K+1}^{\ell}\left[1-(-1)^{K-\ell+1}\right]\frac{V_0^{K-\ell}}{K-\ell+3}\right\}V^{\ell} \qquad (7)$$

2. Для Гауссова распределения $f(v')$ с учетом нормировки равна

$$f(v') = \frac{a^3}{\pi\sqrt{\pi}} e^{-a^2 v'^2}, \tag{8}$$

где $a$ - параметр Гауссова распределения.

Как было отмечено выше, сечение взаимодействия в этом случае аппросимировано произведением $\frac{1}{v^2}$ на полином по нечетным степеням скорости. Эффективное сечение взаимодействия для этого случая равно

$$\sigma_{эф}(v,a) = \frac{1}{v^2} \sum_{\ell=0}^{p} \left\{ \sum_{n=0}^{p} \frac{B_{2n+1}}{(2n+2)} C_{2n+2}^{2\ell+1} \frac{(2n-2\ell+1)!!}{(2a^2)^{n-\ell}} \right\} v^{2\ell+1} \tag{9}$$

Автор благодарен Н.А.Черникову за обсуждение данной темы.