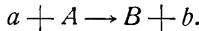


## ГЛАВА X\*

### ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЧАСТИЦ В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

**§ 66.** Дифференциальное сечение ядерной реакции в случае полной или беспорядочной поляризации частиц во входном канале

Рассмотрим ядерную реакцию типа



В § 60 было показано (см. (60,10)), что если начальное состояние системы сталкивающихся частиц определяется квантовыми числами  $\alpha sm$ , а конечное состояние — квантовыми числами  $\beta \tau \mu$ , то волновая функция конечного состояния, соответствующая реакции  $\alpha sm \rightarrow \beta \tau \mu$ , может быть записана в виде

$$\psi_{\beta \tau \mu, sm} = i \left( \frac{v_\alpha}{v_\beta} \right)^{1/2} \frac{\exp(ik_\beta r_\beta)}{r_\beta} \varphi_{\beta \sigma} \chi_{\tau \mu} F_{\alpha sm}^{\beta \tau \mu}, \quad (66,1)$$

где  $\varphi_{\beta \sigma}$  — волновая функция внутренних состояний конечного ядра и улетающей частицы (если она сложная);  $\chi_{\tau \mu}$  — спиновая волновая функция выходного канала;  $v_\alpha$  и  $v_\beta$  — скорость относительного движения частиц в каналах  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $F_{\alpha sm}^{\beta \tau \mu}$  — амплитуда реакции, определяемая соотношением

$$F_{\alpha sm}^{\beta \tau \mu}(\theta, \varphi) = \frac{1}{k_\alpha} \sum_{J=0}^{\infty} \sum_{l=|J-s|}^{J+s} \sum_{\lambda=|J-\sigma|}^{J+\sigma} i^{l-\lambda} \sqrt{2l+1} (ls \ 0 \ m | Jm) \times \\ \times (\lambda \sigma, m - \mu, \mu | Jm) [\delta_{\alpha\beta} \delta_{\lambda l} \delta_{s\tau} - S_{\beta \lambda \sigma, \alpha l s}^J] Y_{\lambda, m-\mu}(\theta, \varphi), \quad (66,2)$$

где  $S_{\beta \lambda \sigma, \alpha l s}^J$  — элементы матрицы рассеяния (реакции) для системы, обладающей полным моментом  $J$  и определенной четностью.

Дифференциальное сечение реакции из определенного начального состояния  $\alpha sm$  в определенное конечное состояние  $\beta \tau \mu$  определяется выражением

$$\left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\beta \tau \mu, \alpha sm} = |F_{\alpha sm}^{\beta \tau \mu}(\theta, \varphi)|^2, \quad (66,3)$$

Если в начальном состоянии спин частицы ( $s_a$ ) и ядра ( $s_A$ ) ориентированы произвольно, а в конечном состоянии мы не интересуемся ориентацией спина частицы ( $s_b$ ) и ядра ( $s_B$ ), то дифференциальное сечение реакции  $\alpha \rightarrow \beta$  получается из (66,3) при усреднении по всем начальным состояниям и суммировании по всем конечным состояниям:

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\beta\alpha} = \frac{1}{(2s_a + 1)(2s_A + 1)} \sum_{s=|s_A - s_a|}^{s_A + s_a} \sum_{m=-s}^s \sum_{\sigma=|s_B - s_b|}^{s_B + s_b} \sum_{\mu=-\sigma}^{\sigma} |F_{\alpha sm}^{\beta\sigma\mu}|^2. \quad (66,4)$$

При фиксированном входном и выходном каналах величины  $F_{\alpha sm}^{\beta\sigma\mu}$ , различающиеся всеми возможными значениями  $\sigma\mu$ ,  $sm$ , образуют матрицу  $F = \{(\sigma\mu | F | sm)\}$ , элементы которой

$$(\sigma\mu | F | sm) \equiv F_{\alpha sm}^{\beta\sigma\mu}(\theta, \varphi) \quad (66,5)$$

являются функциями углов  $\theta$  и  $\varphi$ .

Пользуясь обозначениями (66,5), можно переписать (66,4) в матричном виде:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\beta\alpha} &= \frac{1}{(2s_a + 1)(2s_A + 1)} \sum_{sm, \sigma\mu} (\sigma\mu | F | sm) (\sigma\mu | F | sm)^* = \\ &= \frac{1}{(2s_a + 1)(2s_A + 1)} \text{Sp} (FF^\dagger), \end{aligned} \quad (66,6)$$

где знаком Sp отмечается, что надо взять сумму диагональных элементов матрицы, стоящей после этого знака.

Часто начальное состояние в теории рассеяния и ядерных реакций представляет статистическую смесь спиновых состояний (неполная поляризация), образуемых возможными комбинациями спинов частицы и ядра-мишени. Если при этом во взаимодействии частицы с ядром-мишенью существенно спин-орбитальное взаимодействие, то выражение для дифференциального сечения реакции  $\alpha \rightarrow \beta$  значительно усложняется. Рассеяние поляризованных или частично поляризованных пучков частиц не обладает азимутальной асимметрией. Поэтому изучение поляризации продуктов ядерных реакций можно проводить с помощью исследования последующего рассеяния этих частиц (или ядерных реакций) на других ядрах.

Исследование такого рода ядерных реакций требует построения теории ядерных реакций с участием частично поляризованных частиц. Такая теория разрабатывалась в работах Симона [8], Симона и Вельтона [9], Оэме [10] и др. В этой главе мы рассмотрим основы теории реакций с частично поляризованными потоками частиц на частично поляризованных ядрах.