

Б. М. ДАВИДОВИЧ, В. В. ТОЛМАЧЕВ

ИЗУЧЕНИЕ АТОМНЫХ ФЕЙНМАНОВСКИХ ДИАГРАММ ВТОРОГО ПОРЯДКА ДЛЯ ВЫРОЖДЕННЫХ УРОВНЕЙ МНОГОЭЛЕКТРОННЫХ АТОМОВ

Выписаны вклады от атомных фейнмановских диаграмм второго порядка с четырьмя внешними линиями. Проведено суммирование по проекциям моментов. Раскрыты соответствующие генеалогические коэффициенты. Вклады выражены через радиальные интегралы.

В [1] изложена общая теория, позволяющая вычислять сдвиги энергии ΔE для различных вырожденных уровней многоэлектронных атомов. Согласно этой теории величину ΔE нужно представить в виде суммы

$$\Delta E = \Delta E_0 + \Delta E',$$

причем ΔE_0 — полный энергетический сдвиг для состояния остова, в котором открытая оболочка пустая; величина ΔE_0 дается суммой вкладов от соответствующих атомных фейнмановских диаграмм без внешних линий [1].

Сдвиги энергии $\Delta E'$ определяются с помощью решения некоторой специально составленной системы секулярных уравнений с секулярной матрицей M , матричные элементы которой определяются как суммы вкладов соответствующих атомных диаграмм с двумя, четырьмя и т. д. внешними электронными линиями. Диаграммы фактически составляются только для того случая, когда число внешних электронных линий в точности равно удвоенному числу электронов в открытой оболочке. Вклад от диаграммы с числом внешних линий меньшим, чем удвоенное число электронов, выражается с помощью редуционной формулы через вклады от той же самой диаграммы, но для случая, когда удвоенное число электронов в открытой оболочке равно числу внешних линий.

В этой работе выписаны вклады от диаграмм второго порядка с четырьмя внешними линиями¹. Приведено суммирование по всем проекциям моментов, раскрыты соответствующие генеалогические коэффициенты. Все вклады выражены через радиальные интегралы.

¹ Вклады от диаграмм второго порядка с двумя внешними линиями в частном случае выписаны в [4], с четырьмя внешними линиями — в [5].

Рассмотрим правила составления вкладов в матричные элементы секулярной матрицы M . Вклад от каждой диаграммы является суммой от произведения вкладов от трех диаграмм: радиальной, орбитальной моментной и спиновой.

Атомная феймановская диаграмма с $2p$ внешними электронными линиями схематично изображена на рис. 1, а. Она состоит из четвер-

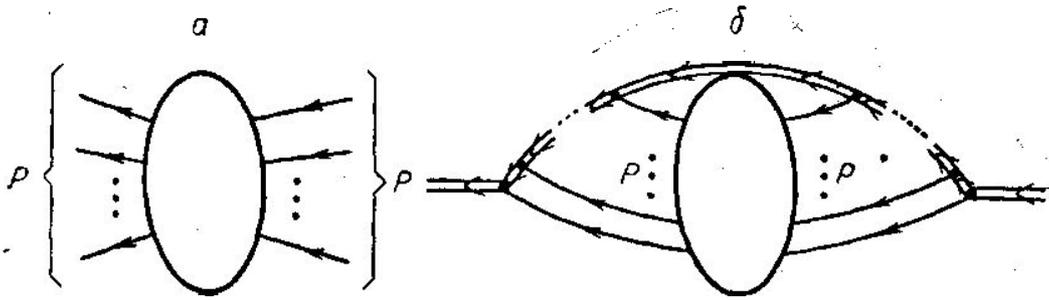


Рис. 1

ных вертексов. Радиальная диаграмма строится сложением данной диаграммы с $2(p-1)$ тройными вертексами (рис. 2). Схематичное изображение радиальной диаграммы дано на рис. 1, б. Электронные (одинарные) линии на радиальной диаграмме делятся на два типа: внешние электронные линии (линии, образованные соединением внешних электронных линий данной диаграммы с одинарными линиями

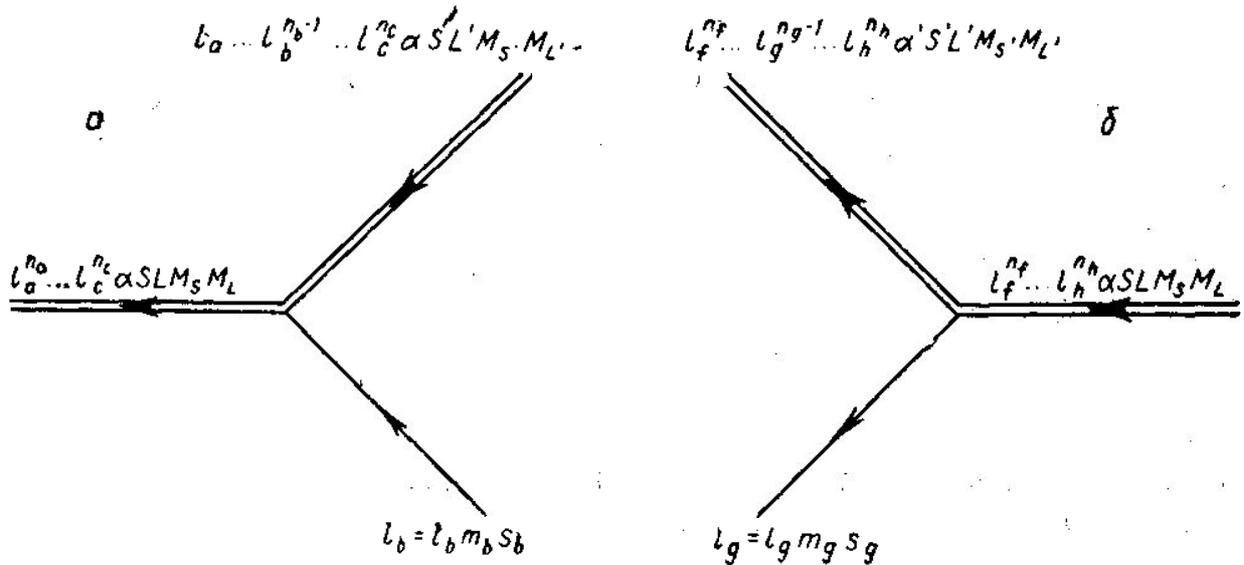


Рис. 2

тройных вертексов), внутренние электронные линии (линии между двумя соседними четверными вертексами).

Среди двойных линий нужно различать промежуточные и крайние двойные линии. Крайних двойных линий всего четыре. Это первая правая и последняя левая двойные линии (так называемые «хвосты» диаграммы) и последняя правая и первая левая двойные линии (считать надо справа налево). Все остальные двойные линии являются промежуточными. Кроме двойных, электронных (одинарных) линий в радиальной диаграмме имеются пунктирные линии четверных вертексов. Рассмотрим расстановку индексов на радиальной диаграмме. Пусть мы имеем две взаимодействующие конфигурации $l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} S L M_S M_L$ и $l_f^{n_f} \dots l_h^{n_h} S L M_S M_L$, причем $n_a + \dots + n_c = n_f + \dots + n_h = p$.

Расставим индексы этих конфигураций соответственно на последней левой и первой правой двойных линиях. Затем выбросим один электрон из конфигурации, стоящей на левой двойной линии, и индексы вновь образованной конфигурации (уже из $p-1$ электронов) $l_a^{n_a} \dots l_b^{n_b-1} \dots l_c^{n_c} S' L' M_S M_L$ поставим на следующей левой двойной линии (рис. 2, а). А индексы выброшенного электрона поставим на электронной линии, соответствующей этому тройному вертексу. Аналогичную операцию проведем с индексами, стоящими на правой двойной линии (рис. 2, б), и так далее. В конце концов на первой левой и последней правой двойных линиях останутся только индексы одноэлектронной конфигурации.

Чтобы окончить расстановку индексов на радиальной диаграмме, присвоим внутренним электронным линиям двойные индексы nl , а пунктирным линиям индексы моментов l . Очевидно, расстановка индексов на данной диаграмме неоднозначна. Поэтому, когда мы составим вклад от диаграммы с данной расстановкой индексов, нужно будет просуммировать его по всевозможным расстановкам индексов, в том числе по всем индексам промежуточных термов, стоящих на промежуточных двойных линиях. Выпишем правила составления вкладов от радиальной диаграммы.

1. Каждому четверному вертексу радиальной диаграммы с пунктирной линией l , выходящими электронными линиями $n_1' l_1'$, $n_2' l_2'$ и входящими электронными линиями $n_1 l_1$, $n_2 l_2$ соответствует множитель

$$R_l(n_1' l_1' n_2' l_2'; n_2 l_2 n_1 l_1) [l_1' l_1 l] [l_2' l_2 l],$$

где R_l — радиальный интеграл, выражения в квадратных скобках — модуль $3-j$ коэффициентов Вигнера с нулевыми проекциями моментов.

2. Каждому левому тройному вертексу радиальной диаграммы с выходящей двойной линией $l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} \alpha S L$, входящей двойной линией $l_a^{n_a} \dots l_b^{n_b-1} \dots \dots l_c^{n_c} \alpha' S' L'$ и входящей электронной линией l_b соответствует множитель

$$\sqrt{p} (l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} \alpha S L \{ | l_a^{n_a} \dots l_b^{n_b-1} \dots l_c^{n_c} (\alpha' S' L') l_b S L \}.$$

Каждому правому тройному вертексу с входящей двойной линией $l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} \alpha S L$, выходящей двойной линией $l_a^{n_a} \dots l_b^{n_b-1} \dots l_c^{n_c} \alpha' S' L'$ и выходящей электронной линией l_b соответствует множитель

$$\sqrt{p} (l_a^{n_a} \dots l_b^{n_b-1} \dots l_c^{n_c} (\alpha' S' L') l_b S L \{ | l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} \alpha S L \},$$

где p — число электронов в конфигурации $l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c}$

$$p = n_a + \dots + n_c,$$

выражения во внешних круглых скобках — генеалогические коэффициенты.

3. Каждой внутренней электронной линии nl сопоставляется множитель

$$(2l + 1).$$

Последняя правая и первая левая крайние двойные линии в данном случае рассматриваются как внутренние электронные линии. Каждой внешней электронной линии $n_0 l$ соответствует множитель

$$\sqrt{2l + 1},$$

а каждой промежуточной двойной линии $l_a^{n_a} \dots l_c^{n_c} aSL$ — множитель $\sqrt{2S+1} \sqrt{2L+1}$.

4. Каждому вертикальному разрезу между двумя соседними четверными вертексами сопоставляется множитель

$$\frac{1}{\varepsilon - p\varepsilon_{n_0} - \Delta E'}$$

где ε равна сумме одночастичных электронных энергий частичных линий (идущих справа налево) минус сумма одночастичных электронных энергий дырочных линий (идущих слева направо).

5. Всей диаграмме сопоставляется множитель

$$\frac{2^l}{\lambda} (-1)^{n+p+l+f+1} (-1)^{S+p/2+L-1/2\Sigma_1 l - 1/2\Sigma_2 l}$$

Здесь n — число четверных вертексов в диаграмме (порядок диаграммы), p — число электронов в открытой оболочке, l — число замкнутых петель в диаграмме, f — число дырочных линий, S и L — полный спин и полный орбитальный момент, $\Sigma_1 l$ и $\Sigma_2 l$ — суммы всех одночастичных орбитальных моментов первой и соответственно второй взаимодействующих конфигураций; λ — топологический фактор диаграммы.

Орбитальная моментная диаграмма получается из радиальной следующим образом: соединяются первая правая и последняя левая крайние двойные линии, все двойные и пунктирные линии заменяются на одинарные, на всех линиях ставятся те индексы моментов, которые стояли на соответствующих линиях радиальной диаграммы.

Спиновая диаграмма также строится из соответствующей радиальной диаграммы. Она получается в результате следующих преобразований: соединяются первая правая и последняя левая крайние двойные линии, выбрасываются все пунктирные линии и замкнутые петли, все двойные линии заменяются на одинарные, на всех линиях расставляются те спины, которые стояли на соответствующих линиях радиальной диаграммы.

Правила составления вкладов от орбитальной моментной и спиновой диаграмм — обычные правила составления вкладов от угловых диаграмм (2). Мы не будем здесь на них останавливаться.

Составим полный вклад. Он составляется по следующей формуле.

Вклад от диаграммы равен: Σ радиальный множитель \times орбитальный моментный множитель \times спиновой множитель.

Суммирование ведется по всем возможным расстановкам индексов моментов на линиях диаграммы, по всем индексам промежуточных термов, по индексам l , стоящим на пунктирных линиях от 0 до $+\infty$, по двойным индексам nl , причем для дырочных линий $nl \in f_0$ (f_0 — совокупность занятых состояний в электронной оболочке), для частичных линий $nl \in g_0$ (g_0 — совокупность незанятых состояний в электронной оболочке).

Если в сумме появляются члены с знаменателями, обращающимися в ноль, то их нужно выбросить.

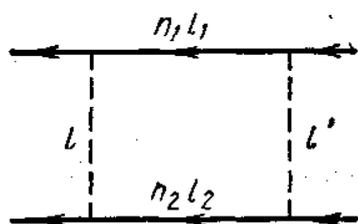
Диаграммы второго порядка с двумя и четырьмя внешними линиями 34. Из них с двумя 20 с четырьмя — 14.

Мы приводим вклады только от диаграмм с четырьмя внешними линиями. Для них вклады выписаны для случая двух электронов во

внешней оболочке. Здесь возможны четыре вида пар взаимодействующих конфигураций.

- 1) $n_0 l_a n_0 l_a SL - n_0 l_b n_0 l_b SL$,
- 2) $n_0 l_a n_0 l_a SL - n_0 l_c n_0 l_d SL$,
- 3) $n_0 l_a n_0 l_b SL - n_0 l_c n_0 l_c SL$,
- 4) $n_0 l_a n_0 l_b SL - n_0 l_c n_0 l_d SL$.

Мы выписали вклады только для четвертого самого сложного случая. Остальные легко получаются из него. Вклад от диаграмм с 6 внешними линиями мы не привели из-за громоздкости. Одна из таких диаграмм была рассмотрена в [3]. Во всех вкладах проведено суммирование по всем проекциям моментов. Это суммирование проводилось с помощью разрезания угловых диаграмм [1, 2, 3] и сведения их к таким угловым диаграммам, вклады от которых уже не содержат проекции моментов. Во вкладах раскрыты соответствующие генеалогические коэффициенты. Все вклады выражены через радиальные интегралы.



$$\frac{1}{2} (-1)^{l_a + l_b + l_c + l_d + 1} \delta_{S, l/2, l'/2} \times$$

$$\times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_2 l_2 \in g_0 \\ \varepsilon n_1 + \varepsilon n_2 \neq 2\varepsilon n_0}} (-1)^{l_1 + l_2} \frac{1}{\varepsilon n_1 + \varepsilon n_2 - 2\varepsilon n_0 - \Delta E'} \times$$

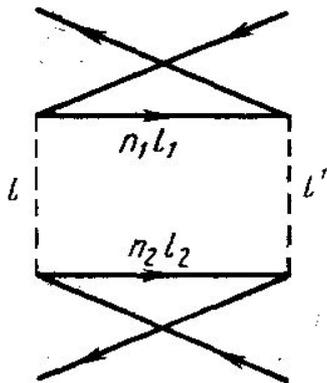
$$\times (2l_1 + 1) (2l_2 + 1) [(2l_a + 1) (2l_b + 1) (2l_c + 1) \times$$

$$\times (2l_d + 1)]^{1/2} \sum_{l'} R_l (n_0 l_a n_0 l_b; n_2 l_2 n_1 l_1) \times$$

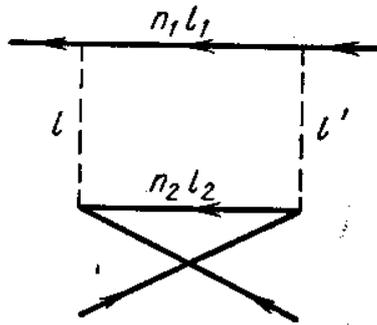
$$\times R_{l'} (n_1 l_1 n_2 l_2 - n_0 l_d n_0 l_c) [l_a l_2] \times$$

$$\times [l_b l_2 l] [l_1 l c l'] [l_2 l_d l'] \times \left\{ \begin{matrix} l_a & l_1 & l \\ l_2 & l/L & \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} l_1 l c l' \\ l_d & l_2 & L \end{matrix} \right\} +$$

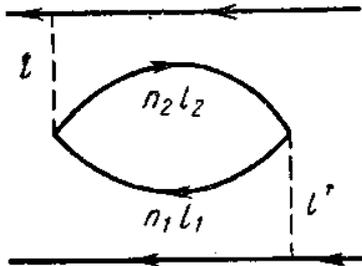
+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+L+1/2} (l_c + l_d - l_a - l_b)^{+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_c \leftrightarrow l_d$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+L+1/2} (l_a + l_b - l_c - l_d)^{+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и $l_c \leftrightarrow l_d$



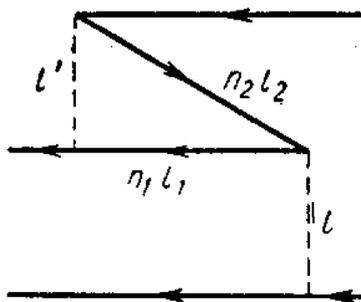
Вклад от предыдущей диаграммы с заменой $g_0 \rightarrow f_0$ и $\Delta E' \rightarrow -\Delta E'$ и с дополнительным знаком минус



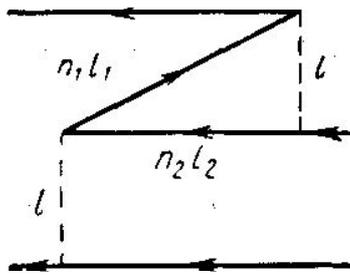
$$\begin{aligned}
 & (-1)^{L+1/2(l_a+l_b+l_c+l_d)} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_2}}} \frac{(2l_1+1)(2l_2+1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_2} - \Delta E'} [(2l_a+1)(2l_b+1) \times \\
 & (2l_c+1)(2l_d+1)]^{1/2} \sum_{l''} R_l(n_0 l_a n_2 l_2; n_0 l_1 n_1 l_1) \times \\
 & \times R_{l'}(n_1 l_1 n_0 l_b; n_2 l_2 n_0 l_c) [l_a l_1 l] [l_d l_2 l] \times \\
 & \times [l_1 l c l'] [l_b l_2 l'] \begin{Bmatrix} l_c & l_d & L \\ l' & l_2 & l_b \\ l_1 & l & l_a \end{Bmatrix} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } (-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_c \leftrightarrow l_d \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } [(-1)^{S+1/2(l_a+l_b-l_c-l_d)} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и } l_c \leftrightarrow l_d
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & -2 (-1)^{L+1/2(l_a+l_b+l_c+l_d)} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_2}}} \frac{[(2l_1+1)(2l_2+1)]}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_2} - \Delta E'} \times \\
 & [(2l_a+1)(2l_b+1)(2l_c+1)(2l_d+1)]^{1/2} \times \\
 & \times \sum_l \frac{1}{2l+1} R_l(n_0 l_a n_2 l_2; n_1 l_1 n_0 l_c) R_l(n_1 l_1 n_0 l_b; \\
 & (n_0 l_d n_2 l_2) [l_a l c l] [l_b l d l] [l_1 l_2 l]^2 \begin{Bmatrix} l_a l c l \\ l_d l b L \end{Bmatrix} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } (-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_c \leftrightarrow l_d \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } (-1)^{S+1/2(l_a+l_b-l_c-l_d)} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и } l_c \leftrightarrow l_d
 \end{aligned}$$



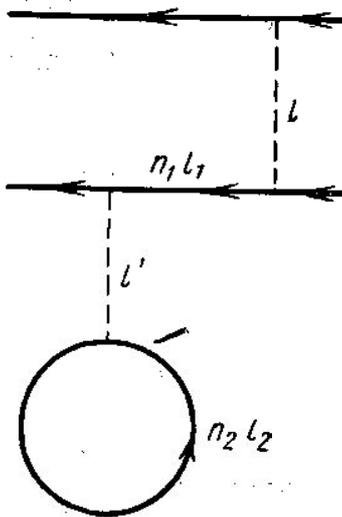
$$\begin{aligned}
 & (-1)^{L+1/2(l_a-l_b+l_c-l_d)} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_2}}} \frac{(2l_1+1)(2l_2+1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_2} - \Delta E'} \times \\
 & \times [(2l_a+1)(2l_b+1)(2l_c+1)(2l_d+1)] \times \\
 & \times \sum_{l''} (-1)^l R_l(n_1 l_1 n_0 l_b; n_0 l_d n_2 l_2) R_{l'}(n_2 l_2 n_0 l_a; \\
 & n_1 l_1 n_0 l_c) [l_1 l_2 l] [l_b l d l] [l_a l_1 l'] [l_c l_2 l'] \times \\
 & \times \begin{Bmatrix} l_2 l c l' \\ l_a l_1 l \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} l c l d L \\ l_b l a l \end{Bmatrix} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } (-1)^{S+1/2(l_a-l_b-l_c)-3/2 l_d} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_c \leftrightarrow l_d \text{ и с новым} \\
 & \text{фазовым множителем } (-1)^{S+1/2(l_c-l_a-l_d)-3/2 l_b} + \\
 & + \text{первое слагаемое с заменой } l_a \leftrightarrow l_b \text{ и } l_c \leftrightarrow l_d
 \end{aligned}$$



Вклад от предыдущей диаграммы с заменой

$$f_0 \leftrightarrow g_0 \text{ и } \Delta E' \rightarrow -\Delta E'$$

и с дополнительным знаком минус



$$(-1)^{L+1/2(l_a-l_b+l_c-l_d+1)} \delta_{S,1/2,1/2} \times$$

$$\times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_0}} \frac{(2l_2 + 1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_0} - \Delta E'} [(2l_a + 1)(2l_b + 1) \times$$

$$\times (2l_c + 1)(2l_d + 1)]^{1/2} R_0(n_0 l_b n_2 l_2; n_2 l_2 n_1 l_1) \times$$

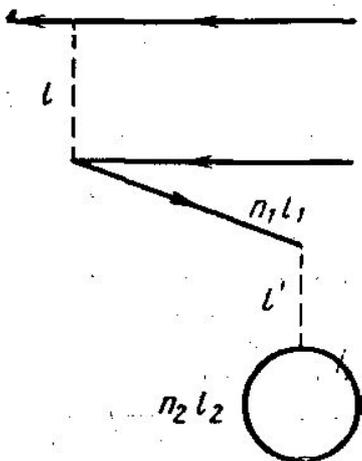
$$\sum_l I(n_0 l_a n_1 l_b; n_0 l_d n_0 l_c) [l_a l_c l] \times$$

$$\times [l_b l_d l] \left\{ \begin{matrix} l_a l_c l \\ l_d l_b L \end{matrix} \right\} +$$

+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)+1}$ +

+ первое слагаемое с заменой $l_c \leftrightarrow l_d$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_c+l_b-l_c-l_d)+1}$ +

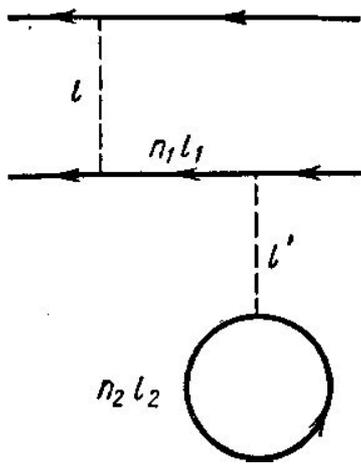
+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и $l_c \leftrightarrow l_d$



Вклад от предыдущей диаграммы с заменой

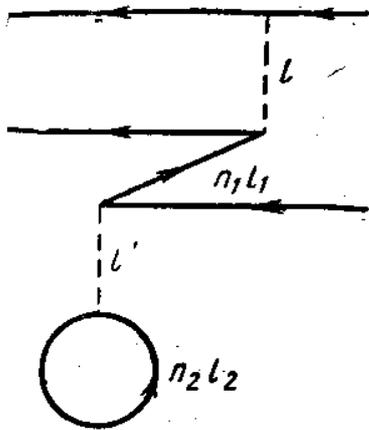
$$g_0 \rightarrow f_0 \text{ и } \Delta E' \rightarrow -\Delta E'$$

и с дополнительным знаком минус



$$\begin{aligned}
 & 2(-1)^{L-1/2(l_a+l_b+l_c+l_d)+1} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_d \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_0}}} \frac{(2l_2+1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_0} - \Delta E'} [(2l_a+1)(2l_b+1) \times \\
 & \times (2l_c+1)(2l_d+1)]^{1/2} R_0(n_1 l_d n_2 l_2; n_2 l_2 n_0 l_d) \times \\
 & \times \sum_l R_l(n_0 l_a n_0 l_b; n_1 l_d n_0 l_c) \times \\
 & \times [l_a l_c l] [l_b l_d l] \left\{ \begin{matrix} l_a l_c l \\ l_a l_b L \end{matrix} \right\} +
 \end{aligned}$$

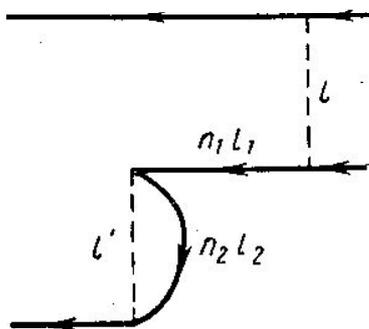
+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)}$ +
 + п-в-с-г с заменой $l_c \leftrightarrow l_d$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_a+l_b-l_c-l_d)}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и $l_c \leftrightarrow l_d$



Вклад от предыдущей диаграммы с заменой

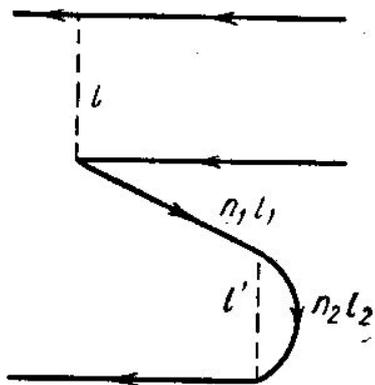
$$g_0 \rightarrow f_0 \text{ и } \Delta E' \rightarrow -\Delta E'$$

и с дополнительным знаком минус

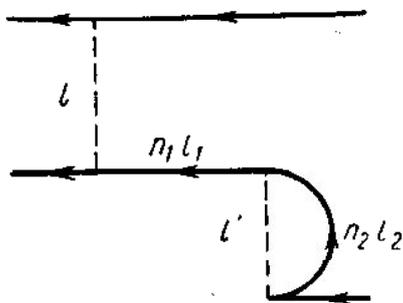


$$\begin{aligned}
 & (-1)^{L-1/2(l_a+l_b+l_c+l_d)+1} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_b \in g_0 \\ n_2 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_2}}} \frac{(2l_2+1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_0} - \Delta E'} \times \\
 & \times \sqrt{(2l_a+1)(2l_b+1)(2l_c+1)(2l_d+1)} \times \\
 & \times \sum_{l'} R_l(n_0 l_a n_1 l_b; n_0 l_d n_0 l_d) R_{l'}(n_2 l_2 n_0 l_b; n_2 l_2 n_1 l_b) \times \\
 & \times [l_b l_2 l']^2 [l_a l_c l] [l_b l_d l] \left\{ \begin{matrix} l_a l_c l \\ l_a l_b L \end{matrix} \right\} +
 \end{aligned}$$

+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_c \leftrightarrow l_d$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_a+l_b-l_c-l_d)+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и $l_c \leftrightarrow l_d$

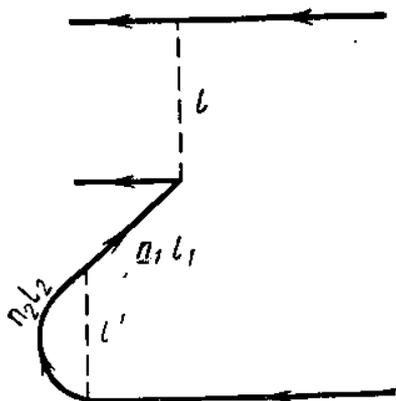


Вклад от предыдущей диаграммы с заменой
 $g_0 \rightarrow f_0$ и $\Delta E' \rightarrow -\Delta E'$
 и с дополнительным знаком минус



$$\begin{aligned}
 & (-1)^{L+1/2(l_a+l_b+l_c+l_d)+1} \delta_{S,1/2,1/2} \times \\
 & \times \sum_{\substack{n_1 l_1 \in g_0 \\ n_1 l_2 \in f_0 \\ \varepsilon_{n_1} \neq \varepsilon_{n_2}}} \frac{(2l_2 + 1)}{\varepsilon_{n_1} - \varepsilon_{n_2} - \Delta E'} [(2l_a - 1) \times \\
 & \times (2l_b + 1) (2l_c + 1) (2l_d + 1)]^{1/2} \times \\
 & \times \sum_{W'} R_l(n_0 l_a n_0 l_b; n_1 l_a n_0 l_c) \times \\
 & \times R_{l'}(n_1 l_d n_2 l_2; n_0 l_d n_0 l_d) [l_b l_1 l']^2 \times \\
 & \times [l_a l_c l] [l_b l_d l] \left\{ \begin{matrix} l_a l_c l \\ l_b l_d l \end{matrix} \right\} +
 \end{aligned}$$

+ первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_c+l_d-l_a-l_b)+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_c \leftrightarrow l_d$ и с новым фазовым множителем $(-1)^{S+1/2(l_a+l_b-l_c-l_d)+1}$ +
 + первое слагаемое с заменой $l_a \leftrightarrow l_b$ и $l_c \leftrightarrow l_d$



Вклад от предыдущей диаграммы с заменой
 $g_0 \rightarrow f_0$ и $\Delta E' \rightarrow -\Delta E'$
 и с дополнительным знаком минус

ЛИТЕРАТУРА

1. Tolmachev V. V. Advances in Chemical Physics ed. I. P. Prigogine, vol. 14, 1968.
2. Юцис А. П., Левинсон И. Б., Ванagas В. В. Математический аппарат теории момента количества движения. Вильнюс, 1960.
3. Давидович Б. М., Левич В. Г., Толмачев В. В. ДАН СССР, 186, № 1, 126, 1969.

Поступила в редакцию
 14.4 1970 г.

Кафедра
 химической механики мехмата