

Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

P4-85-156

Е.Е.Радеску

О P-НЕЧЕТНЫХ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫХ СИЛАХ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

1985

В^{1/} была введена новая /анепольная или тороидная/ поляризуемость и обсуждена ее роль в комптоновском рассеянии, а в^{2/} были рассмотрены дополнительные ван-дер-ваальсовы силы, возникающие за ее счет. При этом речь шла о явлениях без сопутствующего нарушения Р- и Т-инвариантности. В настоящей заметке вводятся новые тороидные поляризуемости недиагонального типа и рассматривается их роль в процессах с нарушением Р-или Т-инвариантности. Наряду с недиагональной поляризуемостью

$$b_{ij}(\omega) = i \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i\omega t} \theta(t) \langle [Q_i(t), M_j(0)] \rangle \quad /1/$$

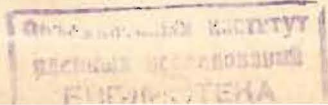
/где \vec{Q}, \vec{M} - суть операторы электрического и магнитного диполя/, введенной в^{3/}, должны рассматриваться аналогичным образом следующие тороидные недиагональные поляризуемости:

$$f_{ij}(\omega) = i \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i\omega t} \theta(t) \langle [M_i(t), T_j(0)] \rangle = \\ = \sum_n \left[\frac{\langle 0 | M_i | n \rangle \langle n | T_j | 0 \rangle}{\omega_{n0} - \omega - i\epsilon} + \frac{\langle 0 | T_j | n \rangle \langle n | M_i | 0 \rangle}{\omega_{n0} + \omega + i\epsilon} \right], \quad /2/$$

$$g_{ij}(\omega) = i \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i\omega t} \theta(t) \langle [Q_i(t), T_j(0)] \rangle = \\ = \sum_n \left[\frac{\langle 0 | Q_i | n \rangle \langle n | T_j | 0 \rangle}{\omega_{n0} - \omega - i\epsilon} + \frac{\langle 0 | T_j | n \rangle \langle n | Q_i | 0 \rangle}{\omega_{n0} + \omega + i\epsilon} \right], \quad /3/$$

где $\omega_{n0} = E_n - E_0$, E_0 и E_n - энергии основного и возбужденных состояний системы, а T - оператор тороидного дипольного момента^{4/}. Появление $f_{ij}(\omega)$ /как и $b_{ij}(\omega)$ / запрещается Р-инвариантностью /т.е. $f_{ij}(\omega) \equiv 0$ /. Из определений рассматриваемых величин следует $f_{ij}^*(\omega) = f_{ij}(-\omega)$, $g_{ij}^*(\omega) = g_{ij}(-\omega)$, а требование Т-инвариантности налагает условия $f_{ij}(\omega) = \tilde{f}_{ij}(-\omega)$, $g_{ij}(\omega) = -\tilde{g}_{ij}(-\omega)$, где знак \sim означает, что соответствующая величина взята в состоянии системы с обращенной проекцией /углового/ момента.

1. Если не требовать Т-инвариантности теории, то в низкоэнергетической спиново-независимой амплитуде упругого рассеяния света на системе возникает Т-нарушающий вклад $T_{mn} = i\omega' \omega (\omega' - \omega) g(0) \delta_{m\sigma} g$ где $g(\omega)$ определяет скалярную компоненту $g(\omega) \delta_{ij}$ тензора $g_{ij}(\omega)$ /см.^{1/} для остальных обозначений/; вещественная



величина $g(0)$ равняется нулю в Т-инвариантной теории.

2. Наряду с Р-нарушающими ван-дер-ваальсовыми силами, найденными в /3/, за счет f -поляризуемости, введенной в /2/, возникают дополнительные Р-нарушающие дальние действия со следующими потенциалами:

а/ Большие расстояния:

$$V_t^{(r \rightarrow \infty)}(\vec{r}) = \frac{35}{8\pi\gamma^8} \epsilon_{lms} n_s (\delta_{ik} - \frac{9}{5} n_i n_k) K_{im}^{(1)} K_{kl}^{(2)}$$

$$\cdot [a_t^{(1)}(0) f_t^{(2)}(0) + a_t^{(2)}(0) f_t^{(1)}(0)], \quad /4/$$

$$V_v^{(r \rightarrow \infty)}(\vec{r}) = -\frac{81}{4\pi\gamma^{10}} \vec{n} (\vec{S}_1 \times \vec{S}_2) [a_v^{(1)}(0) f_v^{(2)}(0) + a_v^{(2)}(0) f_v^{(1)}(0)].$$

б/ Промежуточные расстояния:

$$V_t^{(r \ll \lambda_0)}(\vec{r}) = \epsilon_{msl} n_s K_{im}^{(1)} K_{kl}^{(2)} (\delta_{ik} - 3n_i n_k)$$

$$\cdot \frac{1}{\pi\gamma^5} \int_0^\infty d\omega \omega^2 [f_t^{(1)}(i\omega) a_t^{(2)}(i\omega) + f_t^{(2)}(i\omega) a_t^{(1)}(i\omega)], \quad /5/$$

$$V_v^{(r \ll \lambda_0)}(\vec{r}) = \frac{2\vec{n} (\vec{S}_1 \times \vec{S}_2)}{\pi\gamma^5} \int_0^\infty d\omega \omega^2 [f_v^{(1)}(i\omega) a_v^{(2)}(i\omega) + f_v^{(2)}(i\omega) a_v^{(1)}(i\omega)].$$

Выше использованы определения

$$\begin{cases} a_{ij}(\omega) \\ f_{ij}(\omega) \end{cases} = \delta_{ij} \begin{cases} a_s(\omega) \\ f_s(\omega) \end{cases} + i\epsilon_{ijk} S_k \begin{cases} a_v(\omega) \\ f_v(\omega) \end{cases} + K_{ij} \begin{cases} a_t(\omega) \\ f_t(\omega) \end{cases},$$

$$K_{ij} = S_i S_j + S_j S_i - 2\delta_{ij} S(S+1)/3, \quad \vec{n} = \vec{r}/r.$$

Верхние индексы (1), (2) относятся к двум взаимодействующим телам, $a_{ij}(\omega)$ - обычная электрическая поляризуемость, S - угловой момент системы; $f_v^{(1)}(0) = [df_v(\omega)/d\omega]_{\omega=0}$, $a_v^{(1)}(0) = [da_v(\omega)/d\omega]_{\omega=0}$ /см. /2/ для определения других обозначений/. Из требования Т-инвариантности следует: $f_{s,t}(\omega) = f_{s,t}(-\omega)$, $f_v(\omega) = -f_v(-\omega)$, $a_{s,t}(\omega) = a_{s,t}(-\omega)$, $a_v(\omega) = -a_v(-\omega)$; $f_{s,v,t}(\omega)$, $a_{s,v,t}(\omega)$ - вещественные величины.

Формулы /4/, /5/ получены в четвертом порядке теории возмущений, учитывая добавку $-\vec{T}_1 \vec{E}(\vec{r}_1) - \vec{T}_2 \vec{E}(\vec{r}_2)$ к обычному, зависящему от времени оператору электромагнитного взаимодействия $V(t) = -\vec{Q}_1 \vec{E}(\vec{r}_1) - \vec{Q}_2 \vec{E}(\vec{r}_2) - \vec{M}_1 \vec{H}(\vec{r}_1) - \vec{M}_2 \vec{H}(\vec{r}_2)$ (\vec{E} , \vec{H} - операторы электрического и магнитного полей; $\vec{Q}_{1,2}$, $\vec{M}_{1,2}$, $\vec{T}_{1,2}$ - операторы ди-

польных /электрического, магнитного и тороидного/ моментов двух тел с координатами \vec{r}_1, \vec{r}_2 ; точка над \vec{E} обозначает производную по времени/.

Что касается величины обсуждаемого Р-нечетного дальнего действия, то мы не можем добавить ничего существенного к соответствующей дискуссии в разд.5 работы /3/. Мы считаем, однако, что качественное объяснение для Р-нарушающих ван-дер-ваальсовых сил в разд. 1 работы /3/ следует отнести именно к тем силам, которые найдены в настоящей работе, а не к силам, полученным в /3/ за счет киральной b -поляризуемости.

Нам кажется, что при оценке практической значимости Р-нечетных ван-дер-ваальсовых сил не следует без предварительного анализа пренебрегать вкладом сил, полученных в данной работе, поскольку, как выяснилось в /1/ на основе конкретного примера, эффекты, связанные с наведенными тороидными моментами, подавлены по сравнению с обычными /электрическими и магнитными/ только по порядку мультипольности, а не по каким-либо другим динамическим причинам.

Автор благодарен С.Б.Герасимову и В.М.Дубовику за обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радеску Е.Е. ОИЯИ, Р4-85-154, Дубна, 1985.
2. Радеску Е.Е. ОИЯИ, Р4-85-155, Дубна, 1985.
3. Жижимов О.Л., Хрипович И.Б. ЖЭТФ, 1982, 82, с. 1026.
4. Дубовик В.М., Чешков А.А. ЭЧАЯ, 1974, 5, с. 791; Дубовик В.М., Тосунян Л.А. ЭЧАЯ, 1984, 14, с. 1193.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 февраля 1985 года.

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Радеску Е.Е.

P4-85-156

О P-нечетных ван-дер-ваальсовых силах

Найдены новые P-нечетные ван-дер-ваальсовые силы, возникающие за счет тороидных поляризуемостей недиагонального типа.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод Т.Ю.Думбрайс

Radescu E.E.

P4-85-156

On P-Violating van der Waals Forces

On account of nondiagonal toroid polarizabilities new P-violating van der Waals forces are found.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985