



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

P4-85-155

Е.Е.Радеску

ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫ СИЛЫ
ЗА СЧЕТ γ -ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

1985

В предыдущей заметке^{/1/} была введена поляризуемость γ нового тела и обсуждена ее роль в комптоновском рассеянии. Здесь рассматриваются новые ван-дер-ваальсовы силы, возникающие за счет γ -поляризуемости. Оставляя в стороне технику вычислений /см. обзоры^{/2/} /, мы лишь перечислим и прокомментируем полученные результаты.

1. Между двумя телами, обладающими статическими /дипольными/ γ -поляризуемостями γ_1, γ_2 , на очень больших расстояниях $r / r \gg \lambda_0$, где λ_0 - длина волны, характерная для спектра поглощения тел/, действует потенциал

$$V^{(r \rightarrow \infty)}(r) = -\hbar c \frac{639}{4\pi} \cdot \frac{\gamma_1 \gamma_2}{r^{11}} \quad /1/$$

Это дальноедействие возникает за счет флуктуирующих тороидных моментов в телах и является анапольным /тороидным/ аналогом потенциала Казимира-Полдера^{/3/} $V(r) = -\hbar c (23/4\pi) \alpha_1 \alpha_2 r^{-7}$ / α_1, α_2 - обычные статические электрические поляризуемости/, возникающего за счет флуктуирующих обычных электрических дипольных моментов. Потенциал /1/ легко получить, используя, например, дисперсионный метод^{/4/} вместе с низкоэнергетической теоремой для комптоновского рассеяния, приведенной в^{/1/}.

2. Для разных применений существенно иметь выражения для потенциала в более общем случае, когда γ_1, γ_2 - суть тензорные, а не скалярные величины, как в /1/. Тогда общий результат выглядит так:

$$V(r) = -\frac{\hbar}{2\pi} \int_0^\infty d\omega \gamma_{ij}^{(1)}(i\omega) \gamma_{kl}^{(2)}(i\omega) \times \quad /2/$$

$$\times [(\partial_j \partial_k - \delta_{jk} \Delta) \frac{e^{-\pi\omega/c}}{r}] \cdot [(\partial_i \partial_l - \delta_{il} \Delta) \frac{e^{-r\omega/c}}{r}] \left(\frac{\omega}{c}\right)^4,$$

откуда на больших расстояниях ($r \gg \lambda_0$) получается желаемое обобщение формулы /1/

$$V^{(r \rightarrow \infty)}(r) = -\frac{\hbar c}{16\pi r^{11}} \gamma_{ij}^{(1)}(0) \gamma_{kl}^{(2)}(0) \cdot [1116 \delta_{jk} \delta_{li} - 1683 (\delta_{jk} \delta_{l3} \delta_{i3} + \quad /3/$$

$$+ \delta_{li} \delta_{j3} \delta_{k3}) + 2574 \delta_{i3} \delta_{j3} \delta_{k3} \delta_{l3}]$$

/третья ось выбрана по направлению \vec{r} /. На промежуточных расстояниях $a \ll r \ll \lambda_0/a$ - длина порядка собственных размеров тел/ возникает следующая добавка к обычным силам Лондона-Казимира-Полдера /ЛКП/:

$$V^{(r \ll \lambda_0)}(r) = -\frac{\hbar}{2\pi r^6} \int_0^\infty d\omega (\omega/c)^4 \gamma_{ij}^{(1)}(i\omega) \gamma_{kl}^{(2)}(i\omega) \times$$

$$\times [(\delta_{jk} - 3\delta_{j3}\delta_{k3}) (\delta_{li} - 3\delta_{l3}\delta_{i3})]. \quad /4/$$

Формальное сходство уравнения /4/ с обычным потенциалом ЛКП не должно затенять того принципиального факта, что γ - поляризуемость, входящая в /4/, отражает свойства материальной системы, которые в корне отличаются от описываемых обычной электрической поляризуемостью α . Подчеркнем, что потенциал /4/ не связан с учетом высших производных по частоте ω от ранее рассматривавшихся электрических поляризуемостей.

Как и все остальные ван-дер-ваальсовы силы, найденные нами потенциалы являются универсальными и не зависят от того, являются ли взаимодействующие тела макро- или микроскопическими. В частности, последствия этих новых сил в биомолекулярной физике могут оказаться далеко не тривиальными.

3. В заключение заметим, что вследствие формулы /3/ между двумя идеально проводящими тороидными соленоидами без /макроскопического/ тока в обмотке, находящимися на большом расстоянии друг от друга, должна действовать сила типа r^{-12} просто за счет вакуумных флуктуаций. Если в собственных системах отсчета определить тензоры γ_{ij} двух соленоидов в виде $\gamma^{(1),(2)} = \text{diag}(0, 0, \gamma^{(1),(2)})$ /соответствующие z - оси выбраны по направлениям осей тороидов/, то выражение /3/ можно написать в более наглядном виде

$$V(r; \theta_1, \theta_2, \phi) = -\frac{\hbar c}{8\pi r^{11}} \gamma_{\parallel}^{(1)} \gamma_{\parallel}^{(2)} \cdot (162 \cos^2 \theta_1 \cos^2 \theta_2 -$$

$$- 567 \sin \theta_1 \cos \theta_1 \sin \theta_2 \cos \theta_2 \cos \phi + 558 \sin^2 \theta_1 \sin^2 \theta_2 \cos^2 \phi), \quad /5/$$

где θ_1, θ_2 - углы между осями двух тороидов и прямой \vec{r} , соединяющей их центры, а ϕ - угол между плоскостями, которые определяются вектором \vec{r} и каждой из двух осей тороидов. Остается задача оценить величины $\gamma_{\parallel}^{(1),(2)}$. Из простых соображений следует $\gamma_{\parallel} \approx -V_T R_T^2 / 16\pi$, $R_T \gg r_T / R_T, r_T$ - большой и маленький радиусы тора, $V_T = \frac{4}{3}\pi R_T r_T^2$ - его объем/. Предварительный анализ указывает на то, что эффект, по-видимому, должен существовать и для реальных тороидных соленоидов с ненулевым удельным сопротивлением ρ в проводнике. В этом случае $\gamma_{\parallel}(i\omega) \approx (\omega/c) \delta$, $\delta = NV_T R_T r_T^2 / 16 \pi c \rho$

/N - число витков в обмотке, а s - сечение проводника/, и из /2/ получается дальнедействующий потенциал $V^{(r \rightarrow \infty)}(r) \sim \delta^{(1)} \delta^{(2)} r^{-13}$, на этот раз зависящий от числа $N^{(1),(2)}$ витков в обмотках. Автор благодарен С.Б.Герасимову за обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радеску Е.Е. ОИЯИ, Р4-85-154, Дубна, 1985.
2. Бараш Ю.С., Гинзбург В.Л. УФН, 1975, 116, с. 5; УФН, 1984, 143, с. 345.
3. Casimir H.B.G., Polder D. Phys.Rev., 1948, 73, p. 360.
4. Feinberg G., Sucher J. Phys.Rev., 1970, A2, p. 2395.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

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

Радеску Е.Е. P4-85-155
Ван-дер ваальсовы силы за счет γ -поляризуемости

Вычисляются и обсуждаются новые ван-дер-ваальсовы силы, возникающие за счет тороидной γ -поляризуемости.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод Т.Ю. Думбрайс

Radescu E.E. P4-85-155
Van der Waals Forces on Account of the γ -Polarizability

The van der Waals forces appearing on account of the (toroid) γ -polarizability are calculated and investigated.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985