

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.184.28

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ПОПРАВКА
К ЛИНЕЙНОМУ ЭФФЕКТУ ЗЕЕМАНА
В КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ

О. Я. Савченко

1. Линейная часть смещения уровня электрона слабым магнитным полем определяется формулой [1]

$$E' = \mathcal{H} \kappa_0 m \frac{j + \frac{1}{2}}{l + \frac{1}{2}} \left[1 - \frac{2\kappa}{\kappa - \frac{1}{2}} \langle f | f \rangle \right], \quad \langle f | f \rangle = \int_0^{\infty} dr f^2 r^2; \quad (1)$$

m, j, l, κ — квантовые числа уровня, f — нормированная радиальная функция «малой компоненты» [1, 2]. Для основного $1s_{1/2}$ -состояния интеграл в (1) легко можно вычислить; в результате поправочный множитель в квадратных скобках принимает аналитический вид [2]

$$1 + \frac{2}{3} (\sqrt{1 - (\alpha Z)^2} - 1).$$

Для некоторых других состояний поправочный множитель аналитически вычислялся с точностью до $(\alpha Z)^2$. Например, для $ns_{1/2}$ -состояний этот множитель равен $1 - [(\alpha Z)^2 / 3n^2]$ [3]. В заметке приводится точное аналитическое значение этого множителя для любого состояния.

2. Рассматривая малое изменение массы частицы в уравнении Дирака как возмущение, легко получить следующее равенство:

$$-\langle u^* | \gamma_4 | u \rangle = \frac{\partial E}{\partial E_0}. \quad (2)$$

u, E — собственная функция и собственное значение уравнения Дирака, E_0 — энергия покоя частицы. В случае кулоновского потенциала

$$\begin{aligned} -\langle u^* | \gamma_4 | u \rangle &= \langle q | q \rangle - \langle f | f \rangle = \frac{\partial E}{\partial E_0} = \frac{E}{E_0}, \\ \langle f | f \rangle &= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{E}{E_0} \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Поэтому поправочный множитель равен

$$1 - \frac{\kappa}{\kappa - \frac{1}{2}} \left(1 - \frac{E}{E_0} \right) = 1 - \frac{\kappa}{\kappa - \frac{1}{2}} \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{\alpha Z}{n - |\kappa| + \sqrt{\kappa^2 - \alpha^2 Z^2}} \right)^2 \right]^{-1/2} \right\}. \quad (4)$$

3. Для атомов с N электронами

$$-\left\langle u^* \left| \sum_{i=1}^N \gamma_4^{(i)} \right| u \right\rangle = \frac{E}{E_0},$$

если взаимодействие между частицами описывается формулой Брейта [2]. В приближении самосогласованного поля

$$-\langle u^* \left| \sum_{i=1}^N \gamma_i^{(i)} \right| u \rangle = \sum_{i=1}^N [\langle q_i | q_i \rangle - \langle f_i | f_i \rangle], \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N \langle f_i | f_i \rangle = \frac{1}{2} \left(N - \frac{E}{E_0} \right),$$

$$(k_i - 1) \left(2 - \frac{1}{x_i} \right) = N - \frac{E}{E_0},$$

k_i — поправочный множитель для i -го электрона. Из (5) следует, что в слабом магнитном поле H релятивистское расщепление возбужденных уровней гелиоподобных атомов, спиновые и орбитальные моменты которых скомпенсированы, не больше

$$\left| 4H\mu_0 m \frac{\Delta E}{E_0} \frac{(2j+1)x}{(2l+1)(2x-1)} \right|,$$

$j, l, x, \pm m$ — квантовые числа электронов, ΔE — энергия связи электронов с атомом.

Литература

- [1] H. Margenau. Phys. Rev., 57, 383, 1940.
 [2] Г. Бете, Э. Солпигер. Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами. Физматгиз, 1962.
 [3] W. E. Lamb. Phys. Rev., 85, 259, 1952.

Поступило в Редакцию 9 января 1979 г.

УДК 535.55 : 532.77

О КИНЕТИКЕ ДВОЙНОГО ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ В РАСТВОРАХ НЕПОЛЯРНЫХ МОЛЕКУЛ

И. Б. Айзенберг и Л. Д. Эскин

1. Рассматривается индуцированное постоянным электрическим полем E двулучепреломление (эффект Керра) в сильно разбавленных растворах неполярных симметричных жестких макромолекул или суспензии симметричных жестких частиц. Двулучепреломление задается формулой Петерлина—Стюарта [1]

$$\Delta n(t) = \frac{4\pi^2 c g}{n \rho} \int_0^\pi P_2(\cos \theta) f(\theta, t) \sin \theta d\theta, \quad (1)$$

$g = g_1 - g_2$ — фактор оптической анизотропии (на ед. объема), c — концентрация, ρ — плотность растворенного вещества, n — показатель преломления раствора, θ — угол между осью молекулы и направлением поля, $P_2(\cos \theta)$ — полином Лежандра, $f(\theta, t)$ — угловая функция распределения, удовлетворяющая уравнению вращательной диффузии [2],

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \left(\frac{\partial f}{\partial \theta} - \frac{Mf}{kT} \right), \quad (2)$$

$\tau = Dt$, D — коэффициент вращательной диффузии, $M = -\Delta b E^2 \sin \theta \times \cos \theta$ — действующий на макромолекулу момент сил, обусловленный взаимодействием с полем E индуцированного дипольного момента, $\Delta b = b_1^{(0)} - b_2^{(0)}$ — анизотропия эффективной электростатической поляризуемости молекулы в растворе. Возможность использования формулы (1)