

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ УЧЕТ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ ЯДРА
В РАСЧЕТАХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВНУТРЕННЕЙ КОНВЕРСИИ**

KEY WORDS. Coefficients of electronic and muonic internal conversion, size of nuclei, model-independent parameter, static effect.

Как известно, учет роли конечных размеров ядра (так называемый статический эффект) в процессах внутренней конверсии необходим [1]. Для этого при расчетах коэффициентов электронной и мюонной внутренней конверсии (КВК) обычно используют численные методы [2]. Поэтому в данной работе предлагается аналитическое описание статического эффекта через модельно-независимый параметр $\langle r^{2l} \rangle$ с использованием метода теории возмущений. В качестве нулевого приближения берутся кулоновские волновые функции лептона [3]. Уточняются волновые функции лептонов дискретного спектра в КВК с помощью метода, описанного в [4]. Согласно ему радиальная часть волновой функции дискретного спектра в первом порядке теории возмущений выбирается в следующем виде:

$$\begin{cases} g_1 \\ f_1 \end{cases} = N_0 r^{-\gamma-1} e^{-\lambda r} \begin{cases} \sqrt{\frac{m+E_0}{m}} [F_1 + G_1] \\ \sqrt{\frac{m-E_0}{m}} [F_1 - G_1] \end{cases}, \quad (1)$$

где N_0 — нормировочная константа, E_0 — энергия уровня, $\gamma^2 = \kappa^2 - \alpha^2 Z^2$, α — постоянная тонкой структуры, Z — атомный номер.

Лапласовский образ функций F_1 и G_1 , входящих в формулу (1), нетрудно найти из дифференциальных уравнений первого порядка, приводимых ниже:

$$\begin{aligned} -b(b-\beta) \frac{d}{db} \bar{G}_1(b) + \bar{G}_1(b) [-b(2\gamma+1) + \beta(2\gamma+n_r+1)] &= \bar{Q}(b), \\ \bar{F}_1(b) &= \left[b \frac{d}{db} \bar{G}_1(b) + [2\gamma+n_r+1] \bar{G}_1(b) - \bar{W}_2(b) \right] / (\kappa-N), \\ \bar{Q}(b) &= -(b-\beta) \frac{d}{db} \bar{W}_2(b) + \bar{W}_2(b) n_r - \bar{W}_1(b) (\kappa-N). \end{aligned} \quad (2)$$

В формуле (2) потенциал возмущения от конечных размеров ядра определяется выражением

$$V(r) = -\frac{\alpha Z}{r} \left[r \int_0^\infty \rho(x) x dx - \int_0^\infty \rho(x) x^2 dx \right], \quad (3)$$

$$\bar{W}_1(b) = \int_0^\infty e^{-br} [E_1 - V(r)] F_0 dr, \quad \bar{W}_2(b) = \int_0^\infty e^{-br} [E_1 - V(r)] G_0 dr,$$

где $\rho(x)$ — плотность распределения заряда в ядре, E_1 — поправка к энергии уровня от потенциала возмущения (3).

Вспоминая определение основных конверсионных радиальных интегралов, входящих в КВК (см. там же и обозначения в [5]) и используя формулу (2), получим решение поставленной задачи. В частности, рассмотрим $E1$ -переход с K -оболочки электронного или мезонного атома. С точностью до $\langle r^{2\gamma} \rangle$, определяемого как

$$\langle r^{2\gamma} \rangle = \int_0^{\infty} \rho(x) x^{2\gamma+2} dx,$$

функции g_1 и f_1 имеют вид

$$g_1 = N_0 \sqrt{\frac{m+E_0}{m}} e^{-\lambda r} \frac{\alpha Z \langle r^{2\gamma} \rangle \beta^{2\gamma+1}}{2\gamma \Gamma(2\gamma+1)} \left[\frac{r^\gamma}{2\gamma+1} - \frac{r^{\gamma-1}}{\beta} \right], \quad f_1 = -\sqrt{\frac{m-E_0}{m+E_0}} g_1. \quad (4)$$

Используя их, найдем, например, статический эффект для интеграла

$$R_5 = \int_0^{\infty} g_1 f_1 X_{L-1}(\omega r) r^2 dr = -\frac{i}{\omega} \int_0^{\infty} g_1 f_1 e^{i\omega r} dr. \quad (5)$$

Если величину $|y| = |2ip/(\lambda+i(p-\omega))|$ выбрать намного меньше единицы, то указанную поправку от конечных размеров ядра можно представить в простом виде:

$$\Delta = \left| \frac{R_5}{R_5^{\text{кул}}} \right| = \frac{\alpha Z \langle r^{2\gamma} \rangle \beta^{2\gamma+1}}{2\gamma \Gamma(2\gamma+2)} \left| \frac{2\gamma - (2\gamma+1)(\lambda+i(p-\omega))}{\lambda+i(p-\omega)} \right|. \quad (6)$$

Здесь $p^2 = E_f^2 - 1$, ω — энергия перехода, E_i и E_f — энергии начального и конечного состояний соответственно. Используя ядерную модель из [6], получаем, что для мюонной внутренней конверсии на K -оболочке при кинетической энергии мюона $E_{\text{кин}} = 1,5$ МэВ значение Δ составляет $\sim 3\%$.

Белорусский государственный университет
им. В. И. Ленина

Литература

1. Слив Л. А., Листенгагтен М. А. // ЖЭТФ. 1951. Т. 22. С. 29.
2. Карпешин Ф. Ф. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1983. Т. 47. С. 188.
3. Vupaciu D. et al. // Z. Phys. 1981. V. A301. P. 109.
4. Лавренов А. Н. // Тез. докл. IX Всесоюз. конф. по теории атомов и атомных спектров. Ужгород, 1985. С. 70.
5. Карпешин Ф. Ф. и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1976. Т. 11. С. 1604.
6. Grashin A. F., Lepeshkin M. V. // Phys. Lett. 1984. V. 146B. P. 11.