

**Литература**

1. Никольский В. В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн. М: Наука, 1989.
2. Ринкевич А. Б., Перов Д. В., Васьковский В. О., Лепаловский В. Н. *Закономерности проникновения электромагнитных волн через металлические магнитные пленки* // Журнал технической физики. 2009. Т. 79, вып. 9. С. 96–106.
3. Ерофеев В. Т., Громыко Г. Ф., Заяц Г. М. *Численное моделирование задач экранирования импульсных электромагнитных полей экранами из пермаллоя* // Дифференциальные уравнения. 2021. Т. 57. № 12. С. 1682–1697.

**ВЕКТОРНАЯ ЧАСТИЦА С АНОМАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ МОМЕНТОМ В ПРИСУТСТВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ**

**А.В. Ивашкевич, В.М. Редьков**

В работе исследуется частица со спином 1 и аномальным магнитным моментом в присутствии внешних однородных электрического и магнитного полей:  $A_t = -Ez$ ,  $A_\phi = -\frac{Br^2}{2}$  (см. также [1–4]). Используется обобщенное 10-мерное уравнение Даффина – Кеммера в цилиндрических координатах  $(t, r, \phi, z)$  и соответствующей тетраде

$$\left[ \beta^0 \left( \frac{\partial}{\partial t} + iEz \right) + \beta^1 \frac{\partial}{\partial r} + \beta^2 \frac{\partial_\phi + iBr^2/2 + J^{12}}{r} + \beta^3 \frac{\partial}{\partial z} - \Gamma J^{12} P - M \right] \Psi = 0,$$

где используются величины  $\Gamma = \lambda B$ ,  $[\Gamma] = 1/L$ ,  $[B] = 1/L^2$ ,  $[t] = L$ ,  $L$  обозначает размерность длины, параметр  $\lambda$  – безразмерный, матрица  $P$  выделяет векторную компоненту из 10-мерной волновой функции. Строятся решения с цилиндрической симметрией. На решениях диагонализуются операторы энергии и третьей проекции полного углового момента

$$\Psi = e^{-iet} e^{im\phi} \begin{pmatrix} h_0(r, z) \\ h_i(r, z) \\ E_i(r, z) \\ B_i(r, z) \end{pmatrix}.$$

После разделения переменных получена система из 10 дифференциальных уравнений 1-го порядка частных производных для 10 функций  $F_A(r, z) = F_A(r)F_A(z)$ ,  $A = 1 \dots 10$ . С применением обозначений

$$\begin{aligned} W &= Ez - \epsilon, & a_m &= \frac{d}{dr} + \frac{m+Br^2/2}{r}, & b_m &= \frac{d}{dr} - \frac{m+Br^2/2}{r}, \\ a_{m+1} &= \frac{d}{dr} + \frac{m+1+Br^2/2}{r}, & b_{m+1} &= \frac{d}{dr} - \frac{m+1+Br^2/2}{r}, \\ a_{m-1} &= \frac{d}{dr} + \frac{m-1+Br^2/2}{r}, & b_{m-1} &= \frac{d}{dr} - \frac{m-1+Br^2/2}{r} \end{aligned}$$

она записывается так:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2}} b_{m-1} E_1 - \frac{1}{\sqrt{2}} a_{m+1} E_3 - \frac{\partial}{\partial z} E_2 &= M h_0, & \frac{1}{\sqrt{2}} a_m B_2 - \frac{\partial}{\partial z} B_3 - iW E_1 - i\Gamma h_1 &= M h_1, \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} a_{m+1} B_1 - \frac{1}{\sqrt{2}} b_{m-1} B_3 - iW E_2 &= M h_2, & \frac{1}{\sqrt{2}} b_m B_2 + \frac{\partial}{\partial z} B_1 - iW E_3 + i\Gamma h_3 &= M h_3, \\ \frac{1}{\sqrt{2}} a_m h_0 + iW h_1 &= M E_1, & -\frac{\partial}{\partial z} h_0 + iW h_2 &= M E_2, & -\frac{1}{\sqrt{2}} b_m h_0 + iW h_3 &= M E_3, \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} b_m h_2 + \frac{\partial}{\partial z} h_3 &= M B_1, & \frac{1}{\sqrt{2}} b_{m-1} h_1 + \frac{1}{\sqrt{2}} a_{m+1} h_3 &= M B_2, & -\frac{\partial}{\partial z} h_1 - \frac{1}{\sqrt{2}} a_m h_2 &= M B_3. \end{aligned} \tag{1}$$

С использованием метода Федорова – Гронского 10 переменных  $F_A(r)$  выражаются только через 3 разные функции  $f_1(r), f_2(r), f_3(r)$

$$\begin{aligned} h_3(r, z) &= h_3(z)f_1(r), & h_1(r, z) &= h_1(z)f_2(r), & h_0(r, z) &= h_0(z)f_3(r), \\ E_3(r, z) &= E_3(z)f_1(r), & E_1(r, z) &= E_1(z)f_2(r), & h_2(r, z) &= h_2(z)f_3(r), \\ B_1(r, z) &= B_1(z)f_1(r), & B_3(r, z) &= B_3(z)f_2(r), & E_2(r, z) &= E_2(z)f_3(r), \\ & & & & B_2(r, z) &= B_2(z)f_3(r), \end{aligned}$$

которые строятся в вырожденных гипергеометрических функциях.

Возникающая из (1) система 10 дифференциальных уравнений для функций  $F_A(z)$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2}}C_1B_2 + \frac{\partial}{\partial z}B_1 - iWE_3 + i\Gamma h_3 &= Mh_3, & -\frac{1}{\sqrt{2}}C_1h_0 + iWh_3 &= ME_3, \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}C_1h_2 + \frac{\partial}{\partial z}h_3 &= MB_1, & \frac{1}{\sqrt{2}}C_2B_2 - \frac{\partial}{\partial z}B_3 - iWE_1 - i\Gamma h_1 &= Mh_1, \\ \frac{1}{\sqrt{2}}C_2h_0 + iWh_1 &= ME_1, & -\frac{\partial}{\partial z}h_1 - \frac{1}{\sqrt{2}}C_2h_2 &= MB_3, \\ \frac{1}{\sqrt{2}}C_3E_1 - \frac{1}{\sqrt{2}}C_4E_3 - \frac{\partial}{\partial z}E_2 &= Mh_0, & -\frac{1}{\sqrt{2}}C_4B_1 - \frac{1}{\sqrt{2}}C_3B_3 - iWE_2 &= Mh_2, \\ -\frac{\partial}{\partial z}h_0 + iWh_2 &= ME_2, & \frac{1}{\sqrt{2}}C_3h_1 + \frac{1}{\sqrt{2}}C_4h_3 &= MB_2 \end{aligned}$$

решена с помощью метода, обобщающего известный подход, примененный при решении аналогичной задачи в декартовых координатах. В результате получаем систему трех дифференциальных уравнений второго порядка для трех основных переменных, которая разбивается на одно независимое уравнение и систему двух связанных уравнений для двух других функций. Последняя система после диагонализации матрицы смешивания сводится к отдельным уравнениям для двух новых функций. Все три уравнения решаются в терминах вырожденных гипергеометрических функций.

#### Литература

1. Kisel V., Voynova Ya., Ovsyuk E., Balan V., Red'kov V. *Spin 1 Particle with Anomalous Magnetic Moment in the External Uniform Magnetic Field* // NPCS. 2017. Vol. 20. № 1. P. 21–39.
2. Ovsyuk E.M., Voynova Ya.A., Kisel V.V., Balan V., Red'kov V.M. *Spin 1 Particle with Anomalous Magnetic Moment in the External Uniform Electric Field* // Chapter in: Quaternions: Theory and Applications. Editor: Sandra Griffin. Nova Science Publishers, Inc. USA, 2017. P. 47–84.
3. Ovsyuk E., Voynova Ya., Kisel V., Balan V., Red'kov V. *Spin 1 Particle with Anomalous Magnetic Moment in the External Uniform Electric Field* // NPCS. 2018. Vol. 21. № 1. P. 1–20.
4. *Elementary Particles with Internal Structure in External Fields. Vol I. General Theory* V.V. Kisel [et al.]. // New York: Nova Science Publishers Inc. – 2018.; Vol II. Physical Problems.

## ЧАСТИЦА СО СПИНОМ 3/2 В КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ, НЕРЕЛЯТИВИСТСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ

А.В. Ивашкевич, В.М. Редьков

В работах [1, 2] был исследован вопрос о нерелятивистском приближении в декартовых координатах для теории Паули–Фирца для релятивистской частицы со спином 3/2. В данной работе получена система радиальных уравнений, описывающая нерелятивистскую частицу со спином 3/2 в кулоновском поле, при этом исходили из найденной ранее системы радиальных уравнений для релятивистской свободной частицы со спином 3/2 в случае сферической симметрии [3]. При разделении переменных в [3] диагонализировались операторы энергии, квадрата и третьей проекции полного углового момента, и пространственного отражения.