

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ТЕОРИЯ ПОЛЯ

УДК 530.12

DOI: 10.17223/00213411/64/5/129

В.Г. КРЕЧЕТ¹, В.Б. ОШУРКО^{1,2}, А.Э. БАЙДИН¹

ОСОБЕННОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИРАКОВСКОГО СПИНОРНОГО ПОЛЯ И ВОЗМОЖНАЯ СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ФЕРМИОНОВ *

На уровне классической теории поля в рамках ОТО рассматриваются возможные эффекты гравитационного взаимодействия дираковского спинорного поля. Показано, что это взаимодействие проявляется в основном локально, как контактное спин-спиновое взаимодействие гравитационного и спинорного полей, что приводит к вращению частиц со спином $\hbar/2$ и возникновению их собственного локального внутреннего пространства-времени со своими геометрическими свойствами. Обнаружен эффект увеличения массы спинорных частиц и дано объяснение существования магнитного момента у дираковских спинорных частиц как результата локального электро-спин-спинового взаимодействия.

Ключевые слова: гравитационное взаимодействие, спинорное поле, локальное пространство-время, спин-спиновое взаимодействие, «кротовые норы», магнитный момент.

Рассматриваются возможные эффекты гравитационного взаимодействия дираковского спинорного поля в рамках эйнштейновской теории гравитации (ОТО). В силу особенностей этого взаимодействия для спинорного поля, о чём мы расскажем ниже, результаты такого взаимодействия проявляются, в основном, лишь локально, т.е. в том месте, где находится частица дираковского спинорного поля со спином $\hbar/2$, т.е. фермион.

Оставаясь на уровне классической физики, рассматриваем спинорную частицу протяжённым объектом, ограниченным своей комптоновской длиной волны $\lambda_C = \frac{\hbar}{mc}$, имеющим объём $V \sim \lambda_C^3$.

При рассмотрении вопроса о гравитационном взаимодействии спинорного поля введём лагранжиан спинорного поля $L(\psi)$ в римановом пространстве-времени, являющийся ковариантным обобщением лагранжиана дираковского спинорного поля в пространстве Минковского

$$L(\psi) = \frac{\hbar c}{2} \left[\nabla_k \bar{\psi} \gamma^k \psi - \bar{\psi} \gamma^k \nabla_k \psi - 2\mu \bar{\psi} \psi \right] \quad \left(\mu = \frac{mc}{\hbar} \right). \quad (1)$$

Здесь γ^k – матрицы Дирака в римановом пространстве, удовлетворяющие условию фундаментальной связи пространства и спина,

$$\gamma_i \gamma_k + \gamma_k \gamma_i = 2g_{ik} I, \quad (2)$$

где g_{ik} – метрический тензор риманова пространства-времени с сигнатурой (1, 1, 1, -1); I – единичная матрица 4×4; ψ – дираковская спинорная 4-компонентная функция; $\bar{\psi}$ – дираковский сопряжённый спинор; $\nabla_k \psi$ – ковариантная производная спинора ψ в римановом пространстве [1]:

$$\nabla_k \psi = \partial_k \psi - \Gamma_k \psi, \quad \nabla_k \bar{\psi} = \partial_k \bar{\psi} + \bar{\psi} \Gamma_k, \quad (3)$$

где Γ_k – коэффициенты спинорной связности. Эти коэффициенты определяются из уравнения [2]

$$\partial_k \gamma_i - \Gamma_{ki}^m \gamma_m - \Gamma_k \gamma_i + \gamma_i \Gamma_k = 0, \quad (4)$$

которое следует из условий метричности $\nabla_k g_{ik} = 0$, и $\nabla_k \gamma_i = 0$, Γ_{ki}^m – коэффициенты аффинной связности риманова пространства.

Следует отметить, что левая часть уравнения (4) представляет собой определение ковариантной производной $\nabla_k \gamma_i$ матриц γ_i , являющихся спинтензорами второго ранга, т.е. это матричные векторы в римановом пространстве, а элементы этих матриц есть компоненты спинора второго ранга.

* Работа поддержана Министерством высшего образования и науки РФ, грант № FSFS-2020-0025.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>