Структура электрона

Клюшин Я.Г., Пестерев Е.В.*

Аннотация. На основе эксперимента Комптона в [1, §3] была предложена торовая модель электрона. В настоящей работе находится алгебраический вид спина электрона и его связь с электрическим зарядом на основе эксперимента Штерна–Герлаха. Спин оказывается двумерным вектором в пространстве координатных плоскостей [1, §12].

Ключевые слова. Эфир; Электрон; Механические размерности.

Electron's Structure

Klyushin Ya.G., Pesterev Ye.V.

Abstract. In [1] there was proposed a torus model of electron based on Compton experiment. Below algebraic description of electron's spin is investigated. It is based on Stern–Gerlach experiment. Spin turns to be a two-dimensional vector in plane coordinates [1, §12].

Keywords: Ether; Electron; Mechanical units.

В [1, §3] было введено понятие вектора в плоских координатах. Координатные плоскости $Y = (Y_1, Y_2, Y_3)$ можно задавать с помощью двух осевых систем координат X_i и X'_i:

$$Y_1 = X_2 \otimes X'_3,\ Y_2 = X_3 \otimes X'_1,\ Y_3 = X_1 \otimes X'_2, \qquad (1)$$

являющихся прямым топологическим произведением двух вещественных числовых осей [1, §12]. Здесь $X = (X_1, X_2, X_3)$, $X' = (X'_1, X'_2, X'_3)$ – совпадающие евклидовы осевые системы. Таким образом, вектор

$$\mathbf{y} = (y_1,\ y_2,\ y_3) = (x_2x'_3, x_3x'_1, x_1x'_2). \qquad (2)$$

Поскольку мы хотим описать тор, нам будет удобнее перейти к системе из трех полярных координат, в которой вектор

$$\mathbf{z} = (r_1\varphi_1,\ r_2\varphi_2,\ r_3\varphi_3). \qquad (3)$$

где r_i и φ_i, $i = 1,2,3$ – радиусы и углы в трех полярных координатах.

$$r_1 = \sqrt{x_2^2 + x_3'^2},\ \varphi_1 = \mathrm{arctg}(x'_3/x_2),$$
$$r_2 = \sqrt{x_3^2 + x_1'^2},\ \varphi_2 = \mathrm{arctg}(x'_1/x_3),$$
$$r_3 = \sqrt{x_1^2 + x_2'^2},\ \varphi_3 = \mathrm{arctg}(x'_2/x_1).$$

Если радиусы постоянны ($r_i = \mathrm{const}$, $i = 1,2,3$), а углы переменны ($\varphi_i \in [0, 2\pi]$, $i = 1,2,3$), то на координатных плоскостях будет зачерчена окружность. Если постоянны углы ($\varphi_i = \mathrm{const}$, $i = 1,2,3$), а радиусы переменны ($r_i \in [0, \infty)$, $i = 1,2,3$), то на координатных плоскостях будут зачерчены прямые под углами φ_i.

В векторных пространствах Y и Z можно ввести орты ($\mathbf{l}$, $\mathbf{m}$, $\mathbf{n}$), которые направлены по нормали к соответствующим плоскостям и по направлению совпадают с ортами ($\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$) в пространстве X.

Динамика вектора $\mathbf{z}$ будет задаваться его производной по времени:

$$\frac{dz}{dt} = (\dot r_1\varphi_1 + r_1\dot\varphi_1, \dot r_2\varphi_2 + r_2\dot\varphi_2, \dot r_3\varphi_3 + r_3\dot\varphi_3). \qquad (4)$$

Эта производная дает нам возможность более подробно построить модель электрона, предложенную в [1, §3]. Согласно этой модели масса электрона зачерчивает тор и при этом совершает два типа вращения: одномерное (плоское) вращение в фиксированной плоскости (бо'льшая окружность тора) и двумерное вращение, которое совершает малая окружность в двух координатных плоскостях. Вращение большей окружности задает электрический заряд, а вращение малой окружности – спин электрона.

Наряду с производной (4) рассмотрим градиенты следующего вида

* ***Клюшин Ярослав Григорьевич.*** Кандидат физико-математических наук. Доцент. Президент Международного клуба ученых. г. Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: klyushin@live.ru

$$\mathrm{grad}_\varphi\,\mathbf{z}=\left(\frac{\partial r_1}{\partial\varphi_1},\frac{\partial r_2}{\partial\varphi_2},\frac{\partial r_3}{\partial\varphi_3}\right), \tag{5}$$

$$\mathrm{grad}_r\,\mathbf{z}=\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial r_1},\frac{\partial\varphi_2}{\partial r_2},\frac{\partial\varphi_3}{\partial r_3}\right). \tag{6}$$

Эти векторы определяют взаимозависимость координат на соответствующих плоскостях. Величину (5) будем называть темпом поворота. Отметим, что темп поворота, равный r_1/рад, по определению радиана численно равен радиусу поворота r_1, а r_1/оборот численно равен $r_1/2\pi$. Симметрично вектор (6) рад/r_1 числено равен $1/r_1$. Его естественно назвать темпом удлинения.

В [1, §3] найдены численные значения параметров электрона. Приведем эти величины:

1) Темп поворота большей окружности тора

$$l_1=r_1/\text{рад}=3.8616\times10^{-13}\,\text{м/рад}. \tag{7}$$

2) Угловая скорость большей окружности

$$\dot\varphi_1=\omega_1=7.7634\times10^{20}\,\text{рад/с}. \tag{8}$$

3) Темп поворота меньшей окружности

$$l_{23}=r_{23}/\text{рад}=l_1/2=1.9308\times10^{-13}\,\text{м/рад}, \tag{9}$$

он численно равен радиусу r_{23} малой окружности

4) Угловая скорость малой окружности

$$\omega_{23}=2\omega_1=1.5527\times10^{21}\,\text{рад/с}. \tag{10}$$

Проекция произведения $l_{23}\omega_{23}$ на координатные плоскости Z_2 и Z_3 зависит от положения центра малой окружности, который находится на окружности $r_1\omega_1$, так что текущие проекции

$$l_2\omega_2=l_{23}\omega_{23}\sin\omega_1 t,\; l_3\omega_3=l_{23}\omega_{23}\cos\omega_1 t. \tag{11}$$

Величина электрического заряда электрона определяется плоским вращением большей окружности. Она равна [1, §3]

$$\begin{aligned}q&=m_e\omega_1=7.072\times10^{-10}\,\text{кг}\cdot\text{рад/с}=\\&=1.6022\times10^{-19}\,\text{Кл}.\end{aligned} \tag{12}$$

Здесь m_e – масса электрона

$$m_e=9.1094\times10^{-31}\,\text{кг}. \tag{13}$$

Рассмотрим два произведения

$$\begin{aligned}\hbar_2&=m_e l_1 l_2\omega_1=m_e l_1\omega_1 l_{23}\sin\omega_1 t=\\&=\frac{1}{2}(1.0546\times10^{-34}\sin\omega_1 t)\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{рад}},\end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}\hbar_3&=m_e l_1 l_3\omega_1=m_e l_1\omega_1 l_{23}\cos\omega_1 t=\\&=\frac{1}{2}(1.0546\times10^{-34}\cos\omega_1 t)\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{рад}}.\end{aligned} \tag{15}$$

(14) и (15) – проекции двумерного вектора поворота

$$\mathbf{\hbar}=(0,\hbar_2,\hbar_3). \tag{16}$$

$$|\mathbf{\hbar}|=\sqrt{\hbar_2^2+\hbar_3^2}=\frac{1}{2}\cdot1.0546\times10^{-34}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{рад}}. \tag{17}$$

Вектор (16) можно представить как сумму проекций на координатные плоскости (Z_1, Z_2, Z_3):

$$\mathbf{\hbar}=0+\hbar_2\mathbf{m}+\hbar_3\mathbf{n}, \tag{16a}$$

где **m** и **n** – орты, определенные выше. Проекция на Z_1, в которой расположена бо'льшая окружность тора, равна нулю, т. к. меньшая окружность вращается в перпендикулярных этой плоскости плоскостях.

Величина поворота

$$a=1.0546\times10^{34}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} \tag{18}$$

равна первой константе Планка. Векторы (16) и (16*а*) описывают спин электрона.

Константа (18) имеет размерность момента импульса. Из построения $\mathbf{\hbar}$ (17) следует, что константа (18) на самом деле содержит не произведение двух осевых векторов, а произведение двух радиусов из двух координатных плоскостей. Это приводит к появлению радиана в величине (17) и придает ей новый смысл заряда термодинамического поля [1, §13].

Скажем несколько слов о магнитном моменте электрона. В [1, §16] была предложена модель магнитного момента электрона. Дескриптивно она свелась к представлению об электроне как о торовом соленоиде. Это означает, что поверхность тора электрона состоит из вихревых линий. Именно эти вихревые линии создают магнитное поле электрона. Авторам не известны эксперименты, которые бы дали возможность количественно описать эти вихревые линии. Но предположение об их существовании помогает качественно понять результаты некоторых известных экспериментов с электронами.

Вернемся к электрическому заряду и спину. Если электрический заряд задается угловой скоростью ω_1 в (12), то нам надо указать вращение в какую сторону определяет знак заряда. Сделаем это, связав знак электрического заряда с направлением вращения малой окружности тора, т. е. направлением спина. Если $\mathbf{n}_1$ – нормаль к большему кругу, $\mathbf{r}_1$ – радиус большей окружности, $\mathbf{n}_{23}$ – нормаль к угловой скорости ω_{23} (10) и ($\mathbf{n}_1$, $\mathbf{r}_1$, $\mathbf{n}_{23}$) составляет левую тройку, то будем считать, что заряд (12) отрицателен (электрон), а заряд (12) положителен (позитрон), если это правая тройка, т. е. она имеет вид ($-\mathbf{n}_1$, $\mathbf{r}_1$, $\mathbf{n}_{23}$). Из такого понимания, в частности, следует, что направления спина у электрона и позитрона совпадают. Это подтверждается тем фактом, что при аннигиляции электрона и позитрона порождается фотон со спином 1, а не 0, спины складываются алгебраически.

Нормали угловых скоростей вихревых линий, в которые обернут тор электрона, направлены по касательной к меньшей окружности тора: по или против вращения малой окружности. Это разбивает множество всех электронов на два класса. Если вращение вихревых линий сонаправлено с вращением малой окружности, будем говорить, что магнитный заряд электрона положителен, и что он отрицателен в противном случае.

Итак, электрон обладает тремя гироскопическими моментами: за счет вращения большей окружности, за счет вращения меньшей, и за счет вихревых линий. Это означает, что его положение в пространстве устойчиво и требуется некоторый момент сил, чтобы это положение изменить (повернуть гироскоп). Вихревые (магнитные) линии задают каркас электрона. Создаваемый ими момент сил препятствует разрушению электрона. Повороту электрона в пространстве препятствует гироскоп от вращения окружностей, задающих тор. Найдем проекцию магнитного поля на координатную плоскость Z_1. Площадь этой проекции

$$S = 2r_{23} \cdot 2\pi r_1 = 2\pi r_1^2. \qquad (19)$$

Здесь $2r_{23}$ – диаметр малой окружности, равный радиусу большей окружности. Проекция объемных вихревых линий на Z_1

$$B_1 = m_e S\nu = m_e 2\pi l_1^2 \nu \ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{рад}}, \qquad (20)$$

где ν – угловая скорость вихревых линий, заполняющих поверхность тора. Проекция магнитного момента

$$M_e = m_e 2\pi l_1^2 \nu^2 = B_1 \nu \ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2\cdot\text{рад}}. \qquad (21)$$

Экспериментальное значение магнитного момента электрона в механических размерностях [1, 16.16]:

$$M_e = \frac{e}{2m_e}\hbar = \frac{\omega}{2}\hbar = 4.0936\times 10^{-14} \ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2}. \qquad (22)$$

Приравнивая (21) и (22), найдем величину

$$\nu = \pm 6.1978\times 10^{20} \ \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Окончательно, магнитный момент электрона

$$\mathbf{M} = \nu(B_1\mathbf{l} + \hbar_2\mathbf{m} + \hbar_3\mathbf{n}) \ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2}, \qquad (19)$$

где $\mathbf{M}$ – псевдовектор. Идентичность размерностей дает возможность толковать его как энергию $\hbar\nu$.

Рассмотрим эксперимент Штерна–Герлаха. При движении гироскопические моменты удерживают электрон в положении, когда нормаль электрического (большего) круга сонаправлена со скоростью полета. Электроны с нормалью $\mathbf{n}_1$ в аппарате выделяются в одну группу (спин “вверх”), электроны с нормалью $-\mathbf{n}_1$ – в другую группу (спин “вниз”). Обе эти группы содержат как электроны с положительным, так и отрицательным магнитным зарядом. Разделить электроны на положительно и отрицательно магнитно-заряженные удается, повернув магнит устройства на 90°.

Повторим кратко сказанное.

1. Геометрически электрон – это тор, физически – это гироскоп, масса которого совершает вращение в трех перпендикулярных плоскостях.

2. Вращение большей окружности тора задает электрический заряд электрона, вращение меньшей окружности – термодинамический заряд электрона, а вихревые линии, создающие поверхность тора, определяют магнитный заряд электрона.

3. Проекция магнитного поля электрона на его «электрическую плоскость» всегда положительна, проекция магнитного поля электрона на его “термодинамическую плоскость”

могут быть как положительными, так и отрицательными.

Библиографические ссылки

1. Клюшин Я.Г.: **Электричество, гравитация, теплота – другой взгляд. 2-е изд., исправ., доп. и перераб.** *Международный клуб ученых, Санкт-Петербург.* (2015).

References

1. Klyushin Ya.G.: **Electricity, gravity, heat. Another look. 2nd ed.** *International Scientists' Club, Saint-Petersburg.* (2015)