Механические характеристики электрона

Клюшин Я.Г.[*]

(Получена 15 ноября 2020; одобрена 1 декабря 2020; опубликована 7 декабря 2020)

Аннотация. Известные эксперименты с электроном объясняются в рамках классической физики. Предлагается механическая модель структуры электрона. В рамках модели, основываясь на экспериментах Комптона, предлагается электрический заряд электрона рассматривать как вращающуюся массу, форма которой удерживается поверхностными силами. Под спином понимается вектор в трехмерном пространстве плоскостей. Одним из следствий предложенной модели является утверждение о существовании магнитного диполя двух знаков. Предлагается экспериментальная проверка модели.

Ключевые слова. Электрон; Комптоновская длина волны; опыт Штерна–Герлаха; Постоянная Планка; Магнитный диполь; Модель электрона.

Electron's Mechanical Characteristics

Klyushin Ya.G.

Abstract. Well known experiments with electrons are explained in the framework of classic mechanics. A mechanic model of electron's structure is proposed. It is proposed to consider electron as a rotating massive torus bas-ing on Compton experiment. Surface forces create electron's envelope. Spin is understood as a vector in three-dimensional surface coordinates. One of the consequences of the proposed model is assertion that two sign magnetic dipole exists.

Keywords. Electron; Compton wavelength; Stern–Gerlach experiment; Plank constant; Magnetic dipole; Electron model.

1. Введение

В 1915 году Парсон [1] предложил кольцевую модель электрона, в которой заряд вращается по кольцу и создает магнитное поле. Таким образом, электрон не только единица электрического, но и магнитного заряда. Именно эта модель, по мнению Комптнона [2], лучше всего объясняет результаты его опытов. Связь кольцевой структуры электрона с эффектом Ричардсона рассмотрена Вебстером в [3]. Все исследования по кольцевой структуре электрона были собраны Алленом в [4].

В 1926 Юленбек и Годсмит связали [5] представления о спине с собственным вращением электрона. С тех пор, многими авторами были предложены как различные модели спина [6]–[8], так и различные модели кольцевого электрона [9]–[12], [16].

Шрёдингер [13] в 1930 году первым связал идею спина с ZBW движением, существование которого за два года до этого предположил Брейт при решении им уравнения Дирака для релятивистского электрона. Эта идея в дальнейшем была изучена и другими авторами [11]–[15].

Френкель [6], использую только что открытый спин у электрона, рассматривал его как точку, но связывал с ним шестимерный тензор момента, определяющий его магнитные свойства. Крамер в 1935 году [7] находит отношение магнитного и углового моментов спина электрона как дробь e/mc без использования классической модели электрона. Соотношение интерпретируется в представленной работе как угловая скорость вращения массы электрона, задающее электрический заряд.

Хёнлём [8] рассматривал электрон как вращающуюся точечную массу. В результате им получено выражение для его углового момента, разделенного на две части: орбитальный угловой момент и собственный угловой момент (спин) с радиусом $\hbar/2mc$. В предложенной ниже модели эта величина играет роль радиуса малой окружности электрона-

[*] ***Клюшин Ярослав Григорьевич***. К.ф.-м.н., доцент. Международный Клуб Ученых, г. Санкт-Петербург, Россия.
E-mail: klyushin@live.ru

тора. Этими же соображениями руководствовались Вильямсон и ван дер Марк [11] при построении своего торового электрона с таким же радиусом меньшей окружности и с частотой, равной удвоенной комптоновской частоте электрона.

Бергман и Уэсли [9] в качестве модели электрона предлагали однородно заряженное вращающееся кольцо. В частности, ими получены геометрические параметры тора, в том числе, радиус большей окружности равен комптоновской длине волны электрона, что согласуется с предложенной в статье модели.

Модель Готье [10] хотя и напоминает торовую модель электрона Бергмана и Уэсли, за тем исключением, что поверхность тора – это траектория движения элементарной массы, и радиусы с частотой большей и меньшей окружностей поменяны местами.

Дженнисон же [12] описывает электрон как результат захвата электромагнитной волны с частотой Комптона. С точки зрения автора, получившаяся структура обладает всеми свойствами электрона.

В предложенной работе электрические свойства электрона связываются с вращением большей окружности тора, а магнитные – с малой. Прогнозируемые из описанной модели явления, находят своё подтверждение в известных экспериментах.

2. Структура электрона

В [17] 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, $i = 1, 2, 3$:

$$Y_1 = X_2 \otimes X'_3,\ Y_2 = X_3 \otimes X'_1,\ Y_3 = X_1 \otimes X'_2, \tag{1}$$

являющихся прямым топологическим произведением двух вещественных числовых осей [1, приложение 2]. Здесь $X = (X_1, X_2, X_3)$, $X' = (X'_1, X'_2, X'_3)$ – совпадающие евклидовы осевые системы. Таким образом, вектор

$$\mathbf{y} = (y_1, y_2, y_3) = (x_2 x'_3, x_3 x'_1, x_1 x'_2). \tag{2}$$

Для описания тора перейдем к системе из трех полярных координат:

$$Z_1 = (r_1, \varphi_1),\ Z_2 = (r_2, \varphi_2),\ Z_3 = (r_3, \varphi_3). \tag{3}$$

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

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

Окружности ($r_i = \text{const}$, $\varphi_i \in [-\pi/2 + 2\pi k, +\pi/2 + 2\pi k)$, $i = 1,2,3$, $k \in N$) и прямые ($r_i \in (0, \infty)$, $\varphi_i = \text{const}$, $i = 1,2,3$) являются координатными линиями.

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 [17, приложение 2].

Задача: в рамках классической механики сформулировать модель электрона.

Предположения.

1. Электрон – тороидально вращающаяся масса.

2. Электрический заряд – это масса кольца, вращающегося с угловой скоростью:

$$q = m\omega_1 \tag{4}$$

где m – масса электрона, ω_1 – угловая скорость экваториального вращения тора [7]:

$$\omega_1 = \frac{2\pi c}{\lambda_C} = 7.7634 \times 10^{20}\ \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \tag{4a}$$

где λ_C – комптоновская длина волны электрона, c – скорость света.

3. Описание будем проводить в трехмерном пространстве плоских координат, определенных выше.

Бóльшая окружность, задающая тор, расположена в координатной плоскости Z_1. Ее центр совпадает с началом координат. Ее радиус равен комптоновской длине волны электрона [9]

$$r_1 = 3.8616 \times 10^{-13}\ \text{м}. \tag{5}$$

Она вращается с угловой скоростью ω_1.

4. Центрами меньших окружностей, задающих тор, являются точки бóльшей окружности.

5. Поверхность тора задается этими окружностями, радиус которых [11], [8]

$$r_{23} = r_1/2 = 1.9308 \times 10^{-13}\ \text{м}. \tag{6}$$

Малые окружности тоже вращаются с угловой скоростью [11], [18]

$$\omega_{23} = 2\omega_1 = 1.5527 \times 10^{21}\ \text{рад/с}. \tag{7}$$

Индекс 23 появляется потому, что малые окружности расположены между координатными плоскостями Z_2 и Z_3.

3. Механические и электродинамические характеристики электрона-тора

Найдем механические и электродинамические свойства такого электрона.

Проекции его момента импульса на Z_2 и Z_3

$$\hbar_2 = mr_2^2\omega_{23}\sin\omega_1 t = \\ = \frac{1}{2}(1.0546\times 10^{-34}\sin\omega_1 t)\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}}{\text{с}}, \tag{8}$$

$$\hbar_3 = mr_3^2\omega_{23}\cos\omega_1 t = \\ = \frac{1}{2}(1.0546\times 10^{-34}\cos\omega_1 t)\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}}{\text{с}}. \tag{9}$$

Вектор

$$\boldsymbol{\hbar}_{23} = (0, \hbar_2, \hbar_3), \\ |\boldsymbol{\hbar}_{23}| = \sqrt{\hbar_2^2 + \hbar_3^2} = \frac{1}{2}\cdot 1.0546\times 10^{-34}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}}{\text{с}} \tag{10}$$

является вектором в трехмерном плоскостном пространстве $Z = (Z_1, Z_2, Z_3)$. Его проекция на Z_1 равна нулю, поскольку малые окружности перпендикулярны Z_1. Он совпадает с представлением о спине электрона. В плоскости Z_1 тоже должен существовать момент импульса

$$\hbar_1 = mr_1^2\omega_1 = 1.0546\times 10^{-34}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}}{\text{с}} \tag{11}$$

Будем спин (10) называть магнитным спином. Спин (11) будем называть электрическим спином. Вектор

$$\boldsymbol{\hbar} = (\hbar_1, \hbar_2, \hbar_3), \\ |\boldsymbol{\hbar}| = \sqrt{\hbar_1^2 + \hbar_2^2 + \hbar_3^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}\hbar = \\ = 1.1791\times 10^{-34}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{рад}}{\text{с}}. \tag{12}$$

будем называть полным спином.

Покажем, что магнитный спин определяет магнетон Бора.

Спиновый магнитный момент электрона определяется следующим образом:

$$\mu_S = g_e\frac{\mu_B}{\hbar}S, \tag{13}$$

где g_e – спиновый g-фактор, μ_B – магнетон Бора, S – спиновый угловой момент. В настоящее время g_e определяется как отношение орбитального момента электрона ($\hbar$) в полуклассической модели атома водорода к спину электрона (½$\hbar$). При таком определении неправомерно сравниваются внутренние характеристики электрона и его поведение в пространстве. К тому же траекторное движение электрона в атоме водорода современной теорией полностью отвергается, что послужило для автора толчком к построению новой модели атома водорода, в которой движение электрона в атомах связывается с вихрями в эфире, создаваемыми ядром атома (см. [17, §14.2]). Более естественно понимать g_e как отношение электрического спина ($\hbar_1$) и термического спина ($\hbar_{23}$). В эксперименте [19] было показано, что спиновый g-фактор если и отличается от 2, то на исключительно малую величину. Это соответствует предлагаемой теории, но никак не связано с радиусом электрона.

Вектор $\boldsymbol{\hbar}_{23}$ (10) содержит две компоненты. S в (13) – это модуль этих динамических компонент, так что

$$S = \hbar_{23}. \tag{14}$$

Считая $g = 2$, в механических размерностях получим для него

$$\mu_{23} = \mu_B = \frac{e\hbar_{23}}{m} = 4.0936\times 10^{-14}\,\frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2}. \tag{15}$$

Дробь e/m в (15) имеет смысл угловой скорости вращения большей окружности ω_1.

Спин описывает вращение квадратов радиусов малой окружности с угловой скоростью ω_{23}. Центры колец расположены на большей окружности тора. Магнетон Бора описывает заметание поверхностей тора этими кольцами.

Учитывая (15), получим: магнитный момент

$$\boldsymbol{\mu}_{23} = \frac{1}{2}mc^2\sin(\omega_1 t)\mathbf{m} + \frac{1}{2}mc^2\cos(\omega_1 t)\mathbf{n}. \tag{16}$$

Электрический магнитный момент

$$\hbar_1\omega_1 = mc^2 = 2\mu_B. \tag{17}$$

Модуль суммарного магнитного момента тора

$$|\mathbf{p}_m| = \sqrt{\hbar_1^2\omega_1^2 + \hbar_{23}^2\omega_{23}^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}\mu_B. \tag{18}$$

Это энергия полного магнитного момента электрона. Формулы (8)–(18) описывают момент импульса и энергию трехмерного вращения, как вращения твердых колец на трех координатных плоскостях.

4. Момент силы

Силовую магнитную оплетку тора создает поверхностная сила

$$\mathbf{P} = m_e(\mathbf{v}_1 \times \mathbf{v}_{23}), \tag{19}$$

где

$$\begin{aligned} &\mathbf{v}_{23} = r_{23}\omega_{23}\sin(\omega_1 t)\mathbf{m} + r_{23}\omega_{23}\cos(\omega_1 t)\mathbf{n}, \\ &\mathbf{v}_1 = r_1\omega_1\mathbf{l},\ r_1\omega_1 = c,\ r_{23}\omega_{23} = c, \\ &|\mathbf{v}| = \sqrt{v_1^2 + v_{23}^2} = \sqrt{2}c,\ |\mathbf{P}| = mc^2. \end{aligned} \tag{20}$$

P направлен по нормали к поверхности тора внутрь или вовне. Направлению внутрь соответствует случай, когда $\mathbf{v}_1$ и $\mathbf{v}_{23}$ одного знака, в противном случае **P** направлен вовне. Соответственно в первом случае он стабилизирует структуру тора, а во втором разрушает ее.

Произведение ($\mathbf{v}_1 \times \mathbf{v}_{23}$) является поверхностным ускорением (моментом ускорения).

Найдем плотность силы **P**, т. е. величину, приходящуюся на единицу площади поверхности электрона:

$$\mathbf{d} = \frac{\mathbf{P}}{4\pi^2 r_1 r_{23}},\ |\mathbf{d}| = 9.2936 \times 10^9\ \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \tag{21}$$

$|\mathbf{d}|$ – это коэффициент поверхностного натяжения. Разделив **P** на объем электрона, получим объемную плотность:

$$\mathbf{d}_V = \frac{\mathbf{P}}{2\pi^2 r_1 r_{23}^2},\ |\mathbf{d}_V| = 9.6267 \times 10^{22}\ \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}. \tag{22}$$

Это давление, действующее внутри электрона. Это же давление получено Джордано [20].

Рассмотрим случай $\mathbf{v}_1$>0 и $\mathbf{v}_{23}$>0. Сравним **P** у электрона и позитрона. Аннигиляция электрона и позитрона создает фотон со спином 1. Это значит, что спины электрона и позитрона сонаправлены (малая окружность этих частиц вращается в одну сторону). В противном случае спин фотона был бы равен 0. Для нас здесь это означает, что $\mathbf{v}_{23}^e$ и $\mathbf{v}_{23}^p$ сонаправлены. А вот $\mathbf{v}_1^e$ и $\mathbf{v}_1^p$ направлены противоположно в силу противоположности зарядов.

Вывод: *сила* **P** *разрушает позитрон и стабилизирует электрон.*

Рассмотрим случай $\mathbf{v}_1$<0 и $\mathbf{v}_{23}$<0. Всё сказанное про электрон и позитрон сохранится, но вращение малой окружности, создающей магнитное поле, будет направлено в противоположную сторону. Такой электрон и такой позитрон будут содержать отрицательный магнитный диполь, определяемый ниже.

Проведем аналогию с макроскопическими экспериментами: малой токовой петлей и торовым соленоидом. Вращение малой окружности тора создает элементарный магнитный диполь [21, гл.14, §5]

$$p_e = \pm m r_{23}\omega_{23} \tag{23}$$

и элементарный векторный потенциал [21, гл.14, §6]

$$A_e = \pm m r_{23}^2 \omega_{23}. \tag{24}$$

Направление вращения кольца определяет знак диполя и потенциала и соответственно импульса и момента импульса у двух фотонов, порожденных аннигиляцией, в соответствии с законом сохранения импульса и момента импульса. Из двух частиц (электрон и позитрон) с противоположными электрическими зарядами и совпадающими импульсами и спинами аннигиляция порождает два фотона с одинаковыми (нулевыми) электрическими зарядами и противоположно направленными импульсами и спинами.

5. ZBW

Мы описали свойства электрона, исходя из предположения (в (5) и (6)) о постоянстве радиусов малой и большой окружностей. Что означает это предположение?

Дифференциал поверхности в полярных координатах

$$d\delta = r dr d\varphi. \tag{25}$$

Дифференциал скорости приращения поверхности

$$\frac{d\delta}{dt} = r\dot{r} d\varphi + r\dot{\varphi} dr. \tag{26}$$

Поверхность, образованная за счет скорости изменения радиуса и угла

$$\int_{r,\varphi} \dot{\delta} dr d\varphi = \dot{\varphi}\int_0^r r dr + r\dot{r}\int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\varphi = \frac{1}{2} r^2 \dot{\varphi} + \pi r \dot{r}. \tag{27}$$

Предположение о постоянстве радиуса обращает в ноль второе слагаемое (27). Учтем и его, предполагая, что r носит колебательный характер. Для малой окружности получаем

$$r_{23} = A_{23}\sin(\dot{\varphi}_{23}t). \quad (28)$$

В дальнейшем полагаем, что амплитуда колебаний $A_{23} = r_{23}$, а угловая скорость $\omega_{23} = \dot{\varphi}_{23} = \text{const}$.

Производная по времени

$$\dot{r}_{23} = r_{23}\omega_{23}\cos(\omega_{23}t). \quad (29)$$

Тогда вместо (8) и (9) получим

$$\begin{aligned}\hbar_2 &= \frac{1}{2}mr_{23}^2\omega_{23}[\sin^2(\omega_{23}t) + \\ &+\pi\sin(2\omega_{23}t)]\sin(\omega_1 t), \\ \hbar_3 &= \frac{1}{2}mr_{23}^2\omega_{23}[\sin^2(\omega_{23}t) + \\ &+\pi\sin(2\omega_{23}t)]\cos(\omega_1 t).\end{aligned} \quad (30)$$

Это магнитный спин (8), (9) с учетом колебаний величины радиуса малого кольца, которое ведет себя как твердый, но эластичный объект при двумерном вращении.

По аналогии для колебательного вращения большого кольца получаем одномерное вращение с колебанием

$$\hbar_1 = \frac{1}{2}mr_1^2\omega_1[\sin^2(\omega_1 t) + \pi\sin(2\omega_1 t)]. \quad (31)$$

Соответственно магнетон Бора

$$\begin{aligned}\mu_B &= \frac{1}{2}mr_{23}^2\omega_{23}\omega_1[\sin^2(\omega_{23}t) + \pi\sin(2\omega_{23}t)], \\ \mu_1 &= \frac{1}{2}mr_1^2\omega_1^2[\sin^2(\omega_1 t) + \pi\sin(2\omega_1 t)].\end{aligned} \quad (32)$$

Физически мы отождествляем проекции на Z_2 и Z_3 малых окружностей и расположенную в Z_1 проекцию большой окружности с тремя эластичными кольцами, которые задают внутреннюю структуру электрона.

Предположение о колебательном характере вращения колец изменяет традиционный вид магнитного диполя (23) и векторного потенциала:

$$p_e = \pm mr_{23}\omega_{23}\sin(\omega_{23}t), \quad (33)$$

$$A_e = \pm mr_{23}^2\omega_{23}\sin^2(\omega_{23}t). \quad (34)$$

Найдем ускорение поверхности тора, продифференциировав (26) по времени

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = r\dot{r}\dot{\varphi} + r\dot{r}\dot{\varphi} = 2r\dot{r}\dot{\varphi}. \quad (35)$$

Векторное ускорение

$$\begin{aligned}\ddot{\boldsymbol{\delta}} &= r_1^2\omega_1^2[\sin^2(\omega_1 t) + \pi\sin(2\omega_1 t)]\mathbf{l} + \\ &+r_{23}^2\omega_{23}^2[\sin^2(\omega_{23}t) + \pi\sin(2\omega_{23}t)]\times \\ &\times\sin(\omega_1 t)\mathbf{m} + r_{23}^2\omega_{23}^2[\sin^2(\omega_{23}t) + \\ &+\pi\sin(2\omega_{23}t)]\cos(\omega_1 t)\mathbf{n},\end{aligned} \quad (36)$$

Соответственно сила поверхностного натяжения вместо (19) принимает вид

$$\mathbf{P} = m_e\ddot{\boldsymbol{\delta}}. \quad (37)$$

Колебание поверхности тора должно создавать волны Рэлея. По построению эфир-1 [17, §17, п.1] состоит из сжатых пар электрон–позитрон. Волны Рэлея, порожденные этими парами, определяют силу Кулона. Это статические колебания, «вмороженные» в пространство. Они никуда не распространяются, а являются свойством среды, занимающей всё пространство, и в этом смысле могут рассматриваться как свойство пространства.

Движение электрона порождает в эфире-2 обобщенную электродинамическую волну, которая распространяется со скоростью света [17, гл.1]. Обобщенные электродинамические силы порождаются движением электрона и исчезают одновременно с ним [17, §4, п.2].

Мы пришли к представлению об электроне как о трехмерном вращении ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$) и трехмерном колебании (r_1, r_2, r_3) массы электрона, которое описывается как вращение твердых, но эластичных колец в системе из полярных координат (Z_1, Z_2, Z_3).

Рассмотренная модель электрона дает возможность описать характеристики фотона, порожденного аннигиляцией пары электрон–позитрон. Аннигиляция состоит в том, что подавляется противоположно направленные вращения больших колец. Их колебательные скорости переходят в поступательное движение. Т. к. $\omega_1^e = -\omega_1^p$, то электрический заряд фотона

$$q^{ph} = m\omega_1 - m\omega_1 = 0. \quad (38)$$

Здесь и ниже индекс *e*, *p* и *ph* означает электрон, позитрон и фотон соответственно.

Электрический спин фотона

$$\begin{aligned}\hbar_1^{ph} &= \hbar_1^e + \hbar_1^p = \frac{1}{2}mr_1^2\omega_1[\sin^2(\omega_1 t) + \\ &+\pi\sin(2\omega_1 t)] - \frac{1}{2}mr_1^2\omega_1[\sin^2(-\omega_1 t) + \\ &+\pi\sin(-2\omega_1 t)] = \frac{1}{2}mr_1^2\omega_1[\sin^2(\omega_1 t) - \\ &-\sin^2(-\omega_1 t) + \pi\sin(2\omega_1 t) - \pi\sin(-2\omega_1 t)] = \\ &= \pi mr_1^2\omega_1\sin(2\omega_1 t),\end{aligned} \quad (39)$$

поскольку синус функция нечетная. Исчезла чисто вращательная часть и удвоилась часть колебательная. Электрический магнетон фотона

$$\begin{aligned}\mu_1^{ph} &= \pi m r_1^2 \omega_1 [\omega_1 \sin(2\omega_1 t) - \omega_1 \sin(-2\omega_1 t)] = \\ &= \pi m r_1^2 \omega_1^2 [\sin(2\omega_1 t) + \sin(2\omega_1 t)] = \\ &= 2\pi m r_1^2 \omega_1^2 \sin(2\omega_1 t).\end{aligned} \tag{40}$$

Вращательная часть электрического поля (заряд) исчезла. Зато удвоилась колебательная часть. Эта часть создает продольные колебания в фотоне.

Поскольку вращение малых окружностей тора электрона и позитрона сонаправлено, величина магнитного спина фотона просто удваивается

$$\hbar_{23}^{ph} = m r_{23} \omega_{23} [\sin^2(\omega_{23} t) + \pi \sin(2\omega_{23} t)]. \tag{41}$$

Удваивается и вращательная, и колебательная части.

Найдем магнетон Бора у фотона.

$$\mu_{23}^{ph} = \hbar_{23}^{ph} (\omega_1^e + \omega_1^p) = \hbar_{23}^{ph} (\omega_1 - \omega_1) = 0. \tag{42}$$

Угловая скорость вращения больших окружностей у электрона и позитрона находятся в противофазном колебании и подавляют друг друга.

А вот энергия собственного колебания малых окружностей фотона

$$E_{23}^{ph} = \hbar_{23}^{ph} (\omega_{23}^e + \omega_{23}^p) = 2\hbar_{23}^{ph} \omega_{23}. \tag{43}$$

удваивается.

Сказанное означает, что фотон, порожденный аннигиляцией, – это цилиндр радиуса r_{23} и длины r_1. Он совершает продольные осцилляции с частотой ω_1 и вращательные движения и осцилляции с частотой ω_{23}. Подавив вращательные движения, получим поляризованный фотон. Поляризованный фотон – это объект, лишенный электрического заряда и магнитного диполя, но обладающий и электрическим, и магнитным полями за счет колебаний малой окружности и оси цилиндра, в которую выродилась большая окружность тора. Подавление одного из этих колебаний ведет к уничтожению фотона. Но просто поворот плоскости поляризации фотона сохраняет его.

6. Эксперименты

Рассмотрим эксперименты, в которых проявляются свойства электрона.

Электрон обладает двумя гироскопическими моментами: за счет вращения большей окружности и за счет вращения меньшей. Это означает, что его положение в пространстве устойчиво и требуется некоторый внешний момент сил, чтобы это положение изменить (повернуть гироскоп). Сила $\mathbf{P}$ задает каркас электрона. Она препятствует разрушению электрона. Повороту электрона в пространстве препятствует гироскоп от вращения окружностей, задающих тор.

Рассмотрим эксперимент Штерна–Герлаха. Чтобы сдвинуть электрон, находящийся в произвольном положении в пространстве, его надо довернуть до направления полета. В зависимости от исходного положения он будет довернут до положения, когда нормаль его большего кольца будет направлена по или против скорости полета. При движении гироскопические моменты удерживают электрон в этом положении. 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 диполем. Разделить электроны на положительно и отрицательно магнитно-заряженные удается, повернув магнит устройства на 90°.

Рассмотрим опыт с двумя отверстиями, через которые проникают электроны [22, гл. 37, §5]. Парадокс усматривается в том, что до щелей электроны движутся как частицы, а после щелей их движение приобретает волновой характер. Формула (30) описывает корпускулярный тип движения: движение определяется модулем частицы и ее проекциями на координатные плоскости.

Волновой тип движения получится, если оно будет задаваться смесью координат. Математически такую смесь получим, посчитав векторное произведение:

$$\begin{aligned}\mathbf{H}_{23} &= \boldsymbol{\hbar}_2 \times \boldsymbol{\hbar}_3 = \frac{1}{4} m^2 r_{23}^4 \omega_{23}^2 \cdot \\ &\cdot [\sin^2(\omega_{23} t) + \pi \sin(2\omega_{23} t)]^2 \cdot \\ &\cdot \sin(\omega_{23} t) \cos(\omega_1 t) (\mathbf{m} \times \mathbf{n}) = \\ &= \pm \frac{1}{8} m^2 r_{23}^4 \omega_{23}^2 [\sin^2(\omega_{23} t) + \pi \sin(2\omega_{23} t)]^2 \cdot \\ &\cdot \sin(2\omega_1 t) \mathbf{l}\end{aligned} \tag{44}$$

Физической причиной перехода от корпускулярного движения (30) к волновому (44) является трение о перемычку между двумя отверстиями. В более общем случае такое трение создается дифракционной решеткой. Переход от (30) к (44) означает, что вместо двумерного вектора спина $\hbar_{23}$, задающего магнитное поле при корпускулярном движении, магнитное поле электрона начинает описываться квадратичным поверхностным импульсом (44), коллинеарным с электрическим спином. У волнового электрона разрушена силовая оболочка (37), что делает его структуру мягкой и определяет вектор квадратичного магнитного спина, коллинеарный с электрическим спином. Это изменяет проникающую способность волнового электрона. Если содержимое потенциальной ямы состоит из смеси волновых и корпускулярных электронов, волновые электроны с $|\mathbf{H}| = (\hbar_1{}^2 + H_{23})$, сонаправленным с $\mathbf{l}$, будут туннелировать, на что не способны корпускулярные электроны. Остается открытым вопрос о длительности пребывания электрона в волновом состоянии.

Повторим кратко сказанное.

1. Статический электрон – это тор, поверхность которого совершает трехмерные вращательные и колебательные движения в трехмерном плоскостном пространстве.

2. Вращения и колебания статического электрона порождают поверхностные волны типа волн Рэлея. Эти волны задают силы Кулона во внешнем пространстве.

3. Внутренняя структура электрона определяется тремя твердыми эластичными кольцами, вращение и колебание которых порождает поверхностные силы, которые создают упругую оболочку электрона.

4. Одномерное колебание и вращение большого кольца задает электрическое поле электрона, двумерное колебание и вращение малого кольца задает магнитное поле.

5. Трехмерное вращение колец создает гироскопический эффект, стабилизирующий статический и движущийся электрон в определенном положении.

6. В движении нормаль к плоскости большего кольца тора занимает положение по или против скорости в зависимости от того, какое направление она занимала в статике до начала движения. Это различие дает возможность приписать спину электрона направление «вверх» и «вниз». Направление вращения малого кольца создает «магнитные диполи» двух знаков.

7. Электрон в свободном полете движется как частица. Направления его движения определяются его проекциями на координатные плоскости и его модулем. Если электрон касается соразмерного препятствия, его движение начинает определяться векторным произведением компонент магнитного спина, что выглядит как волновое движение.

Библиографические ссылки

1. Parson L.: A Magneton Theory of the Structure of the Atom. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **65**. 2–80 (1915).
2. Compton A.H.: The size and shape of the electron. *J. Wash. Acad. Sci.*, **8(1)**. 1–11 (1918).
3. Webster D.L.: The Theory of Electromagnetic Mass of the Parson Magneton and other Non-Spherical Systems. *Phys. Rev.*, **9**. 484, (1917).
4. Allen H.S.: The Case for a Ring Electron. *Proc. Phys. Soc.*, **31**. 49–68 (1919).
5. Uhlenbeck G.E., Goudsmit S.A.: Spinning Electrons and the Structure of Spectra. *Nature*, **117**. 264–265 (1926).
6. Frenkel J.: Zur Theorie der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit kristallinischer Körper. *Zeit. Phys*, **37**. 572–609 (1926).
7. Kramers L.H.: On the classical theory of the spinning electron. *Physica*, **1(7–12)**. 825–828 (1934).
8. Hönl H., Papapetrou A.: Über die innere Bewegung des Elektrons. *I. Z. Phys.*, **112**. 512–540 (1939).
9. Bergman D., Wesley J.P.: Spinning Charged Ring Model of Electron Yielding Anomalous Magnetic Moment. *Gal. Electrodyn.*, **1**. 63–67 (1990).
10. Gauthier R.: Superluminal Quantum Models of the Electron and the Photon. viXra:0703.0015. (2007).
11. Williamson J.G., van der Mark J.M.B.: Is the electron a photon with toroidal topology? *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **22(2)**. 133–146 (1997).
12. Jennison, R.C. A new classical relativistic model of the electron. *Phys. Let. A.*, **141(8–9)**. 377–382 (1989).
13. Schrödinger E.: Uber die Kraftefreie Bewegung in der relativistishen Quantenmechanik. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Phys. Math. Kl.*, **24**. 418 (1930).
14. Rodrigues Jr. W.A., Vaz J., Recami E., Salesi G.: About Zitterbewegung and electron structure. arXiv:quant-ph/9803037v1. (1998).
15. Sebens C.T.: How Electrons Spin. arXiv:1806.01121v4 [physics.gen-ph]. (2019)
16. Consa O.: Helical Solenoid Model of the Electron. *Progress in phys*, **14(2)**. 80–89 (2018).
17. Клюшин Я.Г.: **Электричество, гравитация, теплота – другой взгляд. 2-е изд., исправ., доп. и перераб.** *Space Time Analyses*. (2020).
18. Dirac P.A.M.: **The Principles of Quantum Mechanics.** *Oxford Univ. Press, Oxford*. (1930).

19. Демельт Х. Эксперименты с покоящейся изолированной субатомной частицей. *Успехи физических наук*, **160(12)**. 129–139 (1990).
20. Giordano R.G.: On the Proton and Electron Charges. *Academia.* (2018). *URL*: https://scicom.ru/mfli
21. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.: **Фейнмановские лекции по физике. Том 3: Излучение. Волны. Кванты. 4-е изд.** *Эдиториал УРСС.* (2013).
22. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.: **Фейнмановские лекции по физике. Том 5: Электричество и магнетизм. 3-е изд.** *Эдиториал УРСС.* (2015).

References

1. Parson L.: A Magneton Theory of the Structure of the Atom. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **65**. 2–80 (1915).
2. Compton A.H.: The size and shape of the electron. *J. Wash. Acad. Sci.*, **8(1)**. 1–11 (1918).
3. Webster D.L.: The Theory of Electromagnetic Mass of the Parson Magneton and other Non-Spherical Systems. *Phys. Rev.*, **9**. 484, (1917).
4. Allen H.S.: The Case for a Ring Electron. *Proc. Phys. Soc.*, **31**. 49–68 (1919).
5. Uhlenbeck G.E., Goudsmit S.A.: Spinning Electrons and the Structure of Spectra. *Nature*, **117**. 264–265 (1926).
6. Frenkel J.: Zur Theorie der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit kristallinischer Körper. *Zeit. Phys*, **37**, 572–609 (1926).
7. Kramers L.H.: On the classical theory of the spinning electron. *Physica*, **1(7–12)**. 825–828 (1934).
8. Hönl H., Papapetrou A.: Über die innere Bewegung des Elektrons. *I. Z. Phys.*, **112**. 512–540 (1939).
9. Bergman D., Wesley J.P.: Spinning Charged Ring Model of Electron Yielding Anomalous Magnetic Moment. *Gal. Electrodyn.*, **1**. 63–67 (1990).
10. Gauthier R.: Superluminal Quantum Models of the Electron and the Photon. viXra:0703.0015 (2007).
11. Williamson J.G., van der Mark J.M.B.: Is the electron a photon with toroidal topology? *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **22(2)**. 133–146 (1997).
12. Jennison, R.C. A new classical relativistic model of the electron. *Phys. Let. A.*, **141(8–9)**. 377–382 (1989).
13. Schrödinger E.: Uber die Kraftefreie Bewegung in der relativistishen Quantenmechanik. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Phys. Math. Kl.*, **24**. 418 (1930).
14. Rodrigues Jr. W.A., Vaz J., Recami E., Salesi G.: About Zitterbewegung and electron structure. arXiv:quant-ph/9803037v1 (1998).
15. Sebens C.T.: How Electrons Spin. arXiv:1806.01121v4 [physics.gen-ph] (2019)
16. Consa O.: Helical Solenoid Model of the Electron. *Progress in phys*, **14(2)**. 80–89 (2018).
17. Klyushin Ya.G.: **Electricity, Gravity, Heat – Another Look.** *Space Time Analyses.* (2019).
18. Dirac P.A.M.: **The Principles of Quantum Mechanics.** *Oxford Univ. Press, Oxford.* (1930).
19. Dehmelt H.: Experiments with an isolated subatomic particle at rest. *Rev. Mod. Phys.* **62**. 525 (1990).
20. Giordano R.G.: On the Proton and Electron Charges. *Academia.* (2018). *URL*: https://scicom.ru/mfli
21. Feynman R., Leighton R., Sands M.: **The Feynman Lectures on Physics. Vol. 2: Mainly electromagnetism and matter.** *Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.* (1964).
22. Feynman R., Leighton R., Sands M.: **The Feynman Lectures on Physics. Vol. 1: Mainly mechanics, radiation, and heat.** *Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co.* (1963).