ЖУРНАЛ РЭМ
К списку публикаций

Теория движения электромагнитного поля. 6. Электрон

Л.Н. Войцехович

В работе показано, что во вращающейся системе отсчета магнитный диполь обладает электрическим зарядом, величина которого зависит от магнитного момента диполя и скорости вращения. Высказана гипотеза, что электрический заряд элементарных частиц, в частности электрона, обусловлен вращением их магнитного поля. Показано, что электрон представляет собой систему связанных отрицательных и положительных зарядов, суммарно равных заряду классического точечного электрона, и во внешних однородных электрических полях электрон ведет себя как точечный заряд.

Отмечено, что все заряженные лептоны: электрон, мюон и тау-лептон, – описываются одними и теми же уравнениями. Отличие лептонов друг от друга обусловлено различием в величинах их магнитных моментов и угловой скорости вращения магнитного поля, обратно пропорциональной магнитному моменту соответствующей частицы.

Высказано предположение, что частицы отличаются от своих античастиц лишь направлением вращения магнитного поля. Механизм процесса аннигиляции электрона и позитрона объясняется полным обнулением всех полей при условии совмещения частиц с противоположно направленными магнитными моментами.

6.1. Введение

В предыдущей работе [1] отмечалось, что вращение стержневого постоянного магнита вокруг своей продольной оси не приводит к вращению магнитного поля. Поскольку у нас нет возможности заставить вращаться магнитное поле, попробуем рассмотреть свойства магнитного поля магнита или соленоида с точки зрения наблюдателя, находящегося во вращающейся системе отсчета. Чтобы абстрагироваться от эффектов, связанных с вращением системы отсчета, будем считать, что вращение происходит достаточно медленно. Полученные результаты можно легко использовать и для случая вращения магнитного поля в неподвижной системе отсчета.

6.2. Вращение магнитного диполя

На расстояниях много больших радиуса магнита можно с достаточной точностью считать, что все электроны сосредоточены на оси магнита, то есть можно пренебречь их поступательным движением вокруг оси магнита. Еще раз подчеркнем, что такое допущение несправедливо при рассмотрении униполярного генератора, мы же будем рассматривать поля на больших расстояниях, когда соленоид или постоянный магнит можно представлять в виде точечного магнитного момента. В этих условиях магнитное поле соленоида и постоянного магнита эквивалентны друг другу.

Вернемся к соленоиду. Поскольку вращать соленоид бессмысленно, то единственная возможность рассмотреть вращающееся магнитное поле соленоида – это рассматривать его из вращающейся системы отсчета. Вращающаяся система отсчета является неинерциальной система отсчета. Однако, как известно, преобразования Лоренца для электрического и магнитного полей в случае ускоренной системы отсчета остаются справедливыми для мгновенно сопутствующей инерциальной системы отсчета в рассматриваемой точке. Кроме того, будем считать угловую скорость вращения и расстояния от оси вращения достаточно малыми, чтобы линейная скорость не превышала скорость света.

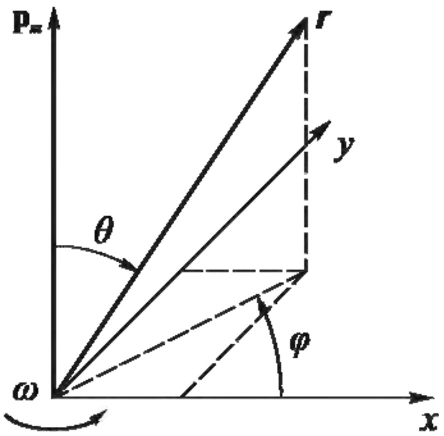

Рис. 6.1. Магнитный диполь $\mathbf{p}_m$ во вращающейся системе координат.

Как известно (см., например, [2]), в векторной форме уравнение для индукции магнитного поля $\mathbf{B}$ точечного диполя с магнитным моментом $\mathbf{p}_m$ имеет вид:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{3\mathbf{n}(\mathbf{p}_m\mathbf{n}) - \mathbf{p}_m}{r^3}, \tag{6.1}$$

где $\mathbf{n}$ – единичный вектор в направлении радиус-вектора $\mathbf{r}$, а μ_0 – магнитная константа.

В сферической системе координат (рис. 6.1) с полярной осью, направленной вдоль $\mathbf{p}_m$, уравнение (6.1) принимает вид:

$$B_r = \frac{\mu_0 p_m \cos\vartheta}{2\pi r^3}, \tag{6.2}$$

$$B_\vartheta = \frac{\mu_0 p_m \sin\vartheta}{4\pi r^3}, \tag{6.3}$$

$$B_\varphi = 0. \tag{6.4}$$

Будем наблюдать магнитное поле из вращающейся системы отсчета, ось вращения которой совпадает с полярной осью нашей сферической системы координат. Тогда относительно этой системы отсчета магнитные силовые линии вращаются в направлении, показанном на рисунке 6.1, с угловой скоростью ω, а их линейная скорость V равна:

$$V_\varphi = \omega r \sin\vartheta, \qquad V_r = 0, \qquad V_\vartheta = 0. \tag{6.5}$$

Поскольку электрическая компонента электромагнитного поля в неподвижной системе отсчета отсутствует, то во вращающейся системе отсчета электрическое поле $\mathbf{E}$, в соответствии с (2.5) [3], равно:

$$\mathbf{E} = [\mathbf{B}\mathbf{V}_m], \tag{6.6}$$

где $\mathbf{V}_m$ – скорость магнитного поля во вращающейся системе отсчета.

В сферической системе координат из (6.2) – (6.6) следует:

$$E_r = B_\vartheta V_\phi = \frac{\omega\mu_0 p_m \sin^2\vartheta}{4\pi r^2}, \tag{6.7}$$

$$E_\vartheta = -B_r V_\phi = -\frac{\omega\mu_0 p_m \sin\vartheta\cos\vartheta}{2\pi r^2}, \tag{6.8}$$

$$E_\varphi = 0. \tag{6.9}$$

Картина электрических и магнитных силовых линий электромагнитного поля магнитного диполя во вращающейся системе отсчета изображена на рисунке 6.2. Направление вращения магнитного диполя (по часовой стрелке, вид сверху) противоположно направлению его магнитного момента. Синими линиями обозначены магнитные силовые линии, красными – электрические.

Обращает на себя внимание, что электрические силовые линии, в отличие от магнитных, не замкнуты и, как следует из (6.7) и видно из рисунка, радиальная составляющая электрического поля E_r всюду, за исключением оси вращения, направлена внутрь. На оси вращения $E_r = 0$. Следовательно, поток вектора электрического поля через сферическую поверхность, в центре которой находится магнитный диполь, всегда отрицателен. Другими словами, это означает, что во вращающейся системе отсчета, на оси вращения которой помещен магнитный диполь, мы обнаружим отрицательный электрический заряд. Найдем величину этого заряда.

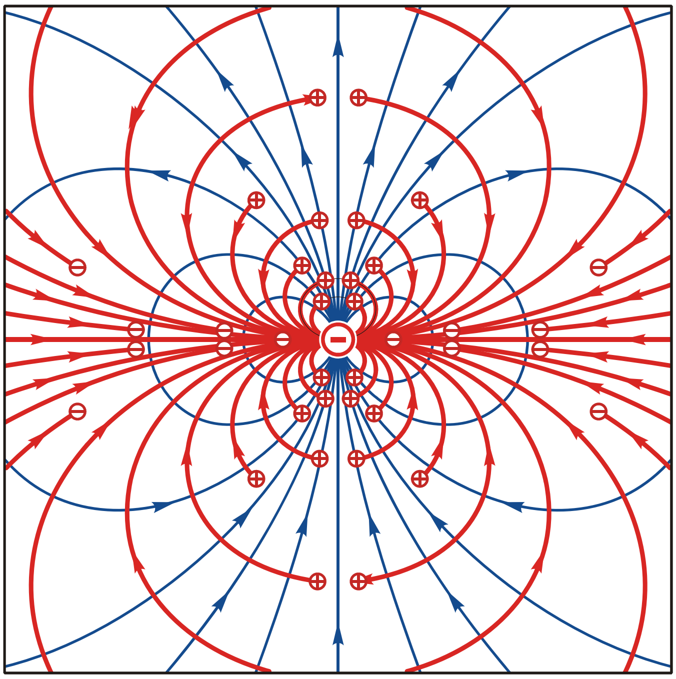

Рис. 6.2. Электромагнитное поле магнитного диполя во вращающейся системе отсчета. Направление вектора вращения противоположно направлению магнитного момента.
– магнитные силовые линии;
– электрические силовые линии;
⊕ и ⊖ – соответственно положительные и отрицательные связанные заряды;
⊖ – отрицательный заряд e керна электрона.

Поток вектора электрического поля $\mathbf{\Phi}_e$ через замкнутую поверхность **S** по определению равен:

$$\mathbf{\Phi}_e = \int_S \mathbf{E}\, d\mathbf{s}, \tag{6.10}$$

где **E** – вектор электрического поля.

Для сферической системы координат произведем замену $d\mathbf{s} = r^2 \sin\vartheta \ d\vartheta \ d\varphi$. В качестве поверхности $\mathbf{S}$ выберем сферу с радиусом r и с центром в начале координат. В этом случае можно учитывать только составляющую электрического поля E_r, и уравнение (6.10) принимает вид:

$$\Phi_e = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} E_r r^2 \sin\vartheta d\vartheta d\varphi. \tag{6.11}$$

Сопоставим между собой обычный заряд q со сферической симметрией и искомый заряд, находящийся внутри сферы с центром, совпадающим с положением диполя $\mathbf{p}_m$.

Для обычного точечного заряда q со сферической симметрией

$$E_r = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}, \tag{6.12}$$

где ε_0 – электрическая постоянная.

Подставляя (6.12) в (6.11), получим известное выражение, связывающее заряд с потоком вектора электрического поля Φ_e через замкнутую поверхность, охватывающую заряд q:

$$\Phi_e = \frac{q}{\varepsilon_0}. \tag{6.13}$$

Аналогично, подставляя (6.7) в (6.11), после несложных преобразований получим:

$$\Phi_e = \frac{2}{3}\mu_0 p_m \omega. \tag{6.14}$$

Приравнивая (6.13) и (6.14), получим:

$$\omega = \frac{3qc^2}{2p_m}, \tag{6.15}$$

где c – скорость света.

В выражении (6.15) учтено, что

$$c^2 = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}. \tag{6.16}$$

При угловой скорости вращения системы отсчета ω, определяемой выражением (6.15), суммарные потоки вектора напряженности электрического поля (6.14) и (6.15) равны. Иными словами, сфера произвольного радиуса с центром в начале координат нашей вращающейся системы отсчета содержит в себе электрический заряд q.

Мы рассматривали электрическое поле, возникающее во вращающейся системе отсчета с размещенным на оси вращения неподвижным диполем. Но это означает, что если в неподвижной системе отсчета заставить каким-либо образом вращаться вокруг своей продольной оси соленоидальное магнитное поле, то возникнет электрический заряд. Конечно, это невозможно. Мы ранее отмечали, что вращение соленоида или постоянного магнита не приводит к вращению магнитного поля. Теперь мы можем сказать, что такое вращение приводило бы к нарушению закона сохранения заряда. В макромире нет сил, которые могли бы заставить вращаться магнитное поле. С другой стороны, если такое вращение все же происходит, то нет сил, которые могли бы его остановить, оно должно происходить вечно, как вечно должен существовать и связанный с вращением магнитного поля электрический заряд.

6.3. Электрон

В связи с этим выскажем гипотезу, что электрический заряд элементарных частиц, в частности электрона, вызван вращением их магнитного поля. Такая гипотеза, в случае ее справедливости, не должна противоречить ни одному известному экспериментальному факту, укладывающемуся в представления классической теории электромагнитного поля, и в то же время должна объяснять хотя бы некоторые из явлений, противоречащих этим представлениям.

В таком случае конфигурация электромагнитного поля, изображенная на рисунке 6.2, справедлива не только для магнитного диполя во вращающейся системе отсчета, но и для вращающегося магнитного диполя, т.е. электрона, в инерциальной лабораторной системе отсчета. Рассмотрим свойства такого электрона.

Перепишем выражения (6.2) – (6.4), подставляя в них значение магнитного момента электрона μ_e и величину μ_0 из (6.16):

$$B_r = \frac{\mu_e \cos\vartheta}{2\pi\varepsilon_0 c^2 r^3}, \tag{6.17}$$

$$B_\vartheta = \frac{\mu_e \sin\vartheta}{4\pi\varepsilon_0 c^2 r^3}, \tag{6.18}$$

$$B_\varphi = 0. \tag{6.19}$$

Будем считать для электрона справедливыми выражения (6.7) – (6.9) и (6.15). Тогда с учетом (6.16) получим:

$$E_r = -\frac{3e\sin^2\vartheta}{8\pi\varepsilon_0 r^2}, \tag{6.20}$$

$$E_\vartheta = \frac{3e\sin\vartheta\cos\vartheta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}, \tag{6.21}$$

$$E_\varphi = 0, \tag{6.22}$$

где e – абсолютная величина заряда электрона (элементарного заряда).

Угловая скорость вращения магнитного поля электрона ω_e, как следует из (6.15), направлена в сторону, противоположную направлению магнитного момента электрона μ_e, и равна:

$$\omega_e = -\frac{3ec^2}{2\mu_e}. \tag{6.23}$$

Соответственно, механический момент электрона, связанный с вращением магнитного поля, также направлен в сторону, противоположную направлению магнитного момента электрона, что полностью согласуется с представлениями квантовой механики. Если принять значение магнитного момента электрона равным магнетону Бора $\mu_B = e\hbar / 2m_e$, то из (6.23) получим другое представляющее интерес выражение для угловой скорости:

$$\omega_B = -\frac{3m_e c^2}{\hbar}, \tag{6.24}$$

где m_e – масса электрона, а $\hbar$ – постоянная Планка.

Если изменить направление вращения магнитного поля на противоположное и соответственно изменить знаки на противоположные в уравнениях (6.20) – (6.22), то указанные уравнения будут описывать позитрон. Таким образом, можно прийти к выводу, что антивещество (позитрон) отличается от вещества (электрона) только направлением вращения магнитного поля.

Будем называть заряд, описываемый уравнениями (6.20) – (6.22), элементарным источником электромагнитного поля, поскольку эти уравнения претендуют на описание заряда электрона, а заряд той же величины, но описываемый уравнением (6.12), – точечным зарядом. Точечный и элементарный источники электромагнитного поля по абсолютной величине равны друг другу, но между ними есть принципиальное отличие: электрические силовые линии точечного заряда сферически симметричны и устремлены из бесконечности к центру заряда (для отрицательного заряда); силовые линии элементарного источника электромагнитного поля обладают осевой симметрией, их начало (или конец для позитрона) находятся на конечном расстоянии от центра заряда, за исключением экваториальной плоскости (плоскость xy на рисунке 6.1). Это отличие проявляется, в частности, и в том, что выражение для потока электрического поля (6.14) справедливо лишь для случая, если замкнутая поверхность является сферической и центр сферы совпадает с центром элементарного источника электромагнитного поля. При другой форме поверхности или другом ее расположения соотношение (6.14) будет, как правило, нарушаться.

Таких требований нет для точечного заряда: выражение (6.13) справедливо во всех случаях, если заряд находится внутри замкнутой поверхности.

Есть единственное объяснение указанных выше особенностей: в пространстве, окружающем центр элементарного источника электромагнитного поля, рассредоточены электрические заряды, как показано на рисунке 6.2. Ни в центре элементарного источника электромагнитного поля, ни в пространстве, окружающем заряд, нет ни «электрической жидкости», ни «твердых заряженных шариков», которые, согласно классическим представлениям, могут являться источником электрического поля. Поэтому приходим к выводу, что *электрический заряд является лишь свойством электромагнитного поля, а не его источником*.

Найдем распределение электрических зарядов. Для этого воспользуемся теоремой Гаусса, одним из уравнений Максвелла для дивергенции вектора напряженности электрического поля:

$$\rho = \varepsilon_0 \,\mathrm{div}\mathbf{E}, \tag{6.25}$$

где ρ – плотность электрических зарядов. Мы обменяли местами левую и правую части уравнения в сравнении с общепринятой записью, так как обычная запись подчеркивает, что заряд является источником электрического поля, мы же используем уравнение (6.25) в качестве определения электрического заряда.

В сферических координатах (6.25) примет вид [4]:

$$\rho = \frac{\varepsilon_0}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 E_r\right) + \frac{\varepsilon_0}{r\sin\vartheta}\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(E_\vartheta \sin\vartheta\right) + \frac{\varepsilon_0}{r\sin\vartheta}\frac{\partial E_\varphi}{\partial\varphi}. \tag{6.26}$$

При подстановке в (6.26) выражений (6.20) – (6.22) первый и третий члены в (6.26) обнуляются, и (6.26) принимает вид:

$$\rho = \frac{\varepsilon_0}{r\sin\vartheta}\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(\frac{3e\sin^2\vartheta\cos\vartheta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\right). \tag{6.27}$$

После несложных преобразований и дифференцирования выражения (6.27) окончательно получим:

$$\rho = \frac{3e}{4\pi r^3}\left(3\cos^2\vartheta - 1\right). \qquad (6.28)$$

Подведем предварительные итоги исследования свойств электрона и остановимся на некоторых из этих свойств.

Суммарный заряд электрона (элементарного источника электромагнитного поля), как и классического точечного электрона, равен $-e$. В экваториальной области электрона сосредоточены отрицательные заряды. Это видно из сопоставления выражения (6.20), (6.21) для элементарного источника электромагнитного поля с выражением (6.12) для точечного заряда, так как в этой области поле элементарного источника электромагнитного поля больше чем поле точечного заряда. Этот же вывод прямо следует из выражения (6.28). По тем же соображениям можно утверждать, что в полярных областях сосредоточены положительные заряды. Суммарный заряд любого шарового слоя с центром, совпадающим с центром элементарного источника электромагнитного поля, равен нулю, поскольку, как следует из (6.14), полный поток через замкнутую сферу не зависит от радиуса сферы. Тот же результат можно получить из (6.28), интегрируя его по объему шарового слоя.

Заряды электрона, находящиеся в пространстве вне центральной зоны, керна электрона, о котором необходимо говорить отдельно, – это связанные заряды, их невозможно разорвать или отделить от центрального заряда. Силы, действующие на связанные заряды, приложены фактически ко всему элементарному источнику электромагнитного поля как целому. Суммарный же заряд элементарного источника электромагнитного поля выступает как свободный заряд и может участвовать во всех взаимодействиях с другими зарядами.

Из сказанного следует, что в однородном электрическом поле элементарный источник электромагнитного поля (электрон) будет вести себя точно так же, как и точечный заряд: сила, действующая на шаровой слой в однородном поле, равна нулю, а центральный заряд равен точечному. Это справедливо на больших расстояниях от других элементарных источников электромагнитного поля (электронов) или точечных зарядов, так как, во-первых, на больших расстояниях электрическое поле внешних зарядов, в котором находится электрон, становится практически однородным, во-вторых, плотность связанных зарядов, как видно из (6.28), быстро убывает обратно пропорционально кубу расстояния. И, наконец, поле внешних зарядов при их большом количестве усредняется и становится еще более однородным.

Иное дело на маленьких расстояниях, когда поле, в котором находится электрон, является неоднородным. В неоднородном поле на электрон будет действовать момент силы, и он начнет прецессировать, что необычно по сравнению с классическим точечным электроном, но совершенно естественно с точки зрения квантовой механики.

При изменении направления вращения магнитного поля на противоположное общая конфигурация полей не изменится, но направление электрического поля, а также знаки всех зарядов изменятся на противоположные. Таким образом, мы будем иметь дело уже не с электроном, как на рисунке 6.2, а с позитроном.

Имеются все основания предположить, что уравнения (6.17) – (6.23) описывают, кроме электрона и позитрона, и другие имеющие электрический заряд лептоны – мюон и тау-лептон, а также их античастицы. Как и для пары электрон – позитрон, направление вращения античастиц противоположно направлению вращения соответствующих частиц, а угловая скорость вращения, как видно из (6.23), обратно пропорциональна магнитному моменту соответствующей частицы.

Отличие лептонов друг от друга по массе обусловлено, судя по всему, различием в величинах их магнитных моментов и, как следствие, различными размерами их кернов, центральных зон частиц.

Отметим еще одну особенность обладающих зарядом лептонов: частицы имеют антипараллельные магнитный момент и направление вращения (спин), а их античастицы – параллельные, что вполне соответствует представлениям квантовой механики.

6.4. Электрон и теория относительности

Выше нами были получены соотношения для электрического и магнитного поля электрона, а также распределение электрических зарядов. Полученные соотношения относятся к внешней области электрона. Отметим факт, который обращает на себя внимание прежде всего: на некотором расстоянии от оси вращения линейная скорость вращения магнитного поля достигает скорости света, а затем превышает ее. Для того, чтобы завершить рассмотрение внешней области электрона, рассмотрим, не противоречит ли это выводам специальной теории относительности. С этой целью рассмотрим вращающееся магнитное поле электрона с нескольких различных точек зрения.

1. Рассмотрим поле электрона относительно неподвижной лабораторной системы отсчета.

В сферической системе координат r, ϑ, φ линейная скорость магнитного поля V определяется выражениями (6.5), а угловая скорость электрона – выражением (6.23).

Введем обозначение

$$R = r \sin \vartheta . \tag{6.29}$$

Здесь R – расстояние произвольной точки от оси вращения электрона.

Найдем из (6.5) R, подставляя (6.23) в (6.5) и опуская знак «–» в (6.23), поскольку нас интересует абсолютная величина угловой скорости, с учетом обозначения (6.29):

$$R = \frac{2\mu_e V_\varphi}{3ec^2} . \tag{6.30}$$

Подставляя в (6.30) значение $V_\varphi = c$, найдем величину R_c, при которой скорость магнитного поля равна скорости света:

$$R_c = \frac{2\mu_e}{3ec} . \tag{6.31}$$

Уравнение (6.31) представляет собой уравнение цилиндра с радиусом R_c.

Таким образом, при значении $R = R_c$, определяемом из (6.31), скорость магнитного поля равна скорости света, а при увеличении R превышает ее. Само по себе это не противоречит выводам специальной теории относительности, поскольку не могут превышать скорость света только процессы, с помощью которых может быть передана информация. Очевидно, что вращающееся поле не может переносить информацию, следовательно, на линейную скорость магнитного поля не накладывается никаких ограничений.

Отметим также, что в формулы преобразований Лоренца при расчете собственного магнитного поля, движущегося со сверхсветовой скоростью, входит величина $\sqrt{1-V^2/c^2}$. Таким образом, при скоростях больше скорости света, когда величина $R > R_c$, мы получим мнимую величину собственного вращающегося магнитного поля. В свою очередь, вращение этого мнимого поля со сверхсветовой скоростью при $R > R_c$ приводит к появлению наблюдаемого в лабораторной системе отсчета действительного значения магнитного поля электрона.

2. Рассмотрим поле электрона относительно вращающейся вместе с магнитным полем системы отсчета.

Для этого выясним, чему равно собственное поле вращающегося электрона. Для этого воспользуемся известной формулой для первого инварианта I_1 электромагнитного поля (уравнение (2.6) [3]):

$$I_1 = c^2B^2 - E^2. \tag{6.32}$$

Напомним, что собственное поле источника является магнитным, если инвариант электромагнитного поля в скобках выражения (6.32) больше нуля. В противном случае собственное поле источника является электрическим. Равенство же инварианта нулю (т.е. если $c^2B^2 = E^2$) означает, что собственная скорость как магнитного, так и электрического (см. выражения (2.8) и (2.9) [3]) поля равна скорости света.

Для определения знака инварианта I_1 вращающегося электрона предварительно найдем входящие в него значения c^2B^2 и E^2.

Для электрона магнитная индукция B, как было ранее показано, описывается соотношениями (6.17) – (6.19).

Тогда, с учетом этих соотношений,

$$c^2B^2 = c^2\left(B_r^2 + B_\vartheta^2\right). \tag{6.33}$$

Подставляя в (6.33) значения B_r и B_ϑ из (6.17) и (6.18), после простейших преобразований получим:

$$cB = \frac{\mu_e}{4\pi\varepsilon_0 cr^3}\sqrt{1+3\cos^2\vartheta}. \tag{6.34}$$

Аналогичным образом найдем величину E^2. Для электрона напряженность электрического поля E описывается соотношениями (6.20) – (6.22). Исходя из них, можно записать:

$$E^2 = E_r^2 + E_\vartheta^2. \tag{6.35}$$

Подставляя в (6.35) выражения (6.20) и (6.21), после преобразований получим:

$$E = \frac{3e\sin\vartheta}{8\pi\varepsilon_0 r^2}\sqrt{1+3\cos^2\vartheta}. \tag{6.36}$$

Найдем инвариант I_1, подставляя в (6.32) значения cB и E из (6.34) и (6.36):

$$I_1 = \frac{1+3\cos^2\vartheta}{64\pi^2\varepsilon_0^2 r^4}\left(\frac{4\mu_e^2}{c^2r^2} - 9e^2\sin^2\vartheta\right). \tag{6.37}$$

Инвариант I_1 равен нулю, когда выражение в скобках уравнения (6.37) равно нулю:

$$\frac{4\mu_e^2}{c^2r^2} - 9e^2\sin^2\vartheta = 0. \tag{6.38}$$

Перепишем равенство (6.38) в более удобном для нас виде, воспользовавшись подстановкой (6.29):

$$\frac{4\mu_e^2}{c^2R^2} - 9e^2 = 0. \tag{6.39}$$

Решая (6.39) относительно R, мы придем к значению R, совпадающему с уравнением (6.31). Иными словами, при значении радиуса $R = R_c$ скорость собственного поля электрона, как следует из (6.31), достигает скорости света, а инвариант I_1 становится равным нулю.

Рассмотрим, как ведут себя собственное поле и собственная скорость электрона при увеличении R от нуля до бесконечности.

Случай $0 < R < R_c$.

Левая часть уравнение (6.39), соответствующая выражению в скобках в уравнении (6.37), больше нуля. Следовательно, инвариант I_1 (6.37) также больше нуля, а собственное поле электрона в этом случае является магнитным. Его скорость V_m по абсолютной величине, как следует из уравнений (6.5), (6.29) и (6.30), равна:

$$V_m = \omega_e R = \frac{3e^2c^2}{2\mu_e}R. \tag{6.40}$$

Случай $R = R_c$ уже рассматривался выше: в этом случае $V = c$.

Случай $R_c < R < \infty$.

Аналогично, как мы это делали для первого случая, придем к выводу, что инвариант I_1 (6.37) меньше нуля, а собственное поле электрона в этом случае является электрическим. Другими словами, наблюдатель в собственной вращающейся системе отсчета электрона придет к выводу, что при $R_c < R < \infty$ собственное поле электрона является электрическим, и движется относительно центра электрона именно оно. Найдем линейную скорость V_e этого движения, исходя из выражения (2.8) [3]. Благодаря тому, что все векторные величины, входящие в него, ортогональны, выражение (2.8) упрощается до вида:

$$V_e = c\frac{cB}{E}. \quad (6.41)$$

Величины cB и E для электрона определяются соответственно выражениями (6.34) и (6.36). Тогда после преобразований выражение (6.41) принимает вид:

$$V_e = \frac{c^2}{\omega_e R}. \quad (6.42)$$

Отсюда видно, что в случае $R_c < R < \infty$ собственным полем электрона является электрическое поле. Как видно из выражения (2.2) [3], в точке $V_e = c$ знаменатель выражения (2.2) стремится к нулю, следовательно, должен стремится к нулю и числитель (2.2), поскольку в этой точке **B** имеет вполне определенное конечное значение. А поскольку $V_e \neq 0$ ($V_e = c$), следовательно, в этой точке стремится к нулю собственное электрическое поле $\mathbf{E}_0$. Заметим, что аналогичным образом можно показать, используя выражение (2.4), что в этой же точке равно нулю и собственное магнитное поле электрона.

Таким образом, обобщая все три случая величины R, мы видим, что при увеличении R от нуля до R_c собственное магнитное поле падает до нуля, а собственная скорость магнитного поля возрастает до скорости света. При дальнейшем увеличении R до бесконечности собственное поле становится электрическим, а собственная скорость электрического поля падает от скорости света до нуля обратно пропорционально R.

3. Важно также отметить, что вокруг электрона циркулирует электромагнитная энергия. Рассмотрим электромагнитное поле электрона с этой точки зрения.

Действительно, вектор Пойнтинга **S** равен:

$$\mathbf{S} = \varepsilon_0 c^2 \left[\mathbf{EB}\right]. \quad (6.43)$$

В сферической системе координат r, ϑ, φ вектор **S** имеет только одну составляющую, совпадающую с направлением скорости по координате φ. Абсолютную величину вектора Пойнтинга можно найти, подставив в (6.43) значения cB и E из (6.34) и (6.36):

$$S = \frac{3\mu_e e \sin\vartheta\left(1+3\cos^2\vartheta\right)}{32\pi^2\varepsilon_0^2 c}\frac{1}{r^5}. \tag{6.44}$$

Как видно из (6.44), плотность потока энергии, циркулирующая вокруг центра электрона, быстро убывает с ростом расстояния от центра электрона обратно пропорционально пятой степени этого расстояния. При значениях $R = R_c$ вектор Пойнтинга не имеет каких-либо особенностей и описывается общим уравнением (6.44).

Выражение (6.44) важно с точки зрения понимания процессов, происходящих с электромагнитным полем электрона. Оно показывает, что, независимо от расстояния R, происходит единый процесс циркуляции электромагнитной энергии вокруг центра электрона.

В заключение подведем некоторые итоги.

При описании собственного поля электрона важнейшим обстоятельством является то, что это поле принципиально невозможно измерить и, следовательно, невозможно экспериментально проверить выводы относительно собственного поля электрона.

Первый подход к собственному полю основан на представлении электрона в качестве магнитного диполя, вращающегося как твердое тело. В таком случае на больших расстояниях собственное магнитное поле становится мнимым, а линейная скорость его вращения больше скорости света. Трудно сказать, какой физический смысл можно вложить в понятие мнимого магнитного поля, это, скорее, лишь математическая абстракция. В то же время нельзя исключать, что в будущем это все же удастся сделать. Тем не менее, такое представление не приводит к противоречиям в рамках специальной теории относительности.

При втором подходе на больших расстояниях собственное поле становится электрическим, а его скорость с ростом расстояния от центра электрона падает до нуля. Этот подход вполне обоснован в рамках развиваемой теории электромагнитного поля и не противоречит общим физическим представлениям и основным постулатам специальной теории относительности. Тем не менее, хотя это циркулирующее электрическое поле также принципиально невозможно измерить и оно является лишь плодом теоретических рассуждений, но его физический смысл, как и в первом случае, может проясниться в будущем.

Третий подход вообще игнорирует собственное электромагнитное поле во вращающейся системе отсчета, а рассматривает лишь циркуляцию электромагнитной энергии и не обнаруживает никаких особых точек.

При всех подходах в неподвижной лабораторной системе отсчета магнитное и электрическое поле описывается уравнениями (6.17) – (6.19) и соответственно (6.20) – (6.22).

6.5. О вещественности электромагнитного поля

Вся совокупность фактов как математического, так и физического характера, свидетельствует о том, что *электрон – это вихрь скорости электромагнитного поля*. Для зарядов не нужен какой-либо вещественный носитель, кроме самого электромагнитного поля, заряды, как отмечалось выше, – это свойство электромагнитного поля, а не его источник.

Под вещественностью электромагнитного поля будем понимать утверждение, что все вещество образовано электромагнитным полем и целиком состоит из него. Для доказательства вещественности недостаточно одного убедительного аргумента или даже нескольких аргументов. Необходим целый комплекс исследований и аргументов.

Науке известны две основные физические сущности: вещество и поле. Поле невозможно свести к веществу, но вещество может быть сведено, как показано в настоящей работе, к электромагнитному полю.

В пользу вещественности электромагнитного поля можно привести следующие аргументы:

– Простейшая и фундаментальная частица вещества, электрон, представляет собой электромагнитный вихрь;

– Электрический заряд не имеет особого вещественного носителя, заряд – это свойство электромагнитного поля;

– Полученные для электрона уравнения дают возможность описания и других имеющих заряд лептонов – мюона и тау-лептона;

– Находит естественное объяснение факт существования антивещества – античастиц электрона и указанных выше лептонов;

– Физическое и математическое описание электрона и позитрона делает понятным механизм аннигиляции вещества и антивещества. Механизм процесса аннигиляции в общих чертах достаточно прозрачен. При сближении электрона и позитрона за счет прецессии происходит излучение фотона и достигается состояние с противоположно направленными магнитными моментами. Затем происходит сближение электрона и позитрона до их полного совмещения. При этом все поля полностью обнуляются, а энергия полей выделяется в виде электромагнитного излучения.

Разумеется, этих результатов и аргументов недостаточно для доказательства тождественности вещества и электромагнитного поля. Для такого доказательства необходима большая работа по дополнительному обоснованию аргументов. Очевидно, что в общем виде эта задача непосильна для выполнения в рамках одной или нескольких работ, однако решение частных задач может существенно усилить аргументацию.

Среди таких задач выделим следующие задачи, которые намечается решать в ближайших последующих работах:

– Получить общие и вытекающие из них частные выражения для зарядов в электромагнетизме;

– Изучить механизм взаимодействия электронов между собой и с другими элементарными частицами;

– Рассмотреть взаимосвязь свойств электромагнитного поля и законов механики, без чего сложно говорить о вещественности поля.

Последняя задача вновь заставляет вернуться к проблеме электромагнитной и инерциальной массы электрона. Эта проблема широко обсуждалась на рубеже XIX и XX веков, в частности, большое внимание этому вопросу уделил Лоренц, но до сих пор она не решена. Проблема заключается в том, что величины инертной и электромагнитной массы электрона, рассчитанных на основе экспериментальных данных, оказываются различными. Это противоречит не только гипотезе о вещественности электромагнитного поля, но и выводам специальной теории относительности.

Выводы

1. Рассмотрен магнитный диполь во вращающейся системе отсчета. Показано, что во вращающейся системе отсчета магнитный диполь обладает электрическим зарядом, величина которого зависит от магнитного момента диполя и скорости вращения.

2. Высказана гипотеза, что электрический заряд элементарных частиц, в частности электрона, обусловлен вращением их магнитного поля, рассчитана угловая скорость вращения и проведен расчет конфигурации электрического поля электрона.

3. Показано, что электрические заряды не являются источником электромагнитного поля. Заряды – это свойство электромагнитного поля, а электрон представляет собой систему связанных отрицательных и положительных зарядов суммарно равных заряду классического точечного электрона.

Рассчитано распределение связанных электрических зарядов в наружной оболочке электрона. Отмечено, что во внешних однородных электрических полях электрон ведет себя как точечный заряд.

4. Высказано предположение, что все заряженные лептоны: электрон, мюон и тау-лептон, – описываются одними и теми же уравнениями (6.17) – (6.23). Отличие лептонов друг от друга по массе обусловлено различием в величинах их магнитных моментов и, вследствие этого, различными размерами их кернов. Угловая скорость вращения магнитного поля обратно пропорциональна магнитному моменту соответствующей частицы.

5. На примере электрона высказано предположение, что частицы отличаются от своих античастиц лишь направлением вращения магнитного поля. Механизм процесса аннигиляции электрона и позитрона объясняется полным обнулением всех полей при условии совмещения частиц с противоположно направленными магнитными моментами. В процессе совмещения энергия частиц выделяется в виде электромагнитного излучения.

6. Электрон и другие обладающие зарядом лептоны имеют антипараллельные магнитный момент и направление вращения

(спин), а их античастицы – параллельные, что полностью согласуется с представлениями квантовой механики.

7. Высказана гипотеза, что в основе всех видов вещества лежит электромагнитное поле, структурированное в форме стационарных вихревых процессов.

Список литературы

1. Л.Н. Войцехович, Теория движения электромагнитного поля. 5. Униполярный генератор с вращающимся магнитом, 1, (2013), с. 55. *www.science.by/electromagnetism/rem5rus.pdf*.
2. И.Е. Тамм, Основы теории электричества, Москва, Наука, (1966), с. 259.
3. Л.Н. Войцехович, Теория движения электромагнитного поля. 2. Принцип движения компонент электромагнитного поля, 1, (2013), с. 12. *www.science.by/electromagnetism/rem2rus.pdf*.
4. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров, Москва, Наука, (1974), с. 188.

Статья опубликована на сайте журнала РЭМ
21 мая 2013 г.

ЖУРНАЛ РЭМ
К списку публикаций