

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ МИРОВАЯ СРЕДА?

Опубликована 10.02.2009, № 9475

© **Воронков С.С.**

доцент, к.т.н

Контакт с автором: vorss60@yandex.ru

Аннотация

Показано, что представления о вакууме, вытекающие из электродинамики Фарадея-Максвелла, близки с представлениями квантовой механики, согласно которым мировая среда – физический вакуум состоит из электронов.

Мировая среда – физический вакуум представляет собой сплошную непрерывную среду, заполняющую все пространство [1]. Но почему на макроуровне мы не замечаем этой среды, не замечаем ее проявлений? Из каких структурных элементов она состоит? Попробуем ответить на эти вопросы.

Рассмотрим некоторые опытные данные, ведущие к признанию мировой среды, содержащиеся в электродинамике Фарадея-Максвелла и приводимые в их работах [2,3].

1. Ток проводимости

Электрическим током называется упорядоченное движение электрических зарядов. Если упорядоченное движение зарядов возникает в проводнике, например, в металле, то электрический ток называется током проводимости.

Сегодня известно, что носителями электрических зарядов в металлах являются электроны, и ток проводимости представляет собой перемещение электронов внутри проводника.

В период написания "Трактата" еще не была установлена природа электрического тока, и Максвелл придерживался феноменологического подхода при описании. При этом для понимания происходящих процессов он широко привлекал метод аналогий.

В главе "О самоиндукции тока" [2] Максвелл цитирует Фарадея [3]: "Первая мысль, которая приходит в голову, состоит в том, что циркулирующее в проводе электричество обладает чем-то, похожим на импульс или инерцию". "Действительно, – отмечает Максвелл [2], – когда мы рассматриваем один-единственный провод, то явления в точности аналогичны явлениям в трубе, наполненной водой, текущей непрерывным потоком. Если при протекании потока воды быстро закрыть конец трубы, то импульс воды создает резкое повышение давления, значительно превышающее давление, обусловленное перепадом уровней воды, что может привести к разрыву трубы". Но имеются существенные отличия электрического тока от движения воды в трубе. "Эффекты, – пишет Максвелл [2], – связанные с инерцией жидкости в трубе, зависят лишь от количества протекающей через трубу жидкости, от длины трубы и от ее поперечного сечения на разных участках. Они не зависят от всего, что находится вне трубы, а при неизменной длине трубы – от того, как труба изогнута. В случае провода с током положение иное, – поскольку эффект очень мал, если длинный провод сложен вдвое; эффект больше, если эти две части разнесены друг от друга, он еще больше, если провод свернут в спираль, и максимален, если внутри такой спиральной катушки поместить кусок мягкого железа".

"Итак, – констатирует Максвелл [2], – система, содержащая электрический ток, является, по-видимому,местилищем какого-то вида энергии, и, поскольку мы не можем создать себе иного представления об электрическом токе, кроме как о явлении кинетическом, его энергия должна быть кинетической, то есть энергией, которой движущееся тело обладает благодаря своему движению. Мы уже показали, что электричество в проводе нельзя рассматривать как

некое движущееся тело, в котором и следует отыскивать эту энергию, ведь энергия движущегося тела ни от чего, находящегося вне тела, не зависит, в то же время присутствие около тока других тел меняет его энергию. Мы, таким образом, подошли к вопросу о том, не может ли существовать какого-либо движения вне провода в пространстве, не занятом электрическим током, в котором проявляются электромагнитные эффекты тока".

Если принять эту точку зрения, согласно которой вне провода, при наличии в нем электрического тока, также должно существовать какое-то движение, то мы вправе поставить вопрос: что будет двигаться вне провода, когда провод находится в вакууме?

С точки зрения Максвелла вакуум – диэлектрик, отличающийся от других диэлектриков лишь диэлектрической проницаемостью. Видимо, для того чтобы подчеркнуть, что слово "вакуум" – пустота, используется условно, Максвелл при упоминании о вакууме пишет [2]: "так называемый вакуум".

2. Ток смещения

Важной отличительной особенностью электродинамики Максвелла является введение в уравнения электромагнитного поля электрического смещения и тока смещения. "Если электродвижущая сила воздействует на проводящую среду, – пишет Максвелл [2], – она вызывает в ней ток, если же среда не проводящая или диэлектрическая, то ток не может длительно по ней течь, но электричество смещается в среде в направлении электродвижущей напряженности, причем величина этого смещения зависит от величины напряженности, так что при увеличении или уменьшении электродвижущей напряженности в том же отношении увеличивается или уменьшается электрическое смещение. Изменение электрического смещения, очевидно, представляет собой электрический ток. Однако этот ток может существовать лишь пока меняется смещение, а так как смещение не может превосходить определенного значения, не вызывая пробоя, то ток не может идти неограниченно долго в одном направлении, подобно току проводимости". Далее Максвелл отмечает: "Чем бы ни являлось электричество, и что бы мы ни понимали под движением электричества явление, называемое электрическим смещением, представляет собой движение электричества в том же смысле, в каком и перенос определенного количества электричества по проволоке является движением электричества. Единственное отличие заключается в том, что в диэлектрике имеется сила, называемая нами электрической упругостью, действующая против электрического смещения и заставляющая электричество возвращаться назад при устранении электродвижущей силы, тогда как в проводниках эта электрическая упругость непрерывно преодолевается, так что устанавливается истинный ток проводимости и сопротивление зависит не от полного количества электричества, смещенного со своего положения равновесия, а от количества электричества, пересекающего сечение проводника в заданное время". Таким образом, по Максвеллу ток проводимости отличается от тока смещения лишь тем, что в диэлектриках имеется "электрическая упругость", действующая против электрического смещения.

Сегодня мы знаем, что носителями электричества в проводниках являются электроны. В диэлектриках, например, газах, под действием электрической напряженности происходит электрическое смещение положительных и отрицательно заряженных частиц. Но так как ток смещения возникает и в вакууме, мы вправе поставить вопрос: смещение какой субстанции происходит под действием электрической напряженности в вакууме?

Из рассуждений Максвелла вытекает, что принципиальных различий между электричеством в проводнике и электричеством в диэлектрике – вакууме, нет. Различие заключается в их состоянии. В проводнике электричество под действием электрической напряженности перемещается, в то время как в диэлектрике электричество подвержено действию электрической упругости и может только смещаться. Но раз электрический ток в проводниках представляет собой движение электронов, то не является ли электрическое смещение в вакууме смещением тех же электронов?

3. Магнитное поле

Как установил Эрстед, при прохождении по проводнику электрического тока вокруг него возникает магнитное поле.

Для выяснения природы магнетизма в главе "Магнитное действие на свет" [2] Максвелл обращается к опыту, предложенному Фарадеем и описывает его: "Луч плоскополяризованного света пропускается через прозрачную диамагнитную среду, а плоскость его поляризации на выходе из среды устанавливается путем наблюдения положения анализатора, при котором луч отсекается. Затем прикладывается магнитная сила, которая действует таким образом, что направление магнитной силы внутри прозрачной среды совпадает с направлением луча. Свет тотчас же появляется вновь, но при повороте анализатора на определенный угол свет опять отсекается. Это показывает, что действие магнитной силы состоит в повороте плоскости поляризации вокруг луча, взятого в качестве оси, на определенный угол, измеряемый углом, на который надо повернуть анализатор, чтобы отсечь свет".

Анализируя описанное явление, Максвелл отмечает: "Изучение действия магнетизма на поляризованный свет приводит, как мы уже видели, к выводу о том, что часть явления, происходящего в среде под действием магнитной силы, составляет нечто относящееся к той же математической категории величин, что и угловая скорость, ось которой направлена вдоль магнитной силы. Эта угловая скорость не может быть скоростью какой-либо части среды, имеющей заметные размеры и вращающейся как единое целое. Мы должны, следовательно, представлять его как вращение очень маленьких объемов среды, каждый из которых вращается вокруг своей собственной оси. Это и составляет гипотезу молекулярных вихрей".

В заключение Максвелл пишет: "Я думаю, что у нас есть хорошие основания полагать, что какое-то явление вращения имеет место в магнитном поле; в этом вращении участвует большое число очень маленьких порций вещества, вращающихся каждая вокруг своей собственной оси, причем эта ось параллельна направлению магнитной силы, и вращения этих вихрей зависят одно от другого, будучи связаны посредством некоторого механизма".

Анализ описанных опытов электродинамики Фарадея-Максвелла позволяет сделать следующие выводы:

- мировая среда – вакуум обладает физическими свойствами, в ней возможны электрическое смещение и вращение;
- изменение электрического смещения подобно току проводимости.

Так как электрический ток в проводнике представляет собой движение электронов, учитывая, что изменение электрического смещения подобно току проводимости, естественен следующий вывод:

- ток смещения в вакууме представляет собой смещение электронов, то есть мировая среда состоит из электронов.

Рассмотрим теперь некоторые опыты квантовой механики, ведущие к представлению о физическом вакууме.

4. Эффект Комптона

Эффект Комптона состоит в изменении длины волны электромагнитных волн при рассеянии их на свободных электронах. Эффект открыт в 1922 г. американским физиком А. Комптоном [4].

Изменение длины световой волны определяется по формуле

$$\Delta\lambda = \lambda_k (1 - \cos \theta), \quad (1)$$

где $\lambda_k = h / m_e c$ – комптоновская длина волны электрона; h – постоянная Планка; m_e – масса электрона; c – скорость света; θ – угол рассеяния.

Согласно классической теории рассеяния света длина световой волны при рассеянии не должна меняться.

Мы обратим внимание на появление в этой формуле длины волны λ_k , которая определяет масштаб пространственных неоднородностей полей, при которых становятся существенными квантовые процессы.

Как отмечает Блохинцев [5]: "Эта длина имеет фундаментальное значение в релятивистской теории электрона, являясь одним из масштабов, свойственных микромиру".

Для электромагнитного поля, длина волны которого λ меньше комптоновской длины волны электрона λ_k , становятся существенными процессы рождения электрон-позитронных пар из вакуума [4].

Следовательно, для вакуума имеется характерная длина волны λ_k и при $\lambda < \lambda_k$ вакуум качественно изменяет свое состояние – происходит рождение электрон-позитронных пар.

5. Нулевые колебания

Согласно квантовой теории наименьшая энергия гармонического осциллятора равна [5]

$$E_0 = \frac{\hbar\omega_0}{2}, \quad (2)$$

где $\hbar = h/2\pi$, ω_0 – собственная частота осциллятора.

Наименьшая энергия осциллятора называется нулевой энергией. Существование нулевой энергии установлено на опыте. "Экспериментально, – отмечает Блохинцев [5], – удастся доказать наличие нулевой энергии и нулевых колебаний атомов путем наблюдения рассеяния света кристаллами. Рассеяние света обусловлено колебаниями атомов. По мере уменьшения температуры амплитуда колебаний, согласно классической теории, должна неограниченно уменьшаться, а вместе с тем должно исчезать и рассеяние света. Между тем опыт показывает, что интенсивность рассеяния света по мере уменьшения температуры стремится к некоторому предельному значению, указывающему на то, что и при абсолютном нуле колебания атома не прекращаются. Этот факт подтверждает существование нулевых колебаний".

Но нулевые колебания присущи не только гармоническому осциллятору, а происходят и в вакууме. Как отмечает Блохинцев [5]: "В настоящее время эти эффекты (нулевые колебания электромагнитного поля и поляризация вакуума) получили экспериментальное подтверждение и являются доказательством изумительного факта: в вакууме существуют постоянные нулевые колебания подобно тому, как они существуют в твердом теле, более того, из-за образования пар позитронов и электронов и последующей их аннигиляции происходит поляризация этого вакуума".

Так как нулевые колебания, происходящие в вакууме, установлены экспериментально, то мы вправе поставить вопрос: что колеблется в вакууме?

6. Поляризация вакуума

Поляризация вакуума – явление, заключающееся в рождении виртуальных пар заряженных частиц – античастиц из вакуума под влиянием заряженной частицы [4]. Этот эффект аналогичен поляризации диэлектрической среды внесенным в нее зарядом, что обусловило название явления.

Как отмечает Мигдал [6]: "Когда к электромагнитному полю и к полям, описывающим пары частиц (электрон-позитрон, протон-антипротон и т.д.) применили квантовую механику, оказалось, что в пустоте происходят непрерывные колебания электромагнитного поля, рождаются и исчезают элементарные частицы. При столкновениях нуклонов (нейтронов и протонов) из пустоты возникает целый сноп различных частиц – вакуум полон частиц. По существу, физики снова вернулись к понятию эфира, но уже без противоречий. Удивительно сложную и интересную среду – вакуум – можно было бы снова назвать эфиром, если бы не боязнь путаницы с наивным понятием XIX века".

Впервые идею о том, что вакуум состоит из электронов, высказал Дирак [7]. "Я попытаюсь, – пишет Дирак, – описать новое представление о физическом вакууме. Согласно этим

новым представлениям, вакуум не является пустотой, в которой ничего не находится. Он заполнен колоссальным количеством электронов, находящихся в состоянии с отрицательной энергией, которое можно рассматривать как некий океан".

Таким образом, представления о вакууме, вытекающие из электродинамики Фарадея-Максвелла, близки с представлениями квантовой механики, согласно которым мировая среда – физический вакуум состоит из электронов.

В работе [1] определены физические свойства мировой среды – физического вакуума, такие как плотность, коэффициент сжимаемости, модуль упругости и др.

Литература

1. Воронков С.С. Общая динамика. – Псков: Квадрант, 2008. – 155 с. Электронный вариант работы представлен на сайте: <http://www.vorss60.narod.ru>.
2. Максвелл Дж. К. Трактат об электричестве и магнетизме. В двух томах, т. I, II. – М.: Наука, 1989.
3. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству, т. 1, 2, 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1947.
4. Физический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – 994 с.
5. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Наука, 1983. – 664 с.
6. Мигдал А.Б. Квантовая физика для больших и маленьких. – М.: Наука, 1989. – 144 с.
7. Дирак П. Электроны и вакуум. – М.: Знание, 1957. – 15 с.