

Теория движения электромагнитного поля.

1. Введение в теорию

Л.Н. Войцехович

В главе отмечается факт существования парадоксов, внутренних противоречий классической теории электромагнитного поля, и намечается путь устранения этих противоречий путем более строгого применения принципа относительности к электромагнитным явлениям и построения последовательной релятивистской теории электромагнетизма. Приводятся общие принципы и требования к любой новой физической теории и, в частности, к релятивистской теории электромагнетизма, которая и является предметом рассмотрения в настоящем цикле работ.

1.1. Классическая теория электромагнетизма и теория относительности

Исторически так сложилось, что к моменту появления специальной теории относительности основной понятийный и математический аппарат классической теории электромагнитного поля был уже создан. Оказалось, что уравнения Максвелла в вакууме инвариантны относительно преобразований Лоренца. Этот факт, по-видимому, явился одной из причин того, что не был проведен достаточно глубокий анализ положений классической теории электромагнетизма с позиций их соответствия принципу относительности. В свою очередь, это породило большое число парадоксов, логических противоречий внутри теории электромагнетизма.

Современная теория электромагнитного поля состоит из трех основных частей: классической теории электромагнитного поля, специальной теории относительности в части, касающейся электрического и магнитного полей, и квантовой теории электромагнетизма. Все три теории развивались в разное время практически независимо друг от друга. Теория относительности и квантовая теория основаны на постулатах, носящих характер математических аксиом. Такие теории будем называть аксиоматическими. В классической теории электромагнитного поля существует два подхода. Первый основан на предложенной Фарадеем модели электромагнитного поля в виде электрических и магнитных силовых линий. В основе второго, аксиоматического, лежат уравнения Максвелла.

В целом все три теории в количественном отношении безупречно описывают все электромагнитные явления, во всяком случае, в отсутствие вещества, а именно этот случай и будет предметом нашего рассмотрения. В то же время, на стыке теорий существуют противоречия, приводящие к многочисленным парадоксам. Особенно много противоречий на стыке классической и квантовой теорий электромагнитного поля. Но такие противоречия существуют и внутри классической теории электромагнитного поля, и на ее стыке со специальной теорией относительности. Наиболее полный перечень внутренних противоречий классической теории электромагнитного поля приводит Р. Фейнман в своих широко известных лекциях по физике [1]. Однако, разумеется, Фейнманом не исчерпаны все парадоксы классической физики, приводят их и другие авторы. Зачастую противоречия между теорией и практикой (экспериментом) в какой-то мере маскируются ссылками на другие разделы физики, на временный характер противоречий в связи с их устранением в будущем по мере развития физических представлений.

В общем-то, это и правильно.

Именно устранение парадоксов теории электромагнитного поля и будет задачей нашего рассмотрения в настоящем цикле работ. Целью этого рассмотрения является построение такой физической модели электромагнитного поля, которая устраняет имеющиеся противоречия теории, не внося при этом новых и устраняя, хотя бы частично, противоречия между классической и квантовой теориями электромагнитного поля.

1.2. Теория электромагнетизма и парадоксы

В XIX веке, когда была создана классическая теория электромагнитного поля, она основывалась на сочетании физических (силовые линии Фарадея) и математических (прежде всего уравнения Максвелла) представлений в соответствии с двумя видами мышления человека: образным и абстрактно-логическим. Попытки создать чисто математическую теорию электромагнитного поля на основе лишь уравнений Максвелла были безуспешными, вспомним хотя бы силу Лоренца, которую затруднительно объяснить при отказе от понятия силовых линий.

Ситуация изменилась с приходом XX века. В первой половине XX века появилась теория относительности и квантовая механика. Эти теории были основаны на принципах и постулатах, которые, в свою очередь, были получены путем обобщения экспериментальных

данных. При таком чисто математическом аксиоматическом подходе можно обойтись без специальной физической модели. Иногда этот чисто аксиоматический путь построения теории электромагнитного поля объявляется единственно правильным. По нашему мнению, именно игнорирование необходимости физической модели электромагнитного поля явилось источником внутренних логических противоречий, парадоксов классической теории электромагнетизма и логических противоречий при попытках применения принципа относительности к электромагнитным явлениям. В свою очередь, это привело к относительному застою в развитии этой теории во второй половине XX века в сравнении с XIX веком и первой половиной XX века.

Любая завершенная математическая теория сама по себе не приводит к парадоксам, такая математическая теория не имеет внутренних противоречий. Отсутствие внутренних противоречий – это основное условие построения математической теории. Парадоксы возникают на стыке физических представлений, физической модели и математической теории. Источником противоречий является неполнота или неточность постулатов с точки зрения физической реальности, ошибки в физической интерпретации экспериментов и математических результатов, распространение выводов теории, носящей частной характер, на область вне сферы действия постулатов теории. Эти ошибки и неточности носят, как правило, логический характер, несмотря на то, что математическая теория, лежащая в основе физических представлений, внутренних противоречий не имеет. Логические ошибки возникают на стыке физической модели, отражающей физическую реальность, и математической теории, количественно описывающей эту реальность.

Заметим, что при указаниях на ошибки, допущенные авторами монографий, ссылки на которые приведены в настоящем цикле работ, мы не преследовали целей рецензирования или оценки значимости самой работы. Мы выбирали лучшие из известных и доступных нам монографий. Ошибки авторов, а также логические ошибки (парадоксы), приведенные самими авторами, отражают состояние теории электромагнетизма на момент написания соответствующих монографий.

1.3. Силовые линии Фарадея

Понятие силовой линии, впервые введенное Фарадеем, лежит в основе всего изложенного ниже, Не всегда силовые линии упоминаются прямо, но всегда подразумеваются.

Представление электрического и магнитного полей в виде силовых линий – это образное, наглядное представление электромагнитного поля. Использование силовых линий позволяет включиться образному мышлению, силовые линии являются графическим представлением векторного электромагнитного поля. Материальным является само электромагнитное поле, а не силовые линии. Физическую суть электромагнитного поля мы не знаем, и даже вопрос об этой сути в настоящее время не ставится. В то же время мы условно отождествляем материальные свойства, присущие электромагнитному полю, со свойствами силовых линий, одновременно не забывая об их условном характере.

Ввиду важности вопроса, вспомним некоторые общеизвестные истины. Сравним силовые линии электромагнитного поля с линиями тока, широко используемыми при описании течения жидкости или газа в гидродинамике. Относительно более строгим понятием в гидродинамике являются трубки тока. При ламинарном течении (а потоки электрического или магнитного поля, которые, в конечном счете, нас интересуют, всегда ламинарны) весь поток жидкости можно разбить на трубки с физически бесконечно малым сечением таким образом, чтобы поток жидкости нигде не пересекал стенки трубки. Такие трубки с точки зрения моделирования потока жидкости являются, как часто отмечается, более строгим понятием, чем линии тока. Однако они менее наглядны и более сложны для их изображения на бумаге. Поэтому можно поступить следующим образом. Допустим, мы разбили весь поток на очень большое, в идеале бесконечно большое, количество трубок с равным потоком через каждую трубку. На бумаге же изобразим в виде линии лишь одну из множества рядом расположенных трубок так, чтобы количества линий было минимально достаточно для образного представления конфигурации всего течения. Мы можем отклонять поток в любую сторону, расширять или сужать его, можем двигаться относительно всего потока или двигать всю трубу с потоком жидкости, во всех случаях линии тока правильно отобразят манипуляции с потоком жидкости.

Все сказанное можно повторить для электрического или магнитного потока. Во всех случаях воображаемые условные силовые линии будут вести себя как реально существующие материальные объекты. А, в конце концов, нет ничего более реального чем то, что всегда ведет себя как реально существующее. Силовые линии электромагнитного поля, несмотря на всю их условность, также ведут себя как реально существующие материальные объекты.

Электромагнитное поле – материальный объект. Силовым линиям как физической модели поля должны быть присущи те же свойства материальных объектов, что и реальным электрическим и магнитным полям. Силовые линии не должны быть только вспомогательным средством для графического изображения поля, они могут и должны служить основой для создания физической модели электромагнитного поля, дающей возможность предсказывать свойства электромагнитного поля в дополнение к аксиоматической математической теории Максвелла. Правильно построенная физическая модель и математическая теория должны дополнять друг друга, никогда не вступая в противоречие между собой. Лишь совокупность физической модели и аксиоматической математической теории можно считать законченной физической теорией.

1.4. Принцип причинности и теория движения электромагнитного поля

Какие же другие требования должны предъявляться к новой законченной физической теории?

Один из основополагающих принципов специальной теории относительности – это принцип причинности. Принцип причинности лежит в основе не только теории относительности, но и всей современной науки, включая математику и физику. Если причина какого-либо события является единственной, то принцип причинности можно применять непосредственно, как это сделано в специальной теории относительности при доказательстве вывода о невозможности скорости физических тел больше скорости света. Если причин две или несколько, то применяют законы логики. Любое событие имеет одну или более причин, вплоть до физически бесконечно большого количества причин. Взаимосвязь причин и следствия должна осуществляться в соответствии с законами логики. Нарушение законов логики – это нарушение принципа причинности.

В математике законы логики лежат в основе всех рассуждений и доказательств, все исходные постулаты (причины) рассматриваются исчерпывающе, не может быть нехватки или избытка исходных постулатов, все условия оговариваются предварительно, иначе возникает противоречие. В то же время, математик не обременяется обоснованием правильности постулатов, их соответствию каким-либо явлениям в реальном физическом мире. Хорошо, если такое соответствие имеется, но ничего страшного, если нет, математическая теория от этого не пострадает.

В теоретической физике при построении математической теории законы логики играют ту же роль, что и в чистой математике. Однако в физике, в отличие от математики, постулаты должны обосновываться экспериментально и проверяться в дальнейшем всей практической деятельностью человека. При этом история физики показывает, что все постулаты, принципы и аксиомы, положенные в основу какой-либо физической теории, справедливы лишь в ограниченных условиях. Это те условия, при которых *проводились* предшествующие эксперименты и которые *учитывались* теорией при проведении этих экспериментов.

Исходя из сказанного, можно утверждать, что новые экспериментальные результаты могут быть получены в том случае, если эксперимент выходит далеко за пределы условий (энергия, скорость, температура и т.п.) ранее осуществлявшихся экспериментов, либо если учитываются (и для этого учета имеются основания) факторы, которые ранее никогда не учитывались. В противном случае ожидаемый результат – лишь еще одно подтверждение существующей теории.

В дальнейших работах настоящего цикла показано, что таким ранее не учитываемым фактором является скорость электрической и магнитной компонент электромагнитного поля. Эта скорость может совпадать со скоростью источника электрического или магнитного поля, а может и не совпадать в случае, если источник, с которым можно явно и однозначно связать скорость поля, отсутствует.

Будем называть теорию, учитывающую скорость компонент электромагнитного поля и основанную на принципе относительности движения, *теорией движения электромагнитного поля*. В свою очередь, теория движения электромагнитного поля является, совместно с классической теорией, составной частью *релятивистской теории электромагнетизма*. Такой термин в настоящее время иногда используется, (см., например, [2]), но употребление определения «релятивистская теория электромагнетизма» вместо «классическая теория электромагнетизма» или «максвелловская теория электромагнетизма» обосновывается в основном тем, что уравнения Максвелла инвариантны относительно преобразований Лоренца. Тем не менее, этого недостаточно, чтобы считать теорию последовательно релятивистской. Не спасает положение и введение в теорию Максвелла силы Лоренца. Сила Лоренца позволяет учитывать движение заряда относительно магнитного поля, но при этом игнорируется движение самого магнитного поля относительно

заряда и, главное, движение магнитных полей относительно друг друга, если источников поля два или более.

1.5. Общие требования к новой физической теории

Любая новая физическая теория должна устранять хотя бы часть противоречий известной теории.

Следует иметь в виду, что все общепризнанные физические теории, даже содержащие внутренние противоречия (парадоксы), подтверждены бесконечным количеством, в физическом понимании бесконечности, экспериментов. Таким подтверждением теории служат не только прямые специально поставленные эксперименты, но и огромное число, которое много больше числа прямых экспериментов, фактов использования выводов теории в инженерной практике.

Новая физическая теория не должна противоречить ни одному известному экспериментально подтвержденному факту, следующему из старой теории. Если получен новый результат, отличный от известного, то известный старый результат должен не отвергаться, а входить в новую теорию как частный случай. В противном случае можно утверждать, что новая теория содержит ошибку либо вовсе несостоятельна. При любых обстоятельствах известная общепризнанная теория должна входить в новую как частный случай, а не опровергаться новой теорией.

Это важнейший вывод, важнейший принцип, которым мы руководствовались при рассмотрении физических парадоксов и устранении обнаруженных логических противоречий физической теории.

Скорость компонент электромагнитного поля невозможно непосредственно измерить, в лучшем случае, если источник поля как физический вещественный объект существует, можно отождествить скорость объекта и скорость порождаемого этим объектом поля. В других случаях приходится говорить лишь о виртуальном источнике поля, порождающем в результате своего движения (опять-таки, виртуального движения) экспериментально измеримые комплементарные, электрические или магнитные, компоненты электромагнитного поля. Такой виртуальный характер собственного поля и его движения зачастую порождает затруднения при интерпретации полученных теоретических результатов. Во всех случаях критерием правильности физической интерпретации служит

совпадение или непротиворечие получающихся теоретических выводов с результатами, следующими из классической теории электромагнетизма, теории относительности или квантовой теории.

В заключение приведем краткие выводы, которые лишь обозначены во введении. Этими выводами мы руководствовались при написании настоящего цикла работ, и эти выводы доказываются всем содержанием работ цикла.

Выводы

1. Классическая теория электромагнетизма и теория относительности составляют единое целое, теория электромагнитного поля в недостаточной мере учитывает принципы, заложенные в специальную теорию относительности, что приводит к парадоксам в теории электромагнетизма.

2. Важнейшей и неотъемлемой характеристикой электрической и магнитной компонент электромагнитного поля является скорость. Предметом рассмотрения настоящего цикла работ является релятивистская теория электромагнитного поля, учитывающая скорость компонент электромагнитного поля.

3. Классическая теория электромагнетизма является составной частью новой релятивистской теории электромагнитного поля как частный случай. Релятивистская теория должна устранять имеющиеся противоречия (парадоксы) классической теории. Новые противоречия не должны возникать ни по одному известному экспериментально проверенному факту, если этот факт непротиворечиво описывался существующими теориями. Возможна лишь различная интерпретация этих экспериментальных фактов в классической и релятивистской теории.

Список литературы

1. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Москва, Мир, (1977).
2. М.-А. Тоннела, Основы электромагнетизма и теории относительности. Москва, Иностранная литература, (1962).

*Статья опубликована на сайте журнала РЭМ
10 марта 2013 г.*