

КОНЦЕПЦИЯ И СТРУКТУРА РЕАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

Система отсчета рассматривается как приспособленная для измерений физическая среда, взаимодействие электромагнитного поля с которой приводит к изменению его параметров, в частности, его характеристик инерции. Это изменение согласовано с изменением состояния измерительных устройств. Показано, что сравнение измеренных значений только с помощью канонических преобразований Лорентца пригодно в неполной асимптотической схеме описания поля без учета реальных условий измерения.

ВВЕДЕНИЕ

В теории относительности используется кинематический подход к физической системе. Согласно ему, «одновременно» присутствует система состояний, из которых для конкретного наблюдателя «доступно» одно состояние. По этой причине не рассматриваются проблемы реального физического измерения. В кинематическом подходе нет процессов, в нем нет потребности в анализе влияния измерительного прибора на явление.

В динамическом подходе к релятивистским эффектам ситуация иная. Здесь требуется исследовать динамические процессы. Поэтому естественно учитывать влияние приборов на электромагнитное поле, а также ряд специфических условий, в которых находится само поле.

1. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КЛАССИЧЕСКОЙ
И КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Исходным пунктом классической физики, его постулатом, который зачастую формулируется явно, является предположение, что физические характеристики исследуемого явления могут быть всегда измерены с некоторой незначительной погрешностью. Сформулируем это обстоятельство как *принцип невмешательства*: возможно экспериментальное определение характеристик физического явления без изменения его величин или закона из взаимосвязи. Он базируется на возможности (достаточно хорошо проверенной экспериментально) выполнить измерение таким образом, что изменение величин вследствие неизбежного влияния измерительного устройства на явление значительно меньше самих измеряемых значений, а в случае сильного изменения его можно рассчитать и учесть. При этом обычно считается, что реальная физическая величина тождественна измеренному значению. Это обеспечивается конструированием приборов, с помощью которых измерение можно провести в реальном масштабе времени и длины. Конечно, классическая теория не исключает возможности косвенного измерения, но это делается редко. Для его анализа необходимо дополнительное построение, которого мы рассматривать не будем.

На данной стадии возникает ряд вопросов:

- Как по «следам» взаимодействия, зафиксированного приборами, расшифровать устройство конструкции, оставившей данный «след»?
- Что ещё нужно для этого?
- Как выполнить реальную верификацию модели, если она известна частично или малодоступна?
- Насколько используемая аппаратура и методика исследования адекватны сути исследуемого изделия и его движений?

В классической физике общепринята модель классической системы отсчета: система пространственных координат, фиксирующая структуру трехмерного евклидова пространства R^3 , к каждой точке которого присоединено время. В соответствии с указанным подходом физические явления описываются уравнениями и операторами, которые согласованы со структурой пространства-времени, а физические величины представляют собой проекции геометрических величин на оси координат. Так поступают как в том случае, когда задан единственный наблюдатель, так и для совокупности покоящихся друг относительно друга наблюдателей. Учет их движения, по крайней мере инерциального, сводится, согласно идеологии классического измерения, к построению некоторого алгоритма сравнения проекций исследуемых величин и законов их взаимосвязи.

Поскольку система отсчета в классическом подходе идентична системе координат и введенному в ней времени, их взаимосвязь является единственным математическим инструментом, с помощью которого можно простыми средствами обеспечить сравнение измеренных значений.

Заметим, что между системой отсчета в ее физическом смысле и содержании и системой координат в любом ее применении есть «дистанция огромного размера», потому что два рассматриваемых объекта физически, и математически, по содержанию и по их форме качественно различны. По этой причине недопустимо отождествление указанной пары понятий, равно как недопустимо отождествление пространства размеров и пространства скоростей для конструкции или ее части. Данное замечание интуитивно справедливо в трансфинитном смысле. Ведь практика требует жить, отображая глубоко и последовательно реальный трансфинитный мир в многообразии его сторон и свойств.

При анализе результатов измерений всегда требуется учитывать влияние измерительных устройств на исследуемую конструкцию и ее качества. Теоретически и практически оно может быть «малым», «средним», «большим», отражая нулевое, частичное и полное влияние на объект и его проявления.

Непонимание специальной теории относительности, присущее даже Эйнштейну, начинается и усиливается у тех ее «знатоков», которые пытаются итоги динамического процесса представить как кинематические результаты измерений, полученные при «большом» влиянии измерения на конструкцию и качества частиц света, трактовать как результаты, полученные при «малом» влиянии. Так несложно запутать себя и других. Особенно если добавить в такой подход «масла авторитарности».

Безусловно, мы вправе рассматривать свет как квантово-механическую (микроскопическую) систему, изначально закладывая в подход понимание того, что свойства света могут в чем-то совпадать, но будут в чем-то обязательно отличаться от свойств макроскопических систем. В частности, может так случиться, что используемые нами приборы и алгоритмы анализа будут неспособны к учету и измерению некоторых тонких сторон и свойств света. Но тогда при описании света и при проведении экспериментов с ним следует тщательно учесть возможности и специфику измерения, в частности, влияние приборов на параметры света.

Известна точка зрения В.Гейзенберга: «В квантовой механике ... мы не можем вести наблюдение, не внося помеху в наблюдаемый феномен, и влияние квантовых эффектов на инструменты наблюдения само по себе вызывает неопределенность в наблюдаемом феномене. С этим как раз не мог примириться Эйнштейн».

И хотя Гейзенберг не сказал ясно и определенно, что измерительный прибор в состоянии существенно изменить измеряемые параметры, и что измерение без такого влияния означает измерение без взаимодействия (косвенный его вариант), но «помеха в феномен» из-за влияния измерения им концептуально намечена достаточно отчетливо.

Задача теоретиков состоит в том, чтобы выразить это понимание алгоритмически, доведя его до количественных предсказаний и затем корректно учесть как в моделях, так и при проведении экспериментов.

Главное обстоятельство, при котором имеет смысл говорить о корректности сравнения результатов измерений, полученных в разных условиях или разными наблюдателями, заключается в требовании «одинаковости» законов, которыми описывается явление в покоящейся и движущейся системах координат при условии корректного определения самого понятия «одинаковости».

В квантовой теории исходным является состояние физической системы. Различаются чистые состояния, которые задаются волновой функцией Ψ гильбертова пространства L или его нормой $|\Psi \cdot \Psi^*|$, а также смешанные состояния, описываемые на основе математического ожидания от чистых состояний или матрицей плотности. Поведение Ψ описывается уравнением Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi,$$

где H - гамильтониан. Наблюдаемой величине ставится в соответствие самосопряженный оператор $\hat{A}$. Спектр его собственных значений определяет физические величины. В случае прямых измерений и дискретного спектра собственных значений $A = \{a_1, a_2 \dots a_n\}$, оператор имеет спектральное разложение $\hat{A} = a^i A_i$, где $\hat{A}$ - оператор, соответствующий собственному значению a^i .

Измерение представляется в квантовой теории процессом, вследствие которого полное состояние редуцируется в частное, соответствующее фиксированному значению a_i . Главной особенностью и существенной трудностью квантово-механического подхода является то, что не существует физически обоснованных концепций и математического аппарата, с помощью которых можно было бы получить указанную редукцию детерминированным способом. Согласно статистической интерпретации волновой функции, каждое из возможных состояний со значением a_i имеет определенную вероятность появления в эксперименте. В конкретном измерении мы не можем указать единственный его исход, а лишь вероятность различных исходов.

Отличие от классической схемы имеет место в следующих моментах:

- новое определение состояния системы;
- новое определение физической величины, она не является уже просто проекцией на оси системы координат некоторого классического выражения;
- отсутствует детерминированность исходов выполненных измерений.

Заметим также, что принцип относительности используется в квантовой теории неявно. Указанные обстоятельства свидетельствуют также о недостаточной разработке квантово-механического подхода к измерению.

Если рассматривать систему отсчета как реальный физический фактор, позволяющий выделить единственное состояние из возможной совокупности, мы вправе говорить о воздействии измерения на параметры явления. Отметим следующую особенность. «Между измерениями и физическими состояниями существует два рода соотношений: во-первых, измерение определяет состояние, в котором система находится после его проведения, а, во-вторых, при его помощи исследуется состояние, существовавшее до измерения. В области классической физики $\hbar = 0$ это различие теряет смысл, так как состояния до и после измерения можно считать идентичными. В волновой механике дело обстоит существенно по-другому, так как там измерение всегда несет за собой принципиально неопределимые изменения в состоянии системы» [1].

С математической точки зрения обусловлено это редукцией волнового пакета, которая не описывается уравнением типа Шредингера и потому не является детерминированным процессом. С физической точки зрения это обусловлено возможностью физического объекта находиться одновременно в нескольких различных состояниях, одно из которых фиксируется в процессе измерения.

Другая принципиальная особенность квантово-механического подхода, чуждая классическому, заключается в невозможности одновременного точного измерения тех величин, параметры которых определяются некоммутирующими между собой операторами. В этом случае величины связаны соотношением неопределенности. Им является, в частности, связь между координатой и импульсом частицы, энергией и временем.

При рассмотрении электромагнитных явлений необходим синтез классической и квантово-механической теорий измерения. Он базируется на физических фактах. С одной стороны, электромагнитное поле представляет собой совокупность квантово-механических объектов – фотонов и потому к ним нужно последовательно применять квантово-механическую теорию измерений. С другой стороны, в подавляющем числе экспериментов электромагнитное поле рассматривается через совокупность классических характеристик и анализируется методами и элементами классической теории измерения. Понятно, что такой подход также является ограниченно верным. Так считал Шредингер [2]. «Но давайте вернемся к вопросу, пусть неудачно сформулированному: действительно ли невозможность непрерывного, без пробелов описания в пространстве-времени опирается на неопровержимые факты? Сегодня в среде физиков бытует мнение, что это так. Бор и Гейзенберг выдвинули по этому поводу весьма оригинальную теорию, которая настолько легка в объяснении, что вошла в большинство популярных введений в предмет – должен сказать, что ее философский смысл обычно понимается неправильно.

Теория гласит следующее. Мы не можем делать какие-либо фактические утверждения о данном естественном объекте (физической системе), не «соприкоснувшись» с ним (ней). Это «прикосновение» является реальным физическим взаимодействием. Даже если оно заключается во взгляде на объект, на последний должны упасть лучи света и, отразившись, попасть в глаз наблюдателя или некоторый прибор для наблюдения. Это означает, что в объект вмешиваются путем наблюдения. Невозможно получить какие-либо сведения об объекте, оставляя последний в строгой изоляции. Далее теория утверждает, что подобное вмешательство не является ни irrelevantным (не имеющим отношения к объекту), ни полностью изучаемым.

Таким образом, после некоторого количества трудоемких измерений объект оказывается в состоянии, некоторые характеристики которого (наблюдаемые в последнюю очередь) известны, а *другие* (те, которым последние измерения помешали) неизвестны или известны неточно. Подобное положение дел предлагается в качестве объяснения, почему полное, не имеющее пробелов описание физического объекта является невозможным. Но, очевидно, что помехи, даже если они существуют, говорят лишь о том, что невозможно составить подробное описание, они не убеждают меня, что я не могу сформировать *в уме* полную, без пробелов, модель, на базе которой можно корректно вывести или предсказать все, что я могу наблюдать со степенью определенности, допускаемой наблюдениями. Ведь многое говорит о том, что нужно построить модель так, чтобы полно и последовательно учитывать измерение. Я хочу сказать, что эта интерпретация (Бора и Гейзенберга) самоочевидна: есть полностью определенный физический существующий объект, но я никогда не узнаю о нем все до конца. Однако это было бы совершенным непониманием того, что на самом деле имеют в виду Бор и Гейзенберг и их последователи. Они имеют в виду, что объект не существует независимо от наблюдающего субъекта. Они имеют в виду, что последние открытия в физике подошли к загадочной черте, разделяющей *субъект и объект*,

которая, как выяснилось, вовсе не является четкой границей. Мы должны понять, что мы никогда не наблюдаем объект, не модифицируя и не окрашивая его нашими же собственными действиями, направленными на его изучение. Мы должны понять, что под влиянием наших точных методов наблюдения и осмысления результатов эксперимента эта загадочная граница, разделяющая объект и субъект, стерлась.

Но при этом я не могу подавить определенные возражения. Я рассматриваю науку как интегрирующую часть нашего стремления ответить на серьезный философский вопрос, включающий остальные, на вопрос, который Плотин резюмировал так: кто мы? Более того: я рассматриваю это не как одну из задач, а как основную задачу науки, единственную, которая действительно имеет значение... Я чувствую определенное несоответствие между используемыми средствами и задачей, которую необходимо решить.

С другой стороны, (и это мое второе возражение), простое утверждение, что каждое наблюдение зависит и от объекта, и от субъекта, которые «переплетены» чрезвычайно сложным образом – это утверждение вряд ли можно назвать новым, оно почти так же старо, как сама наука. По прошествии 24 веков (от Протагора и Демокрита) мы знаем, что они по-своему утверждали, что все наши чувства, восприятия и наблюдения носят субъективный оттенок, и не передают природу вещи-в-себе. С тех пор этот вопрос возникал везде, где была наука. В предыдущие столетия при обсуждении этого вопроса имели в виду две вещи, а именно: (а) непосредственное физическое *впечатление*, оказываемое объектом на субъект и (б) *состояние* субъекта, у которого это впечатление появляется».

2. КОНЦЕПЦИЯ И СТРУКТУРА РЕАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ

Примем терминологию, которой будем придерживаться в дальнейшем:

- система отсчета - макроскопический классический объект, содержащий структурные элементы, которые обеспечивают измерение исследуемых величин;
- событие - совокупность параметров явления, присоединенных к точке или области пространства-времени, в котором рассматривается явление;
- акт наблюдения - взаимодействие исследуемого явления с системой отсчета, необходимое и достаточное для измерения;
- переход события в систему отсчета - процесс изменения параметров события, реализующийся вследствие взаимодействия явления с системой отсчета;
- путь перехода события - траектория точечного события, проходящая через систему отсчета.

Используем стандартные определения:

- Условие - обстоятельство, от наличия или изменения которого зависит наличие или изменение чего-то другого, называемого в этом случае обусловленным.
- Наблюдение - относительно длительное, целенаправленное и планомерное восприятие предметов и явлений окружающей действительности.
- Измерение - операция, посредством которой устанавливается численное соотношение между измеряемой величиной и заранее выбранной единицей измерения, масштабом, эталоном.

Используем аксиому 1: классическая величина является осредненным по конечной области пространства значением совокупности сопоставляемых ей микровеличин.

Отметим, что необходимо "учитывать существенную ограниченность представления классической теории, согласно которым электромагнитное поле описывается значением его компонентов в каждой пространственно-временной точке, причем это поле может быть промерено посредством точечных зарядов в смысле электронной

теории. Эти представления являются идеализацией, имеющей к квантовой теории лишь ограниченную пригодность. Указанное обстоятельство находит себе рациональное выражение как раз в аппарате квантовой электродинамике, где полевые величины представляются уже не функциями точки в собственном смысле слова, а функциями пространственно-временных областей; эти функции области формально соответствуют усредненным по указанным областям значениям идеализированных (рассматриваемых как функции точки) полевых величин" [3].

Откажемся от допущения классической теории об отсутствии влияния на параметры электромагнитного поля. Примем аксиому 2: измерение способно оказать как детерминистическое, так и вероятностное (в общем случае не малое воздействие) на электромагнитное поле.

При указанном подходе некорректно строить физическую модель явления, независимую от наблюдателей. Эйнштейн неоднократно настаивал на обратном. Заметим, что прибор измеряет лишь то, что может, а не все, что хотелось бы измерить, измеряет так, как может, а не так, как нам кажется.

Используем концепцию отношения и полученные выше данные для построения модели реальной системы отсчета (РСО), под которой будем понимать специальным образом сконструированную физическую среду. Зададим характеристики РСО как физического объекта: роль скорости среды $\vec{u}_m$ в этом случае переходит к скорости детектора $\vec{u}_d$, а вместо отношения поля к среде следует использовать отношение к детектору w_d . Из-за конечности размеров системы отсчета существенно различаются ситуации, когда поле находится вне и внутри нее. Схема физического процесса взаимодействия точечного события с системой отсчета состоит из ряда звеньев. Очевидно, что ситуация сложна:

- имеется начальное событие, до взаимодействия с системой отсчета;
- в момент времени t_0 в точке x_0 начинается взаимодействие явления с системой отсчета;
- взаимодействие имеет конечную длительность и интервал длины;
- устанавливается новое состояние - конечное событие.

В соответствии с анализом, выполненным ранее, при взаимодействии поля со средой происходит изменение его инерции, как кинематической, так и динамической характеристик, а также изменение отношения w_d .

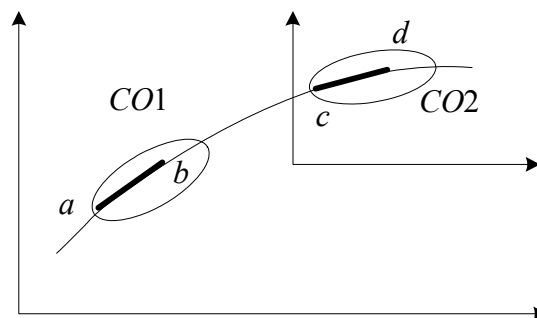


Рис. 1. Прохождение точечного события через две системы отсчета

Ситуация усложняется, когда рассматриваются, например, две РСО. Проведем качественный анализ процедуры измерения в этом случае. Рассмотрим следующую схему, задаваемую рисунком 1. Пусть событие проходит последовательно сначала первую систему отсчета - CO1, а затем вторую - CO2. На отрезках $[ab]$ и $[cd]$ происходит изменение отношений и характеристик инерции электромагнитного поля. Первый наблюдатель получит совокупность параметров, различных в разных точках

пути перехода события в систему отсчета. Например, пространственно-временное смещение события относительно точки A в момент времени t_1 при значений отношения w_1 будет задано дифференциалами $\{dx^\alpha\}_{t_1, A, w_1}$. На втором этапе аналогичным образом происходит измерение во второй системе отсчета. Второй наблюдатель охарактеризует смещение события в точке B в момент времени t_2 при значении отношения w_2 дифференциалами $\{dx^{\beta'}\}_{t_2, B, w_2}$. Взаимосвязь

$$\{dx^{\beta'}\}_{t_2, B, w_2} = A_{\alpha}^{\beta'} \{dx^\alpha\}_{t_1, A, w_1} \quad (1)$$

определяется матрицей A , для нахождения которой нужны дополнительные данные. В рамках концепции отношения требование одинаковости условий измерения соответствует $w_1 = w_2$.

Мы обнаруживаем пять стадий прохождения светом пары измерительных устройств: до первого, в первом, между первым и вторым, во втором, после второго. Все они могут быть систематически описаны в рамках предлагаемого алгоритма.

Очевидно, что система отсчета является для электромагнитного поля внешним условием. Если она не взаимодействует с полем, то $w_d = 0$, если стадия взаимодействия является конечной, то $w_d = 1$. Вероятно, аналогично на электромагнитное поле влияют другие поля и среды.

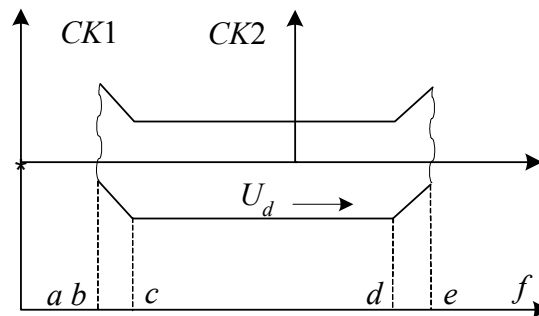


Рис. 2. Схема распространения поля

Имеет место определенное соотношение в изменении w_d и инерции поля. В случае $w_d = 0$ инерция поля измениться не может и потому сохраняет фиксированное значение для любого инерциального наблюдателя. При переходе из вакуума в среду происходит изменение отношения. Если отношение меняется от 0 до 1, то динамические характеристики инерции меняются следующим образом: поле "забывает" скорость своего первоначального источника, вторичный источник получает скорость, равную скорости движения среды, меняется частота поля. Переход поля из среды в вакуум сопровождается изменением отношения от 1 до 0. Изменений инерции, если нет дополнительных факторов, при этом не происходит. Среда может менять свою скорость при переменном или постоянном отношении, что по-разному влияет на характеристики инерции поля. При взаимодействии электромагнитного поля и системы отсчета происходит как изменение отношения, так и инерции поля.

В процессе взаимодействия с системой отсчета имеет место изменение w_d . Если после прохождения системы отсчета поле движется в вакууме, то его инерция будет определена результатом взаимодействия с системой отсчета. При движении в среде произойдет изменение отношения к среде и соответствующее изменение инерции. Указанные обстоятельства обосновывают необходимость рассмотрения по меньшей мере двух отношений: к физической среде, в которой распространяется

излучение и к системе отсчета, которая также влияет на параметры. В частности, например, возможна ситуация, когда отношение к системе отсчета равно единице, $w_d = 1$, а отношение к среде w , равно нулю $w_m = 0$. Ему соответствует распространение излучения в детекторе, представляющем собой цилиндр, внутри которого вакуум, а отношение к системе отсчета формируется на одной грани детектора.

Рассмотрим теперь задачу об изменении параметров поля в случае, когда имеет место переход излучения из вакуума в газовую среду, движение в ней, затем переход из среды в вакуум.

Рассмотрим луч света от источника, находящегося в вакууме и покоящегося в системе координат $CK1$. Пусть система координат $CK2$ покоится относительно инерциально движущейся среды, образующей движущуюся систему отсчета. Пусть ее скорость равна $\vec{u}_d$, а показатель преломления n_d . Рассмотрим значение скорости на различных участках среды. Предположим, что поток газа имеет такое распределение плотности, что на входе в канал и на выходе из него происходит изменение отношения от нуля до единицы и обратно. Пусть путь, на котором реализуется изменение, значительно больше длины волны излучения. Тогда справедливо предположение о локальном постоянстве частоты, длины волны. Для аналитического описания закономерности изменения скорости используем выражение

$$\vec{v}_d = \frac{c}{n_d} \frac{\vec{k}}{k} + \left(1 - \frac{w_d}{n_d^2}\right) \vec{u}_d.$$

Имеем следующие результаты. На участках $[bc]$ и $[de]$ происходит изменение скорости, частоты и волнового вектора, обусловленное изменением трех факторов: n_d , w_d , u_d . При $w_d = 1$ получаем известные результаты Физо, при $w_d = 0$ модель распространения поля по Ритцу, при других значениях w_d имеем соотношения, которые достаточно сложно проверить экспериментально.

Резюмируем сущность алгоритма учета влияния как внешней среды, так и системы отсчета на параметры электромагнитного поля:

- внешние по отношению к полю факторы, независимо от того, образуют они некоторые измерительное устройства или нет, учитываются посредством нормированного скалярного поля w_d ;
- изменение скорости источника свободного электромагнитного поля, частоты излучения и его волнового вектора происходит согласованно с w_d ;
- система отсчета и физическая среда совместно влияют на электромагнитное поле;
- замыкание уравнений электродинамики базируется на уравнениях, определяющих в различных ситуациях поведение w_d .

Построим один из алгоритмов сравнения результатов измерения параметров электромагнитного поля, полагая, что справедлив детерминистический подход. Пусть проведены измерения скорости поля согласно рис 1. Следуя (1), для сравнения результатов измерений, выполненных различными наблюдателями, необходимо найти матрицу $\hat{A}_\alpha^{\beta'}$. Предложим для ее нахождения вспомогательную конструкцию

$$P_{kn}^{AB} = \text{diag} (1, 1, 1, 1/w_1 \cdot w_2) \quad (2)$$

полученную матричным произведением локальных метрик, сопоставляемых каждой из систем отсчета

$$P_{kn}^{(1)A} = \text{diag} (1, 1, 1, 1/w_1), \quad P_{kn}^{(2)B} = \text{diag} (1, 1, 1, 1/w_2).$$

Потребуем инвариантности локального интервала, построенного по метрике (2). Рассмотрим две декартовых системы координат, присоединенные к системам отсчета, движущимся относительно друг друга со скоростью v . Получим, согласно [4], двухпараметрические преобразования

$$dx' = \frac{dx - v dt}{\left(1 - v^2 \frac{w_1 w_2}{c^2}\right)^{1/2}}, \quad dy' = dy, \quad dz' = dz, \quad dt' = \frac{dt - \frac{dx v}{c^2} w_1 w_2}{\left(1 - v^2 \frac{w_1 w_2}{c^2}\right)^{1/2}}. \quad (3)$$

Они содержат не только скорость относительного движения систем отсчета, но и характеристики их влияния на событие.

Введение вспомогательной метрики вида P_{kn}^{AB} и требование ковариантности интервала составляют новый алгоритм сравнения параметров события. В сочетании с принципом относительности он обеспечивает возможность рассмотрения различных экспериментальных ситуаций. Проведем такой анализ. Сравним локальные смещения события, отсчитанные в одной и другой системах отсчета для различных значений отношения. Пусть $w_1 = w_2 = 1$. Эта ситуация соответствует случаю, когда между собой сравниваются события, относящиеся к конечной стадии их перехода в системы отсчета. Используя (3), получим преобразования Лорентца. Они являются частным случаем преобразований, связывающих между собой дифференциалы смещений события. Заметим, что глобальные преобразования следуют из них в случае, если скорость и отношение не зависят от координат.

В классической теории измерений недостаточно внимания уделяется факту, что измерения, если они проводятся независимо, разделены в пространстве и происходят в разные моменты и интервалы времени. Согласно нашему подходу, дополнительно необходимо указать условия, при которых проведены измерения, а также правила переноса значений, измеренных в одной точке, в другую, соответствующую другим условиям измерений. Если условия "одинаковы", например $w_1 = w_2$ и пространство является плоским, тогда ситуация упрощается.

Специальная теория относительности абстрагируется от указанных деталей, равно как и от влияния системы отсчета на явление. Такой подход логически допустим и существенно упрощает задачу, но не соответствует ее содержанию и сложности. Предельным значениям отношения $w_1 = w_2 = 1$ соответствуют конечные стадии перехода события в соответствующие системы отсчета. С учетом сделанных замечаний имеем *новую формулировку ППСС: значения скорости света в вакууме, измеренные различными инерциальными наблюдателями на конечной стадии перехода события в соответствующие системы отсчета, равны между собой.*

Взаимосвязь параметров для других ситуаций не укладывается в рамки преобразований Лорентца. Действительно, пусть измерение параметров проведено первым наблюдателем на конечной стадии перехода в $C01$, а вторым наблюдателем - на начальной стадии в $C02$. Им соответствуют отношения $w_1 = 1$ и $w_2 = 0$. Согласно преобразованиям (3) измеренные значения связаны преобразованиями Галилея. Иной результат получим в случае, когда $w_{1d} = w_{2d} = 1$. Такое описание согласуется с интуитивным представлением о распространении электромагнитного поля в вакууме в отсутствие эфира и измерительных устройств. Эта возможность предполагалась некоторыми физиками ранее, однако факт обусловленности скорости света влиянием измерительных устройств получен впервые. Понятно, что *преобразования Галилея не противоречат принципу постоянства скорости света в вакууме.*

Отметим важное обстоятельство, следующее из анализа преобразований (3): пространственно-временные преобразования в электродинамике имеют операторный смысл. Действительно, из (3) следует, что преобразования Лорентца соответствуют частному условию, когда $w_{1d} = w_{2d} = 1$.

Принцип постоянства скорости света в вакууме, следуя модифицированной нами точке зрения Эйнштейна, выражает экспериментальные факты, для описания которых нужно было найти алгоритм их описания, не детализируя картину и механизм взаимодействия. Такую роль в состоянии выполнить группа Лорентца в ее канонической форме, когда показатель отношения равен единице как в одном, так и в другом измерительном устройствах.

Соотношение дифференциалов координат вида (3) позволяет получить связь экспериментальных значений, которая не зависит от конкретных особенностей изменения w_d на других стадиях. Ситуация аналогична методу "черного ящика" или S -матрицы. В формализме S -матрицы взаимодействие поля с динамической системой описывается на основе алгоритма трансформации начальной волновой функции $\Psi(1)$ в конечную $\Psi(2)$ по правилу

$$\Psi(2) = S_{21} \Psi(1).$$

Обычно матрица S_{21} выбирается из дополнительных соображений, косвенным образом описывая динамику взаимодействия. Мы можем по входным данным рассчитать выходные, но не описываем все детали трансформации параметров. В специальной теории относительности аналогично используется матрица A : если рассматривать величины $\{dx^i\}_1$, как начальные данные, то конечные параметры смещения события $\{dx^i\}_2$ можно определить посредством A -матрицы, соответствующей группе Лорентца. Для описания динамики изменения параметров поля при взаимодействии со средой такой подход недостаточен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указан алгоритм учета реальных условий измерения в электродинамике, базирующийся на последовательном применении понятий и свойств показателя отношения. Показано, как модифицируется анализ ситуаций. Обоснованы новые задачи и подходы, относящиеся к учету реальных условий измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Пайрлс З. Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию. / Собр. сочинений. М.: Наука, 1971. – т.3.
2. Шредингер Э. Наука и гуманизм. – М.: РХД, 2001, 68 с.
3. Бор Н. К вопросу об измеримости электромагнитного поля. / Избр. науч. Труды. – М.: Наука, 1971. – т.3.
4. Барыкин В.Н. Связь пространственно-временных симметрий и условий измерения в электродинамике. – Минск, 1985. – 43с. / Препринт ИТМО АН БССР N4.