

С.Н. Артеха

ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ

(критический взгляд)

Электродинамика

Предлагаемая книга состоит из двух частей и посвящена систематическому анализу квантовой механики и современной теории электромагнитных явлений. Обсуждаются некоторые некорректности применения математики в теоретической физике. В данной второй части подробно разбираются многие спорные и недостаточно обоснованные моменты современной теории электромагнетизма: её основ, интерпретаций, математических методов и следствий. Книга содержит анализ ряда электродинамических экспериментов. Всё это показывает недостаточную обоснованность теории электромагнитных явлений и необходимость серьёзной работы над её фундаментом. Также в книге обсуждаются некоторые альтернативные идеи, связанные с электромагнитными явлениями.

Данная книга может оказаться полезной для студентов, аспирантов, преподавателей, научно-технических работников и всех, кто интересуется основаниями физики.

Оглавление

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Предисловие | 6 |
| Введение | 13 |
| Глава 1 Электростатика | 17 |
| Глава 2 Диэлектрики | 21 |
| Глава 3 Электрический ток | 34 |
| Глава 4 Магнитное поле | 43 |
| Глава 5 Уравнения Максвелла | 52 |
| Глава 6 Энергия полей. Сила | 78 |
| Глава 7 Излучение волн | 119 |
| Глава 8 Прохождение волн через среды | 140 |

| | |
|--|-----|
| Глава 9 Движение зарядов в электромагнитных полях | 151 |
| Глава 10 Магнетизм | 165 |
| Глава 11 Сверхпроводимость | 180 |
| Заключение | 182 |
| Приложение: Краткие замечания к родственным и альтернативным теориям | 184 |
| Послесловие | 192 |
| Литература | 197 |

От издательства

Эта книга продолжает серию “Relata Refero” (дословный перевод — рассказываю рассказанное).

Под этим грифом издательство предоставляет трибуну авторам, чтобы высказать публично новые идеи в науке, обосновать новую точку зрения, донести до общества новую интерпретацию известных экспериментальных данных, etc.

В споре разных точек зрения только решение Великого судьи — Времени — может стать решающим и окончательным. Сам же процесс поиска Истины хорошо характеризуется известным высказыванием Аристотеля, вынесенным на обложку настоящей серии: авторитет учителя не должен довлеть над учеником и препятствовать поиску новых путей.

Мы надеемся, что публикуемые в этой серии тексты внесут, несмотря на свое отклонение от установившихся канонов, свой вклад в познание Истины.

Предисловие

*Нет ничего предосудительного в том, чтобы
не следовать за стадом идущих впереди, а
двигаться тем путём, по которому должно идти.
(Сенека)*

В наше время в качестве основных критериев оценки научной деятельности на передний план вышли так называемые формальные признаки (в советское время или в прошлые века это было бы просто смешно!). В погоне за хорошей отчётностью (количеством публикаций и цитирований) многие научные работники забывают, что наука “не терпит суеты”. Согласитесь, что было бы неприятно узнать, что лет эдак через сто теория, которой посвятил всю свою жизнь, окажется ложной . . . Именно поэтому к основаниям науки нужен самый серьёзный и честный подход.

Одна из основных идей написания данной второй части книги — в явном виде озвучить **принципиальные** проблемы, существующие в электродинамике. Конечно, по сравнению с теорией относительности, не имеющей к реальности

вообще никакого отношения и затормозившей надолго развитие науки, электродинамика в той или иной мере является работающей теорией (кто-то даже считает её образцом строгости). Однако при внимательном рассмотрении её основания явно неудовлетворительны. А для того чтобы двигаться вперёд, надо признать существующее положение дел и прекратить “заметать мусор под ковёр”. Только тогда физики смогут думать над существующими реальными проблемами не подпольно, опасаясь неодобрения научного истеблишмента, а открыто, и дело обязательно сдвинется с мёртвой точки.

Конечно, далеко не все учёные забронзовели в своей приверженности когда-то выученным “истинам”. Некоторые даже готовы обсуждать что-то принципиально новое или критически анализировать основы. Автор искренне благодарен Фейнману, который пытается сделать понятной именно физику самого явления (в отличие от “заматематизированного крючкотворства” других теоретиков) и, в результате, вскрывает многие сомнительные моменты излагаемой теории.

Вообще, подход теоретической физики для истинных учёных чреват разочарованиями (а для функционеров — даже переходом к средневековому мракобесию!): им приходится что-то искусственно объявлять всеобщим и имеющим окончательный вид. Однако, как только это “общее” оказывается неверным, то все частные следствия тоже летят насмарку, и всё приходится пересматривать с нуля. Подход же общей физики, как и исторический, имеет преимущество (в плане поиска Истины). Опытные факты всегда останутся таковыми, и в любой момент можно вернуться к той “развилке дорог”, где были иные возможности для обобщения

данных или их интерпретации, и изменить выбор, не затрагивая другие (опять-таки реальные) аспекты явлений.

Напомним разницу между “законом” и “определением”: закон выражает взаимосвязь между физическими величинами, каждая из которых может быть измерена независимо друг от друга и независимо от этого закона способом; всё остальное — определение неизмеряемой независимо способом величины (вспомните высказывание А. Пуанкаре по этому поводу). Поэтому физик всегда должен понимать степень общности (статус) того или иного выражения, уравнения, утверждения, принципа, закона — чтобы чётко представлять себе, что можно от них ожидать, а чего нельзя. Возьмём выразительный пример: закон сохранения энергии. Это даже не принцип, а скорее “Устав”:

Пункт 1. Закон сохранения энергии всегда выполняется; на сегодняшнюю дату (подставьте сегодняшнее число и год) выражение энергии имеет вид

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_{j-1} \quad (1)$$

(подставьте в правую часть все выражения, которые считаются верными на эту дату).

Пункт 2. Если вы обнаружили несохранение энергии на величину E_j , то найдите ей красивое название, прибавьте в правую часть (1) выражение E_j и прочитайте Пункт 1 сначала.

Это, конечно, шутка, но “во всякой шутке . . . лишь доля шутки”. Очевидно, что закон сохранения энергии может помочь упростить решение задачи только в том случае, если **уже известны** причины и механизмы исследуемого явления. В этом случае данный закон просто является первым

интегралом **уже известных** уравнений движения. Если же причины явления не сводятся к ранее известным причинам, то (**теперь уже не**)**известный** закон сохранения энергии ничем помочь не сможет. К нему могут добавиться новые члены: в своё время так было, например, с тепловыми или электромагнитными явлениями. И не стоит бояться “заходить за красные флажки”: в этом и состоит роль исследователя — проверить, “расставлены эти флажки вдоль дороги или поперёк” (за 2000 лет физика “слегка” изменилась, и за следующие 2000 лет тоже может произойти подобное).

Не стоит путать **реальность** и упрощённые **модели её описания**, а тем более абсолютизировать какую-либо теорию. Понятно, что математика завораживает своей строгостью и согласованностью, но важно здесь не обмануть самого себя. Просто надо представлять себе чётко, что наши уравнения, скорее всего, не абсолютно строгие и точные, а лишь приближённые. Поэтому **строго** математическое обращение с ними, как с тождествами, является **обманчивым**. Примеров можно привести множество. Так, например, часто проводят дифференцирование обеих частей уравнения (не говоря уже об явно урезанных — линеаризованных уравнениях) при доказательствах или выводах выражений. Но ведь отброшенные слагаемые (даже неизмеримо малые!) могут содержать быстро осциллирующие члены, которые для производных дают уже сопоставимые (или даже бóльшие) величины, чем от оставленных членов (функция и её производные независимы!). В результате вывод при каких-то значениях параметров может оказаться совершенно неверным. Поэтому операцию дифференцирования (по пространственным и временным координатам) в дока-

зательствах можно применять только к явным **математическим** тождествам. То же замечание относится к примерам использования приближённых функций распределения и уравнений для них. Кроме того, для флуктуирующих величин явно теряется так называемый “квадратичный эффект осцилляций” — квадратичные члены от произведения отброшенных гармоник, не говоря уже о частном случае наличия в системе “перемежаемости”, когда за каждый момент (среднее, дисперсия, куртозис и т.д.) отвечают свои, практически независимые реализации процесса. Так что математические выкладки в физике сами по себе не являются “пропуском в рай” (не гарантируют истинность физических идей).

Теория электромагнетизма (включая проведение всех ключевых опытов!) была создана задолго до возникновения специальной теории относительности (СТО) и не имела в теории относительности (ТО) никакой необходимости (да и сейчас вполне сможет без неё обойтись). Поэтому смешно изображать дело так, будто СТО — это “вершина электромагнетизма” и излагать суть вопроса в обратном историческом порядке. Это просто издевательство над учёными, честно исследовавшими реальные явления, а не мысленные комбинации крючков данной лжетеории (см. критику ТО: [1], <http://www.antidogma.ru>). При определении своего отношения к любым лжетеориям стоило бы помнить высказывание Л.Н Толстого: “Разоблачённая ложь есть столь же важное приобретение для блага человечества, как и ясно выраженная истина”.

Данная вторая часть книги ставит следующую цель — дать достаточно подробный критический обзор состояния

современной общепризнанной теории электричества. При этом будет представлена критика внутренних противоречий, неточностей и произвольностей самой электродинамики (то есть её аппарата и фундаментальной теоретической базы), критика современной интерпретации общепризнанных базовых электродинамических опытов (работающих устройств и т.д.), и будут обсуждены некоторые (не общепризнанные) опыты, противоречащие современным электродинамическим воззрениям. Приложение содержит краткие замечания к некоторым менее распространённым альтернативным теориям. Автор не излагает своих изменений к теории электрических явлений, поскольку считает, что подобные работы должны публиковаться в рецензируемых журналах, но ряд конструктивных идей разбросан в виде замечаний по всей книге.

Данная книга рассчитана на физиков, в первую очередь, специалистов в соответствующих областях, и построена на основе последовательности критических замечаний к наиболее известным (лучшим) учебным курсам с указанием соответствующих страниц. Причём, это не претензии к конкретным учебникам (просто надо же на что-то опираться); те же самые моменты (идеи, приёмы и методы) можно было бы проследить и по иным учебникам и книгам. Автор приносит извинения, но, к сожалению, подробное цитирование абзацев, формул, рисунков и т.д. из критикуемых учебников сделало бы настоящую книгу просто “неподъёмной” ни по формату, ни по возможности издания. Поэтому, хотя во многих случаях суть обсуждаемых вопросов понятна, в некоторых случаях при чтении желательно иметь под рукой рассматриваемые общедоступные учебники (ссылки в кни-

ге, как правило, даются на начало обсуждаемого параграфа). Автор не ставил себе целью “подробно разжевать” все существующие проблемы, но лишь тезисно обратить внимание исследователей на многочисленные нестыковки, пробелы и противоречия обсуждаемых разделов физики (некоторые ключевые слова и фразы отмечены автором восклицательным знаком или выделены полужирным шрифтом, в том числе в цитатах). В книге, в основном, приняты достаточно дипломатичные формы сомнения в обоснованности существующих теорий. Лишь бы обратили внимание на подобные сигнальные фразы и задумались самостоятельно над возникшими вопросами. Тогда только появится надежда, что дело сдвинется с мёртвой точки. Книга может рассматриваться и как Программа необходимых дообоснований, изменений и доисследований теории электромагнитных явлений. Итак, приступим к анализу теории электричества — в добрый путь познания!

Введение

*Моё дело — сказать правду,
а не заставлять верить в неё.
(Ж.-Ж. Руссо)*

Сделаем замечание общего характера. Вообще говоря, описание явлений с помощью дедуктивных методов теоретической физики является, в некотором роде, ущербным и годится скорее для запоминания студентами, чем в качестве научного метода: необходимо заранее знать результат, чтобы вывести его из “общих принципов” (да и любое обнаружение новых эффектов сразу приводит к изменению некоторых из этих самых “общих” принципов, что заранее никак не обсуждается и не предвидится).

Мы переходим к обсуждению огромного раздела физики, изучающего электрические и магнитные явления, раздела, который многим учёным кажется образцом строгости и обоснованности и достижения которого достаточно общеизвестны и бесспорны. Несомненно, это — работающая теория и подавляющая часть опытов, идей, методов и наработок останется в копилке науки. Но здесь тоже не всё так блестяще, так как в этом разделе физики присутствует достаточ-

но много спорных моментов и проколов, о которых физикам желательно знать. Тогда, возможно, решения и обоснования удастся найти быстрее.

В данном параграфе начнём с предварительных замечаний. Введение термина “положительные и отрицательные заряды” — не более чем **один из способов описания** притяжения и отталкивания. Однако подобный способ всегда порождает вопрос: как эти куски удерживаются вместе и не разлетаются? Отсюда возникает необходимость введения новых сил, удерживающих одноимённые заряды в компактных объектах, или, что ещё хуже, искусственного притяжения точечных объектов, приводящих к бесконечным величинам для ряда физических характеристик.

Идеология поля предполагает невозможное: внесение пробного заряда вовсе не влияет ни на что (ни на заряды, ни на тела, ни на их движения). Как, например, удержать вещество от поляризации? Вообще говоря, идеология поля сталкивается с трудностями уже при количестве тел большем или равном двум!

Идея об эквивалентности ядерных сил [3, с.164] между р-р, р-п и п-п, скорее всего, строго неверна, так как тогда существовали бы более компактные и более тяжёлые изотопы (с большим количеством нейтронов), а на самом деле для каждого элемента существует свой ограниченный ряд изотопов.

Сама идея Берклеевского курса физики “увязать изложение с ТО и квантовой механикой” настораживает: как может экспериментальный предмет (вечная Природа) зависеть от чисто теоретических умозаключений (выкрутасов)

конкретного сегодняшнего времени?

На примере нашей единственной Вселенной мы повсеместно наблюдаем асимметрию между материей и антиматерией (пока не понятую теоретически). Возможно, слабая асимметрия существует и на более глубинном уровне. Поэтому не стоит строго постулировать полную зарядовую симметрию частиц и античастиц [4, с. 19] (вполне может существовать исчезающе малая разница в зарядах и не один “элементарный заряд”, а несколько величин, или, вообще ни одной). Например, существуют гипотезы о наличии у света малого заряда (пока такая малая величина экспериментально не обнаружима). Для определения величины заряда существует только один способ — силовой. Поэтому, в утверждении о **сохранении заряда** надо указывать, что **все заряды должны** (“симметрично”) **покоиться**, поскольку электромагнитная сила зависит от скорости движения заряда (и надо ещё определить, экспериментально к чему относить эту зависимость — не к заряду ли?). Структуру и свойства заряженных частиц (само существование заряда) пока не объяснили ни классическая, ни квантовая механика, так что не стоит искусственно какую-то одну из теорий возвышать, в то время как вторую — принижать, а надо без эмоций взвешивать все плюсы и минусы данных теорий.

В учебнике [5] многие вопросы “вывернуты наизнанку”: вращение диска, очевидно, доказывает противоречивость СТО (так как сокращение длин приписывается кинематическим свойствам пространства), а никак не необходимость “сложных деформаций”; абсолютно твёрдое тело в классике лишь означает, что от его малых деформаций можно отвлечься при описании некоторого конкретного явления;

природа никак не ограничивает скорость передачи воздействий (а со скоростью c распространяются только ! электромагнитные взаимодействия); да и точность элементарных частиц — очевидная (и экспериментально давно опровергнутая) глупость СТО, а никак не требование Природы.

Перейдём теперь к последовательному анализу данного раздела физики (теории электромагнитных явлений).

Глава 1

Электростатика

Начнём с самого простого — с электростатики. К сожалению, ни идеология поля, ни идеология потенциала не помогают наглядно решать даже электростатические задачи для случая более одного тела (уравнения остаются уравнениями для формального решения).

Утверждение Фейнмана, что “электростатика — это есть закон Гаусса плюс...” может означать только одно: уравнения электростатики недоопределены (не самодостаточны).

Утверждение о невозможности равновесия в электростатическом поле — это утверждение чисто для модельной задачи, так как реальные электроны и протоны обладают кроме заряда ещё и магнитным моментом (не существует чистой электростатики для частиц со спином). И почему равновесие должно быть статическим (при температуре абсолютного нуля что ли?), а не динамическим? Ведь твёрдое тело удерживается электромагнитными силами, и мы можем его использовать для фиксации. Да и сам факт су-

ществования ионных кристаллов противоречит подобному утверждению.

Строгость уравнений электростатики в вакууме в точности равна строгости единственного закона — закона Кулона в вакууме, и начинать изложение следует, конечно же, с закона Кулона в вакууме. Однако прежде чем делать какие-то абстрактные обобщения на случай наличия вещества, нужно определить, что же мы понимаем под полем (абстрактное же введение величины \mathbf{D} сразу зарубает общность уравнений). Единственная возможность — идти, как и в случае вакуума, используя силовой подход. Тогда под силой, действующей на заряд в диэлектрике, если он не жидкий и не газообразный (когда не возникает проблем), надо понимать силу, действующую на заряд в полости (слегка большей размеров заряда), которая вырезана в данном диэлектрике. Но тогда лучше (и правильнее) исходить из закона силы

$$F = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon(r, X, Y, Z) r^2},$$

где в общем случае функция ε зависит теперь и от геометрических характеристик образца. Отсюда можно получать дифференциальные обобщения для наиболее используемых частных случаев (и только такой подход будет без обмана). В реальной физической ситуации (а не для модельных математических задач) переход от экспериментально проверяемого конкретного закона Кулона к дифференциальным уравнениям в частных производных несколько сомнителен, так как требуются дополнительные ! условия (начальные условия при переходе к электродинамике, граничные условия, условия калибровки), которые не определяются из первых принципов (например, калибровка). Кроме того, напри-

мер, реальные граничные условия всегда флуктуируют, а ведь практический счёт начинается “с конца” (да и для разных задач убывание на бесконечности различно в решениях, но неотлично на практике). Заранее модулировать решение некоторой симметрией? Но это возможно подсчитать практически только для некоторых частных случаев (а не для произвольной геометрии), да и для них условие симметрии — это наше представление о данном процессе (ещё одно дополнительное условие), которое тоже хотелось бы проверить независимо.

Для электростатики ряд понятий (например, потенциал) можно ввести строго математически [4, глава 2, с. 51], но в общем случае это уже не совсем так. При сужении сферической заряженной оболочки действительно можно строго (математически) ввести функцию для энергии поля, просто в этом частном случае поле в остальной части пространства не меняется. А в общем случае существуют “объяснительные” трудности: если мы из нейтральной системы образовали две заряженные системы, то очевидно, что на это **сразу** затрачена некоторая энергия (появилась новая ненулевая потенциальная энергия данной конфигурации), но ведь поле начнёт устанавливаться **во всём пространстве**, да ещё и **постепенно**. Как же быть с равенством потенциальной энергии и энергии поля по всему пространству? Ведь при обратном воссоединении (нейтрализации) тоже достаточно удалённые (бесконечно) области смогли бы оказать влияние только через большой промежуток времени, но к этому моменту система уже будет нейтральной и вовсе не сможет взаимодействовать с полем.

Если быть предельно строгим, то дифференциальная

форма закона Гаусса выводится при **фиксированной** конфигурации, и то, что её можно вывести для любого объёма не обеспечивает равенство подинтегральных выражений из равенства самих интегралов! Почему мы обязаны считать вещество “амёбообразным”: сколько не добавляй, ничего в нём не меняется (качественно)? Почему необходимо **постулировать**, что система в целом “не чувствует” своих собственных границ? Вполне могут быть периодические добавки, зависящие от свойств системы в целом (в частности, от её размеров, и которые при каждом новом объёме будут **НОВЫМИ**). Например, это может соответствовать некоторым собственным колебаниям системы (типа стоячих волн) или отражать статическую периодичность структуры. Таким образом, дифференциальная форма является менее строгой, чем экспериментальный закон Кулона. Аналогичное замечание можно сделать к теореме Стокса.

Таким образом, даже начальный взгляд на такой достаточно простой раздел, как электростатика, уже вызывает некоторые вопросы.

Глава 2

Диэлектрики

Перейдём теперь к диэлектрикам. Равенство величины поля в щелях в диэлектрике либо \mathbf{E} , либо \mathbf{D} в зависимости от ориентации щели не устанавливалось экспериментально (так как мы имеем здесь дело не с законами, а с определениями); это равенство только декларируется на основе веры в уравнения электростатики [3, с. 225]. Многие задачи (даже для обычной воды) “решались” после подглядывания в ответ (в чём же предсказательная сила теории?). Аналогия с жидкостью [3, с. 250], если следовать историческому пути, была обратной — уравнения электродинамики (а, значит, и их решения) были введены по аналогии с поведением идеальной жидкости.

То, что потенциал поля в диэлектрике равен сумме потенциалов [6, параграф 21, с. 104] — гипотеза (так как возможен ещё и потенциал взаимодействия), не говоря уже о том, что точное поведение потенциала связанных зарядов на малых расстояниях тоже неизвестно. Утверждение, что связанные заряды в диэлектрике при равномерной поляри-

зации сосредотачиваются на поверхности — чисто формальное (математическое), так как зависит от точности измерения этих величин и размеров, по которым мы усредняем в реальности (точнее, усредняет сам прибор). Утверждение, что в отсутствие внешних полей поляризация равна нулю, тоже зависит от точности измерений и масштабов усреднения: просто при пиро- и пьезоэлектричестве эти явления явно обнаруживаются в макромасштабах и выпадают из общих предположений (прокол), поэтому о них нельзя не упомянуть. Пропорциональность поляризации величине поля — тоже зависит от масштабов (размеров ближнего и дальнего порядка).

Поскольку единственной реально измеримой величиной оказывается действующая сила, то введение любых дополнительных величин (например, электрической индукции \mathbf{D} в диэлектриках) — просто определение (математическое) некоторой новой величины, и вряд ли представляет самостоятельный интерес для физики поведение этих функций и их графическое представление [6, с. 112]. Зависимость \mathbf{P} от \mathbf{E} в общем виде не может быть определена (и может оказаться сложнее, чем тензорная зависимость). “Полная система уравнений электростатического поля” [6, параграф 22, с. 108]

$$\mathbf{E} = -\text{grad}\varphi, \quad \mathbf{D} = \varepsilon\mathbf{E},$$

$$\text{div}\mathbf{D} = 4\pi\rho, \quad D_{2n} - D_{1n} = 4\pi\sigma$$

- весьма ограничена: в ней свойства диэлектриков и распределение зарядов задаются не самосогласованно и произвольно, а поля (силы) — будут те, какие получатся (расчётные). Даже с математической точки зрения система верна только

при непрерывности потенциала и при определённом поведении поля на бесконечности, в то время как в физической реальности всегда некоторые силы будут существовать при более широких условиях (однозначность системы тоже доказана при определённых ограничивающих предположениях). Система не описывает диэлектрики и поле при наличии сегнето- и пьезоэлектричества (а ведь в идеале описание единого явления должно быть единым).

Может ли существовать в Природе однородный диэлектрик ($\varepsilon = const$) [6, параграф 23, с. 113], сохраняющий свои свойства при неоднородном поле $\mathbf{E}(\mathbf{R})$ — вопрос к Опыту. И заодно стоило бы прояснить, как экспериментально предполагается измерять это самое ε : если через закон Кулона (а, по-видимому, это единственный способ), то именно через закон Кулона и надо вводить определение ε (и обобщать его на случай произвольных неоднородных и нелинейных сред). Удобство же работы с математическими символами для физики — дело второстепенное (если, разумеется, исходить из практических потребностей реальных экспериментов, а не из желания иметь несколько чисто “академических” математических решений без привязок к реальности). Вообще говоря, введение коэффициента ε , характеризующего среду, предполагает, что все заряды, включая пробный, **погружены** в эту **среду**, а её размеры намного превышают расстояние между наиболее удалёнными друг от друга зарядами. Тогда можно вводить определение ε через закон Кулона. Если же это не так, то мы имеем не среду, а тело и надо дополнительно учитывать его геометрические характеристики и взаиморасположение с зарядами. Идеология “погружённости” в диэлектрик предполагает, что градиент поля заря-

дов при погружении в диэлектрик меняется несущественно на расстояниях порядка расстояния между теми молекулами диэлектрика, которые “разделил” некоторый введённый между этими молекулами заряд (иначе надо учитывать дополнительные поляризационные заряды).

Расчёт поля точечного заряда в диэлектрике [6, параграф 23, с. 113] выполнен приближённо, так как заранее предполагает возможность однородной поляризации в неоднородном поле, что неочевидно (не учитывается возможность возникновения неоднородной плотности зарядов $N(\mathbf{r})$).

Замена межмолекулярного поля, значительно меняющегося по амплитуде (и наиболее существенного для соседних молекул), некоторым “медленно” меняющимся средним (более слабым) полем [6, параграф 28, с. 129] — правдоподобная гипотеза, действующая случайно для некоторых веществ и так же случайно не действующая для других веществ (поэтому обобщение формулы Лоренц-Лорентца для диэлектрика с диполями часто неверно — не подтверждается экспериментально [6, параграф 29, с. 133]). Вообще, смысл всех этих теоретизирований мог бы быть только тогда, когда из первых принципов (а не из подсмотренного в эксперименте ответа) можно установить численные значения коэффициентов. Но этого в учебниках (да и в теории) пока нет!

Странно, что в реальности диэлектрик (твёрдый или жидкий в оболочке), помещённый между заряженными пластинами, увеличивает (!) силу притяжения между ними, а не уменьшает, как, казалось бы, должно быть, если вспомнить закон Кулона и понятие ε . Но если диэлектрик жидкий, и пластины полностью помещены в диэлектрик, то сила

притяжения уменьшается (!). Почему поменялся смысл величины ε (см. [7])? По-видимому, это вопрос о том, принцип суперпозиции действует только в вакууме, или же в среде — тоже (либо кроме суперпозиции полей играет роль экранировка поля самими атомами и молекулами)? Дело в том, что перемещения (даже виртуальные) и измерения могут проводиться только **между** дипольными молекулами, а в этом случае из рисунка 2.1 видно, что поля увеличились (и силы!): так как наикратчайшие расстояния будут

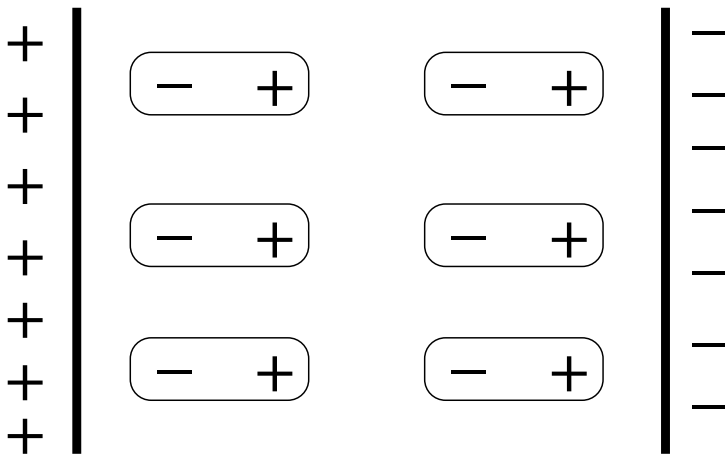


Рис. 1: Поле между диполями.

до зарядов противоположного знака (да и если оценивать по потенциалу, то тоже — вместо нулевого градиента добавился градиент нужного знака, увеличивающий поле). Но в случае **полного** погружения в диэлектрик, казалось бы, при чистой суперпозиции силы **вообще** не должны были измениться (либо должны были измениться очень слабо, так

как расстояние друг до друга от диэлектриков **за** пластинами относительно велико). Следовательно, надо учитывать **экранирование!** Только в этом случае ε может считаться константой (и не появится заметной **новой** зависимости от расстояния). Аналогично, интересен вопрос о влиянии веществ на магнитное поле (почему существуют и диа- и парамагнетики; также, согласно используемым уравнениям, аналогия ферромагнетизма и остаточной поляризации, казалось бы, должна быть более полной).

Понятие диэлектрической проницаемости в [4, п.9.1, с. 294] вводится с помощью ёмкости конденсатора и предполагает **полную микроскопическую однородность всей среды** (включая сами пластины!) и пренебрежение краевыми эффектами (это влечёт методическую ограниченность). По сути, любой из методов строго говоря представляет собой введение некоторого **эффективного** ε для данной конфигурации (а переход к $\varepsilon(x, y, z, t) = const$ осуществляется только **чисто математически**). Естественно возникает вопрос, какие из величин сохраняют свой (теоретический и) экспериментальный смысл в более общем случае? И далеко не очевиден переход от такого **вводимого искусственного желе** $\varepsilon = const$ к реальной микроскопической структуре вещества (скорее, здесь просто каждый раз происходит присваивание величинам нужного численного значения), то есть мы имеем не строгое, а приближённое описание явлений (каждый раз с нужными “правдоподобными заклипаниями”).

Мультипольное описание [4, п.9.2, с. 297] **приближённо верно** только для больших расстояний от системы зарядов. Даже для диполя, которым постоянно пользуются теорети-

ки: “реальный” диполь —

$$q \rightarrow \infty, \quad \mathbf{r} \rightarrow 0, \quad q\mathbf{r} = \text{const}$$

– неосуществим в Природе. Неточным является предположение о неизменности расстояний между зарядами диполя. Вообще говоря, квантовая механика — это опровержение электродинамики в микромасштабах, и ссылаться здесь на неё для “правдоподобных заклинаний” в пользу электродинамики не корректно (естественно, для электродинамики остаются практические вопросы: можно ли рассматривать каждый атом как статическое распределение сферически симметричного электронного облака вокруг ядра с $\mathbf{p} = 0$ и др.).

Когда в [4, п. 9.8, с. 315] “собирают” плотность поляризации из N молекулярных диполей, то в этом есть доля хитрости. Молекулы находятся в беспорядочном поступательном, вращательном и колебательном движениях, между молекулами есть пространство и т.д. Поэтому можно только утверждать “по факту”, что устанавливается некоторая **эффективная** поляризация, зависящая от **геометрии** опыта (и связь её с микровеличинами остаётся скрытой!), да и приравнение поля поляризованного вещества и поля двух заряженных слоёв — лишь некоторое приближение. Все заряды в атомах и молекулах находятся в движении. И с учётом **сохранения орбитального и спинового момента** чисто с точки зрения общепринятой электродинамики вряд ли можно утверждать, что внутри вещества $\text{rot}\mathbf{E} = 0$. Скорее может быть либо $\langle \text{rot}\mathbf{E} \rangle = 0$, либо $\langle \text{rot}\mathbf{E} \rangle = \text{const}$ и практически не меняется в статических полях (и не влияет на данный опыт). Поэтому выражение $\langle \mathbf{E} \rangle = -4\pi\mathbf{P}$ является

просто **определением** эффективной поляризации, также как выражения [4, п.9.9, с. 321] $P = \kappa E$ и $\varepsilon = 1 + 4\pi\kappa$ являются всего-навсего **определениями** некоторых величин ε и κ (вспомните общее различие “в статусах” между уравнением, из которого можно нечто получить, и определением, из которого ничего получить нельзя, так как оно само вводит в обращение новую величину). Из выражения закона Кулона в веществе (жидком ! масле) следует [4, п.9.12, с. 330], что сила (или поле) ослабевает в ε раз. Фраза о том, что заряд внутри любой сферы будет меньше Q не совсем очевидна (зависит от устройства молекул): если сфера содержит все “целые” молекулы (суммарный заряд каждой молекулы тождественно равен нулю), то итоговая величина будет в точности равна Q . Не очевидно, что сила должна убывать всегда: если в цепочке

$$\dots \rightarrow q \rightarrow \rightarrow Q \leftarrow \leftarrow \dots$$

мы поместили пробный заряд q , то для него наиболее сильное влияние должно быть от ближайших соседей, и оно должно усиливать поле (по крайней мере, такое тоже в итоге может быть). Далее, описание с минимальными изменениями пытаются применить к случаю $\varepsilon = const$. Например, выбор

$$\operatorname{div}(\varepsilon \mathbf{E}) = 4\pi\rho_{\text{своб}}$$

и произвольный выбор описания

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = 4\pi(\rho_{\text{своб}} + \rho_{\text{гран}}).$$

Всё это описание применимо **только** в случае полной погружённости заряда и пробного заряда в диэлектрик (жидкий!). А переход к произвольной функциональной зависимости $\varepsilon(\mathbf{r}, t)$ и произвольной геометрии неосуществим в общем

случае. Введение величины \mathbf{D} — это просто очередное новое определение. По сути, чтобы избежать “каверзных” вопросов о пьезо- и сегнетоэлектриках, вводится и само понятие диэлектрика как “вещества, в котором $\mathbf{P} \sim \mathbf{E}$ ” [4, п.9.12, с. 333], но различать вещества по данному признаку мы можем лишь *post factum*.

Определение плотности энергии поля как εE^2 [4, п.9.14, с. 338] имеет те же самые ограничения: $\varepsilon = const$ всюду! В большинстве случаев механизмы поляризации конкретного нового вещества неизвестны заранее (даже для льда, что признаётся в [4, п.9.17, с. 346]), и разделить полный ток на ток свободных и связанных зарядов затруднительно (существует неоднозначность: величин две, а результат — один), поэтому предсказательная сила теории для новых веществ невелика.

Введение вместо \mathbf{E} нового вектора \mathbf{D} (неопределяемого экспериментально без дополнительных интерпретаций) и определение теоремы Гаусса для диэлектриков в [8, п.13, с. 63] является просто постулативным: можно подумать, будто одно скалярное уравнение может помочь определить (найти) две векторные величины (шесть переменных).

Учебник [8] (достаточно хороший по уровню материала и по набору задач) вряд ли предназначен для размышления над фундаментальными вопросами, а, скорее, лишь для запоминания студентами правдоподобного пути получения заданных (известных) фиксированных результатов. Он не позволяет отследить те изменения, которые могут произойти, если некоторые положения, принятые на веру, окажутся неточными. Ряд выкладок также не отличается математической строгостью.

Как правило, многие явления взаимосвязаны и искусственная попытка выбрать путь перехода к конечному состоянию путём фиксации тех или иных параметров заведомо нестрога (например, не каждый такой процесс будет обратимым), да и Природа выбирает не произвольный путь перехода, а единственный процесс. Также нестрогим является использование в качестве диэлектрика “идеальной” среды: несжимаемой жидкости с постоянной (ни от чего не зависящей) диэлектрической проницаемостью.

При описании поляризации полярных диэлектриков [8, п.36, с. 148] оценка слабости индуцированного момента сделана для среднего Максвелловского поля \mathbf{E} , но микроскопическое поле при упорядочении может существенно отличаться, и нужна оценка влияния за времена действия такого усиленного поля (это скорее имеет отношение к адекватной **интерпретации** количественного значения параметров среды, так как именно такую информацию отсюда извлекают).

Полной теории сегнетоэлектриков пока нет [8, п.39, с. 162]. Вряд ли имеет большой смысл качественное замечание о решении

$$(1 - Na\beta)\mathbf{P} = N\beta\mathbf{E},$$

где a - постоянная, β - поляризуемость молекулы, N - число молекул в единице объёма, так как “решение” $(1 - Na\beta) = 0$ - всего лишь одна “точка” для $\mathbf{E} \equiv 0$ (а если при этом окажется $\mathbf{E} \neq 0$, то поляризуемость получается бесконечной!). С учётом же флуктуаций всегда $\mathbf{E} \neq 0$. Теория Гинзбурга (на основе теории Ландау) **предполагает**, что мы имеем фазовый переход II рода, что его можно описать с помощью

термодинамического потенциала, разложенного в точке перехода по степеням поляризации (это опять-таки предполагает непрерывность \mathbf{P}). Подобные “теории” вовсе не исследуют **физические** механизмы явления, а просто искусственно “подбирают” математические уравнения с решениями, **похожими** на измеренную заранее зависимость.

При выводе выражений для электростатического поля в диэлектриках в [9, п.6, с. 59] вводится искусственно величина \mathbf{P} как $\langle \rho \rangle = -\text{div}\mathbf{P}$. Во-первых, для искусственно вводимой величины условие $\mathbf{P} = 0$ вне тела (и на границе!) — является дополнительным условием. Во-вторых, величина \mathbf{P} - неоднозначная величина, так как “выделена” из равенства нулю интеграла (а таких способов выделения - множество). В-третьих, опять равенство $\int \langle \rho \rangle dV = 0$ для тел любой формы не означает независимость $\langle \rho \rangle$ и \mathbf{P} от формы! Это ещё одна дополнительная гипотеза. Также непонятно для данного определения, чем же в нём выделены диэлектрики по отношению к металлам (почему для последних нельзя ввести подобную искусственную функцию \mathbf{P} ?).

При выводе термодинамических соотношений для диэлектриков в электрическом поле [9, п.10, с. 73] это поле представляют созданным зарядами на проводниках вне диэлектрика. При этом считают: раз в окончательное выражение входит только поле внутри диэлектрика, то выражение не зависит от происхождения поля. Однако это требует доказательства, так как при одном и том же поле внутри диэлектрика, но при разной конфигурации проводников **изменения поля** в окружающем пространстве **от присутствия диэлектрика** могут быть разными (ещё в зависимости от этого могут оказаться разными объём диэлектрика,

распределение температуры внутри него и другие параметры). Использование термодинамических соотношений **уже требует** знания всех конкретных свойств тела (и материала), то есть их **предварительного** исследования (измерения), и опять встаёт вопрос о предсказательных возможностях теории (напомним, например, об электрострикции). Особенно остро этот вопрос проявляется для кристаллов [9, п.13, с. 87] (включая пирозлектрические, сегнетоэлектрические и пьезоэлектрические кристаллы): слишком много требуется строгих предварительных знаний для последующего использования теории.

При выводе электрических сил в жидком диэлектрике [9, п.15, с. 96] не уточняется — ограничен или безграничен диэлектрик, ведь в случае ограниченного диэлектрика может проявляться влияние его формы (поддерживаемой, например, силами извне). Приближением также является отображение возможных зависимостей от градиентов температуры. Не доказана необходимость считать, что при виртуальном перемещении потенциал проводника остаётся неизменным, а деформация диэлектрика является изотермической. Также без доказательства предполагается, что каждая частица вещества перемещается вместе со своим значением потенциала (он что — “вмороженное” свойство вещества?).

Непонятно и “значение” формулы (15.11) из [9, п.15, с. 100]:

$$P_0(\rho, T) - P_{atm} = \frac{\rho E^2}{8\pi} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T - \frac{\varepsilon - 1}{8\pi} (\varepsilon E_n^2 + E_t^2).$$

Утверждается, что это уравнение определяет “плотность жидкости вблизи её поверхности по напряжённости поля

в ней". Но ведь получается, что надо знать распределения $T, P_0, \varepsilon, \mathbf{E}$ для определения плотности ρ : а не проще ли измерить саму ρ ? Если же измерить независимым образом всё это нельзя, то как проверить верность этой формулы? Таким образом, все выражения, в том числе для величины объёмной силы \mathbf{f} в данном параграфе, являются приближёнными (приближённо верными при определённых условиях).

Таким образом, хорошо знакомая и привычная всем теория диэлектриков при внимательном рассмотрении вызывает некоторое неудовлетворение и вовсе не кажется единственно возможной, общей, алгоритмичной и строго обоснованной.

Глава 3

Электрический ток

Перейдём теперь к понятию электрического тока и анализу связанных с этим явлений. Начнём с полей в металлах.

Вообще говоря, доказательство отсутствия поля внутри полости [3, параграф 10, с. 106] — нестрогое, так как мы не учитываем, что металл удерживается каким-то образом как целое (или это внешние силы?). Иначе точно так же можно нарисовать другой рисунок (Рис. 2.2). В контуре оказывается $\operatorname{rot}\mathbf{E} \neq 0$, ну и что отсюда следует? Здесь так же, как в электростатике при наличии твёрдых тел (фиксаторов), может быть всё, что угодно.

По сути, закон Ома — это определение некоторой неизвестной величины R , которая зависит от материала объекта, от его геометрических характеристик (если точно — то не так уж и просто), от температуры, давления, влияния внешних и внутренних полей и др. И тот факт, что идентичные формулы [6, параграф 35, с. 169] закона Джоуля

$$Q = RJ^2 = J(\varphi_1 - \varphi_2) = J \int_1^2 E_s ds$$

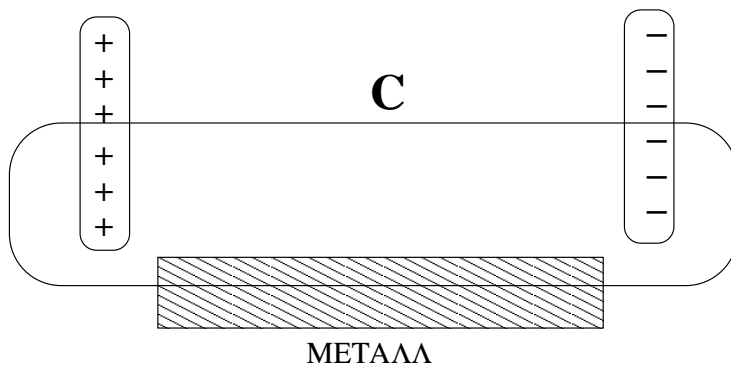


Рис. 2: Поле внутри полости.

имеют разную область приложимости, говорит о приближённом характере ведённых понятий (средних). Аналогично, выражение для плотности тока $\mathbf{j} = \lambda \mathbf{E}$ есть определение величины λ . Хотя его называют дифференциальной формой закона Ома, оно вряд ли имеет статус закона (да и выведено оно в определённых предположениях). Вообще говоря, из опытных макроскопических уравнений нельзя однозначно получить “микроуравнения” (точные) — всегда это будет лишь один из возможных вариантов. Опять декларативно заявляется о разной степени общности совершенно одинаково полученных уравнений (т.е. одной степени общности) для величины удельной мощности тока:

$$q = j^2/\lambda = \lambda E^2 = \mathbf{jE}$$

(декларируется наибольшая общность первого уравнения).

Для условия стационарности токов, для уравнения непрерывности и для нитей тока [6, параграф 37, с. 176] заранее предполагается, что:

1. токи являются нейтральными;

2. нет “механически” закреплённых зарядов;

3. эффект границ и материала (квазиупругое воздействие) не учитывается явным образом. Иначе — не всякое изменение поля или перераспределение зарядов вызывает изменение тока; токи могут быть “полузамкнутыми” — с рождением и уничтожением заряженных “струй”. Постулат “сохранения электричества” — это некоторый выбор описания (выборы же могут быть разные, лишь бы “реперные предсказания” совпадали с экспериментально наблюдаемыми явлениями, а промежуточные “ненаблюдаемые сущности” могут быть при этом произвольными). Доказательство, будто в случае постоянных токов плотность свободных зарядов равна нулю — неверно: а если, например, мы сразу возьмём ненейтральные токи (пучки)?

По поводу сторонней ЭДС [6, параграф 38, с. 180] — описание электрических явлений и свойств должно быть единым:

1) вспомним про сверхпроводимость — в этом случае ток есть, сторонней ЭДС нет, сопротивление равно нулю;

2) так как считается, что магнитное поле вызывается токами, то существование постоянных магнитов без затрат энергии доказывает, что необязательно наличие ЭДС для тока;

3) да и сам атом тоже подтверждает, что наличие ЭДС не обязательно. Для ненейтральных токов вообще нужны более чёткие определения. Добавление к \mathbf{E} ещё и \mathbf{E}_{ext} вызывает вопрос: а какое поле реально измеряется на данном участке? Или обе эти величины — вспомогательные — лишь для удобства теории?

В [6, параграф 40, с. 191] для объяснения опытов Толме-

на используют общее уравнение переменных токов, то есть все “правдоподобные” предыдущие рассуждения и не проверяются. Предполагается, что в конечный момент и ток и ускорение равны нулю, но ведь строго это неверно — так как будет запаздывание (релаксация во времени). Далее, сопротивление может быть функцией процесса $R(\omega)$; да и инерциальность гальванометра может влиять на измерение переменного $\int J dt$, и, кроме того, надо учесть влияние метода соединения катушки с неподвижным гальванометром (через скользящие контакты), то есть результат — очевидный и не количественный, а лишь качественный.

Интересный вопрос: поле \mathbf{E} практически не распространяется (очень быстро затухает) в диэлектриках (в воздухе, например) и вакууме (выключенный утюг не греет), а в металле поле распространяется на значительные расстояния. Каков же механизм поддержания поля в металлах?

Прежде, чем ожидать от классической теории электропроводности количественных совпадений со всеми экспериментами [6, параграф 41, с. 195] и “зарубать” её, надо было бы учесть все факторы:

- 1) электроны не двигаются строго по полю (так как есть ещё поле решётки и поле \mathbf{B});
- 2) рассеяние происходит не “по воле случая”, а по определённым угловым распределениям;
- 3) стартовые величины \mathbf{v}_e не нулевые;
- 4) величины \mathbf{v}_i при столкновениях — тепловые (в среднем);
- 5) средняя кинетическая энергия электронов в данных случаях должна быть расчётной величиной;
- 6) введение неизвестной “буквы” l - длины свободного пробега — ничего нового не вносит;

- 7) с теплоёмкостью — не совсем очевидно, что для металлов и диэлектриков должны быть различия, ведь и там и там электроны находятся снаружи атомных ядер, **фиксированных** в узлах кристаллической решётки, то есть передача тепла в обоих случаях происходит при помощи электронов. Та разница, что в металле электроны считаются свободными, может играть роль только для **скорости** передачи тепла, то есть для теплопроводности. Поэтому оценивать по разности теплоёмкостей величину концентрации электронов — слишком грубо;
- 8) в квантовом случае для длины свободного пробега тоже имеем величину, значительно большую, чем среднее расстояние между атомами;
- 9) зависимость λ от T в классическом случае в явном виде не извлекается вовсе, чтобы можно было что-то критиковать;
- 10) поля на малых расстояниях неизвестны, и, значит, неизвестно точное взаимодействие электронов с решёткой, а ведь только тогда можно было бы построить строгую классическую теорию;
- 11) проводимость металлов тоже должна выражаться единой зависимостью (включая сверхпроводимость), а не гипотезами ad hoc.

Из ненаблюдаемого выражения $\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$ (это не закон, а определение величины σ) можно было бы получить экспериментально наблюдаемое выражение $I = U/R$, но обратный переход не является единственно возможным.

Если верить в механизм проводимости на свободных электронах в законе Ома и в трение, ограничивающее рост скорости электронов, то весьма подозрительным оказыва-

ется широкий диапазон для полей, в котором закон Ома справедлив (то есть σ является константой и связь — линейной). Идеология со столкновениями тоже достаточно парадоксальна, ведь любой атом — это скорее “пустота” и электрону проще было бы пролететь его насквозь, чем с чем-либо столкнуться (то есть ничего “фатального”, вопреки учебнику, здесь нет!). Но это — общая проблема современных теорий строения вещества. Странным поэтому является и **неомичность** контакта двух металлов.

Напомним, что скорость упорядоченного движения электронов — миллиметры в секунду. Поэтому пахнет подлогом, когда вначале [4, п.4.6, с. 136] характерное время τ оценивается из **проводимости** металла в поле, но затем подставляется **тепловая** скорость (а это — сотни километров в секунду) для оценки пути электрона в кристалле. И в итоге получается величина $\sim 30 \text{ \AA}$ — слишком много! Естественно, потому, что к этим величинам τ должна была бы иметь отношение не тепловая скорость, а скорость направленного движения (тогда путь получился бы гораздо меньше). Странным при общепринятом выборе является и увеличение проводимости металлов с понижением температуры. А вот для “дрейфовой модели” (в результирующих полях $[\mathbf{E} \times \mathbf{V}]$) ситуация могла бы оказаться качественно лучше! Также возникает экспериментальный вопрос: какова доля в возникающем магнитном поле на поверхности провода от упорядоченных спинов электронов?

Проникновение ионов натрия сквозь лампу накаливания (!) в электролизе $NaNO_3$ вызывает некоторые вопросы [8, п.93, с. 419]. Почему ионы Na проникают сквозь нерасплавленное стекло, а более лёгкие электроны — нет? Почему

Na не оказывается распределённым внутри по всей стеклянной колбе, а находится сверху над раствором? Почему его нет внутри самого стекла после прекращения электролиза и нейтрализации? Станным кажется утверждение, будто вся энергия тока идёт только на нагрев электролита (джоулево тепло), а на разрушение вещества - ничего. Получается, что если образующиеся продукты (например, H_2 и O_2) могут вступать в последующем в изотермическую реакцию, то можно получить дополнительную энергию?

В Примере 2 [8, п.84, с. 365] джоулево тепло в проводе с током “объявляется” результатом притока электромагнитной энергии из окружающего проводник пространства. А где оно выделяется? **Во всём объёме провода** в процессе протекания в нём энергии? Но тогда, если **рядом** поместить **отрезок** провода (без тока!), а ещё лучше пропустить провод с током внутри отрезка металлической трубы, то **\mathbf{H}** будет тем же, **\mathbf{E}** может оказаться близким. То есть поток энергии, проходящий через участки этого отрезка провода (или трубы), будет сопоставим с потоком через такой же участок провода замкнутой цепи, да и джоулев нагрев должен оказаться близким (уж энергия либо поглотилась, либо не поглотилась!). Однако это не так! Если же считать, что энергия “вся стекает к центру провода” и там выделяется тепло, то сопротивление полых труб было бы почти нулевым, что тоже не так. Так что с трактовкой “воздействий” от вектора Умова-Пойнтинга не всё гладко. А в следующем примере 3 для конденсатора уже используется понятие тока смещения, которое ранее просто было выброшено. Кроме того, вектор Умова-Пойнтинга неоднозначен. Сивухин критикует классическую физику и восхваляет теорию относи-

тельности, но тут же “оказывается”, что электромагнитный импульс был введён Максом Абрагамом ещё до возникновения ТО! Тогда критика выглядит совершенно голословно (каких понятий раньше не хватало?). Теоретики любят приводить примеры (выражение веры), которые никогда (!) не проверялись в эксперименте. Например, при разрядке цилиндрического конденсатора в осевом магнитном поле действительно может возникать вращение, но при этом будут задействованы **конкретные механизмы** изменения состояния движения заряженных частиц **в момент изменения внешних условий**. И такой опыт (даже если бы он был проведён) не доказывал бы существование постоянно “вращающегося” потока энергии (куда, например, делся джоулев нагрев **стоящего** конденсатора?).

В современной методике вычисления величины ЭДС электромагнитной индукции полагают большую проводимость металла, но на опыте ЭДС вовсе количественно не зависит от проводимости, значит, должно быть

$$\text{grad } \varphi \equiv -\frac{\partial A}{\partial t}$$

(то есть $\mathbf{E} \equiv 0!$), но тогда нет самой причины поляризации (З.И. Докторович 1994)!

Выражение $\text{div } \mathbf{j} = 0$ для постоянного тока [9, п.21, с. 137] отражает лишь наше предположение о невозможности отдельной или разделённой генерации зарядов (а только — локальными парами). Связь $\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$ добавляет также новую неизвестную величину σ и всего лишь отражает наше желание выбрать наиболее простую для расчётов линейную зависимость. Выбор $\sigma = \text{const}$ означает, что у нас бесконечная однотипная среда. Выбор $j_{n1} = j_{n2}$ на границе ничем

не обосновывается. Возможность ограниченности проводников и наличия в диэлектриках дополнительных вкраплённых зарядов требует более строгого обоснования граничных условий. Привлечение общего закона возрастания энтропии (термодинамики) к доказательству положительности (микрочастицы) σ выглядит искусственно (не всегда в современной электродинамике работают очевидные вещи: например, несмотря на очевидное движение только отрицательных электронов, иногда приходится считать, что движутся положительные дырки). Также наличие постоянных магнитов доказывает возможность наличия \mathbf{j}_0 для анизотропных тел, а закон возрастания энтропии тут вовсе ни при чём: постоянный ток (пироэлектричество) может быть, например, всегда перпендикулярным внешнему полю \mathbf{E} .

Таким образом, даже такое “инженерное приложение” , как описание электрического тока, не блистает в своём теоретическом описании при пристальном рассмотрении.

Глава 4

Магнитное поле

Перейдём теперь к обсуждению понятия магнитного поля и теоретического описания его проявлений.

Объяснение действия магнитной силы на провод с током [3, параграф 3, с.261] не совсем корректно: положительный остов — ионы — неподвижны (то есть сама проволока), на неё магнитная сила не может действовать. Можно было бы, например, сказать, что электроны сдвигаются к поверхности провода и создают электрическое поле, которое и действует на ионы металла, сдвигая провод.

Разделение на чистую магнитостатику и чистую электростатику слишком искусственно: предполагается, что

- 1) ток нейтрален в целом (нельзя, например, рассматривать электронный пучок);
- 2) мы не можем исследовать одно и то же (!) явление в различных движущихся друг относительно друга системах отсчёта.

Вообще говоря, для идентификации наличия источника или стока вовсе не обязательно, чтобы линии выходили из

точки или входили в точку, так как может присутствовать и перпендикулярное движение. Представьте себе, что ток только начал идти (всегда есть начало процесса). Магнитное поле будет присутствовать только на некотором расстоянии от тока, куда успело дойти возмущение. Но через некоторое время в более отдалённом месте поле тоже проявится в окончательном виде. Например, для прямолинейного тока это будут кольца. Следовательно, кольца магнитного поля не стоят на месте, а расширяются (в данном представлении, если уж они обязаны быть замкнутыми) в направлении от источника. Это тоже некоторый поток от источника.

Со строгим определением магнитного поля тока (поля сил) есть затруднения [6, параграф 42, с. 203]. Во-первых, речь идёт о **нейтральных** токах, а как выделить **неподвижный элемент** нейтрального тока неизвестно. Во-вторых, опять свойства магнитного поля на малых расстояниях неизвестны. В-третьих, формула

$$\mathbf{F} = \frac{J}{c} [d\mathbf{s} \times \mathbf{H}]$$

– не более чем определение напряжённости \mathbf{H} (которых можно придумать много и самых разных), да ещё надо учесть, что сила \mathbf{F} из закона Ньютона — тоже простое определение “буквы” \mathbf{F} (вспомните Пуанкаре). В-четвёртых, принцип суперпозиции в данном случае просто запостулирован дополнительно. В-пятых, закон Био-Савара определяет на опыте интегральную величину, а извлечь из неё выражение для поля элемента тока можно многими способами.

Коэффициент самоиндукции в [6, параграф 52, с. 239] введён чисто формальным образом (в определении в интеграл входит плотность тока). Во-первых, не доказано, что

он конечен (то есть может иметь хоть какой-то физический смысл). Во-вторых, не доказано, что он не зависит от токов (от силы тока), а зависит только от заявленных геометрических характеристик, то есть является константой, характеризующей сам контур (с другой стороны, утверждается, что запись в других учебниках, выраженная через чисто геометрические характеристики не имеет физического смысла, так как обращается в бесконечность). В результате все последующие постулативные определения с использованием самоиндукции (потока Φ , потенциальной энергии) также обладают неясным физическим смыслом.

Магнитные силовые линии [6, параграф 53, с. 243] обладают ограниченным применением в обычной электродинамике не только потому, что физики не желают вводить потенциал для магнитного поля иным образом, или существуют поверхности сплошного заполнения (тор — кстати), из факта касания векторов \mathbf{H}_1 и \mathbf{H}_2 в перпендикулярных направлениях в математике не следует касание к любой поверхности вектора

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_1 + \mathbf{H}_2$$

- эта ситуация только для частного случая, в нашем случае — цилиндрической симметрии, а также потому, что картина предполагает стационарность: $t = \infty$. А в таком случае описание “продолжения” линии во времени — неадекватно. В действительности, если рассмотреть момент включения токов (в отличие от разделения зарядов из одной точки, включение тока всегда присутствует), то надо представлять распространение или/и появление новых силовых линий. В этом случае для тора (вследствие симметрии) **из каждой** точки поверхности тора начинает появляться силовая ли-

ния и “распространяется” она уже **по существующим** силовым линиям (но для наблюдателя такая картина вполне **выглядит** стационарной).

Определение связности [6, параграф 54, с. 248] дано не полное. Например, для 2-х кольцевых токов J_1 и J_2 будут 4 контура, не сводимых друг к другу путём непрерывной деформации (а не 3, хотя область объявлена трёхсвязной): 1) контур, не охватывающий колец; 2) контур, охватывающий ток J_1 ; 3) контур, охватывающий ток J_2 ; 4) контур, охватывающий (через центр) оба тока J_1 и J_2 . Введение предложенным способом фиктивных магнитных зарядов (с помощью перегородок, дополняющих до односвязности) не доказывает отсутствие или существование реальных магнитных зарядов, так как нет доказательства, что их нельзя ввести иным способом. Да и уравнения для полей тоже можно вводить разными способами: вспомним, например, выражения Ампера. Вопрос о существовании монополей, их “математических” (описательных) свойствах и **наблюдаемых** параметрах остаётся открытым.

Введённое понятие магнитных листков весьма ограничено: предполагается линейный бесконечно тонкий ток $J = const$; рассмотрение касается только внешних участков (также нет учёта взаимовлияния разных элементов одного и того же контура). Многозначность же потенциала (вспомогательной функции, множество которых может вводиться разными способами!) неважна, так как смысл имеют только измеряемые физические величины. При сравнении поля соленоида с полем реального магнита (а не с искусственно выдуманными магнитными листками!), вопрос о том, как распределено поле внутри реального магнита, должен ре-

шаться экспериментально.

При выводе индукции токов в движущихся проводниках молчаливо предполагается, что проводник не влияет на внешнее поле, и нет самовоздействия (здесь даже не совсем самовоздействие ! а скорее действие одной части проводника на другие его части). Если выражение для силы в микромасштабах взято не строго точное, а всё-таки содержит “микродобавки” , то даже **интегральные** величины могут измениться для переменных движений. Определение ЭДС индукции только через суммарный магнитный поток для переменных движений, меняющихся размеров контуров и переменных полей — тоже сомнительно (также возникают вопросы для ненейтральных контуров), так как вследствие конечной скорости электромагнитных взаимодействий само понятие “контур” в фиксированный момент времени — несколько неопределённо. Даже с равенством $\mathcal{E}^{ind} = 0$ при $\Phi = const$ есть проблемы для униполярного индуктора и генератора. Не закрыт вопрос и о возможности существования понятия “движущихся полей” (например, вращающихся) [10] и вопрос о возможности наличия у поля инерциальных свойств.

При выводе закона электромагнитной индукции почему-то считается, что величины не должны зависеть от абсолютных скоростей, а только от относительных — но это всего лишь гипотеза. Гипотезами являются и то, что будто бы неважна причина изменения магнитного потока, и то, что играет роль суммарный поток, а не его распределение. Вообще говоря, этот “дух теории поля” (что все величины в точке должны зависеть от поля и его производных **в той же точке**) опровергается явлением гистерезиса (зависимо-

сти от пути перехода в данное состояние). Наличие магнитной среды фактически означает появление в зависимостях абсолютных скоростей (или, как минимум, более двух относительных, что одно и то же). И простая замена $\mathbf{H}_{micro} = \mathbf{B}$ далеко не так проста: разные колебания (по частоте) распространяются и затухают по-разному, нарушается принцип суперпозиции, и результат сильно зависит от способа усреднения. Подтвердить на практике эту формулу для ЭДС [6, параграф 77, с. 355] можно только косвенно — по измерениям силы тока (и в предположении о верности закона Ома). Идея квазистационарных токов приближённо и введена от безысходности — для исключения быстрых изменений, вторичных индукций и хоть какого-то (линейного) приближения к реальности.

Вряд ли можно признать удачным с методической точки зрения вывод ЭДС через **постулированную** (и непроверяемую в микромасштабах) силу, действующую на заряд [4, п.7.3, с. 234]. Её приходится считать строгой “на все времена”, а это слишком завышенная претензия. Если рамка имеет сложную форму (перекрученную), то сразу возникает вопрос при определении потока — какая из поверхностей, натянутых на рамку, является “верной” и почему другие не подойдут? Напомним также, что сохранение потока следует из равенства $\operatorname{div}\mathbf{B} = 0$, которое мы просто **выбрали!** Когда рассматривается прямолинейное движение рамки в однородном магнитном поле, ЭДС не возникает, хотя рамка меняет своё положение. Но если в **однородном** магнитном поле рассматривается униполярный генератор, то ЭДС возникает (сразу бросается в глаза неравноправие “объяснений” и недостаточность “рассуждений” современной электроди-

намики).

Прежде чем “скакать” между разными системами и утверждать, что будет видеть тот или иной наблюдатель [4, п.7.4, с. 241], надо чётко определить, какие из величин (все ли?) могут быть независимо измерены в каждой системе. Говорить об инвариантности Лоренца в опытах Фарадея [4, п.7.5, с. 243] (при столь малых скоростях движения) просто смешно (и не стоит бояться сказать только об инвариантности Галилея). Совсем оригинальные “выкрутасы” с математикой происходят, когда вместо полной производной

$$\frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

подставляют частную производную

$$\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$$

(видели ли математики это?). Ведь ранее все три опыта говорили о независимости от причин изменения потока (то есть о полной производной!).

В выражении самоиндукции для тороидальной прямоугольной катушки из N витков [4, п.7.8, с. 253] странно входит соотношение $\ln(b/a)$, b - внешний, а a - внутренний радиус тора. То есть если

$$b \rightarrow 0, \quad a \rightarrow 0, \quad b/a = \text{const},$$

то индуктивность этой “исчезнувшей” конструкции будет той же самой, что и прежде (конечной). Бесконечно большим оказывается поток через проволочную петлю с проводом нулевого диаметра! В случае же рассмотрения провода

конечного диаметра возникает вопрос: через какую часть проволоки контура рассчитывать поток (и это вопрос практический: всегда ли поток пропорционален току, как в теории?).

Записывать энергию [4, п.7.10, с. 257] через интеграл по **всему полю** не очень хорошо: из одного состояния в другое и обратно систему можно перевести гораздо быстрее, чем удастся “собрать” или же “рассеять” энергию поля во всём бесконечном пространстве.

Методически плохо обоснованным кажется вывод теоремы о циркуляции в [8, п.55, с. 234]. Используется понятие магнитного потенциала, но чуть дальше (при выводе дифференциальной формы теоремы о циркуляции) говорится, что в области, где присутствуют токи, поле **V** является непотенциальным. Тогда весь “вывод” плохо обоснован. Если же считать, что везде, кроме самого провода контура, поле **V** потенциально и только внутри провода не потенциально, то соленоидальным полям остаётся “слишком мало места”. Эквивалентность магнитного поля тока и магнитного листка в пространстве вне тока (при состыковке граничных условий) заставляет задуматься: ведь “внутри тока” будет означать “внутри движущегося электрона”, а всё, что связано с внутренним устройством электрона (в том числе, распределение электрического и магнитного полей) пока остаётся лишь в области наших фантазий (или веры!).

Молекулярные токи в веществе — тоже предмет веры: мы не можем их напрямую измерить, чтобы подтвердить какую бы то ни было зависимость поля **V** от них. Скорее, вид этой зависимости запостулирован заранее (чтобы напоминать законы в вакууме). И с помощью измерения по-

ля \mathbf{B} нам предлагается подогнать **требуемые** значения \mathbf{j}_m . **Следствиями** нашего **выбора** также являются: запись [8, п.59, с. 253] $\mathbf{j}_m = c \operatorname{rot} \mathbf{I}$, определение вектора \mathbf{H} и граничных условий. Иначе, в другой форме для “остального” нашего выбора просто получались бы внутренне противоречивые определения или неоднозначные решения. Таким образом, наш выбор **вовсе не означает**, что Природа устроена именно так, и нельзя вводить другие модели описания! При выбранном способе описания и при наличии неоднородностей среды μ , поле \mathbf{H} даже не означает поля токов проводимости в вакууме (!), так как [8, п.61, с. 260]

$$\operatorname{div} \mathbf{H} = -\frac{\mathbf{H} \operatorname{grad} \mu}{\mu} \neq 0.$$

К вопросу о якобы существующих качественных “отличиях” электрического и магнитного полей заметим, что экранирующие свойства в обоих случаях зависят от свойств среды оболочки: так, например, возможна **полная магнитная защита** от внешнего поля внутри оболочки из сверхпроводника.

Таким образом, внимательный взгляд на теорию магнитного поля выявляет больше фундаментальных вопросов, чем даёт ответов общепринятая теория.

Глава 5

Уравнения Максвелла

Перейдём теперь к “святая святых” , фундаменту всего электромагнитного учения, а именно к уравнениям Максвелла. Уж тут-то точно должен проявиться весь триумф теории электромагнетизма, вся её сила и строгость! Посмотрим повнимательнее.

Начнём со вспомогательного замечания. Принцип суперпозиции искусственно выделенных полей для нелинейного (по \mathbf{v}) релятивистского уравнения движения — вера или определение (а не наука). С учётом идеологии запаздывания принцип суперпозиции даже для двух частиц оказывается бесконечно сложным (декларативным). Релятивизм пытается убить единственно проверяемый силовой подход, а взамен подсовывает абстрактный и непроверяемый полевой подход.

Закон (1.6) из [3, с.18]:

$$\text{Поток } \mathbf{E} \text{ сквозь любую замкнутую поверхность } S = \frac{\text{Заряд внутри неё}}{\varepsilon_0}$$

требует уточнения: S - фиксированная поверхность, неподвижная относительно заряда в течение времени, большего $t = R_{max}/c$, где R_{max} - наибольшее удаление поверхности от заряда. Аналогичное разъяснение требуется для закона (1.8) из [3, с.18]:

$$\text{Поток } \mathbf{B} \text{ сквозь любую замкнутую поверхность } S = 0.$$

А вот “закон” (1.7) из [3, с.18]

$$\text{Циркуляция } \mathbf{E} \text{ по контуру } C = \frac{d}{dt} \text{Поток } \mathbf{B} \text{ сквозь поверхность } S$$

не даёт никакого механизма для такой циркуляции. Во-первых, поток \mathbf{B} можно менять только в центре поверхности S , не затрагивая её края — сам контур C (где же тогда будет причина?), неужели циркуляция \mathbf{E} будет меняться? Во-вторых, где здесь выражен механизм запаздывания отклика по отношению к сигналу? Аналогичные замечания будут для закона (1.9) из [3, с.19]:

$$c^2 \left(\text{Циркуляция } \mathbf{B} \text{ по контуру } C \right) = \frac{d}{dt} \left(\text{Поток } \mathbf{E} \text{ сквозь } S \right) + \frac{\text{Электрический ток сквозь } S}{\varepsilon_0}.$$

Все знаки равенства в дифференциальных уравнениях электродинамики неверны, так как это не уравнения, а запись: **причина вызывает следствие**, и менять их местами или даже переносить их составные части невозможно (хотя это корректно по всем правилам математики!).

Привязывать точность закона Кулона [3, с.103] к разности в энергиях атома водорода в измерениях Лэмба и Ризерфорда — большая гипотеза (обе величины — обобщения теорий, и нет их прямой экспериментальной проверки).

Может оказаться, что внутри проводника есть поле \mathbf{E} (например, если все электроны проводимости уйдут из некоторой области, то в этой области проводник локально перестаёт быть проводником и возможно существование поля \mathbf{E}). Условие $\text{rot}\mathbf{E} = 0$ для электростатики — это не свойство Природы, а чисто теоретическое следствие уравнений Максвелла (дополнительное условие).

Принцип суперпозиции обязан дополнять понятие поля, иначе невозможно разделение поля на внешнее поле и поле пробного заряда и концепция становится бессмысленной (неопределённой или усложнённой). Однако суперпозицию полей можно постулировать только для вакуума (линейной среды). Наличие же нелинейной среды приводит к тому, что отклик среды связан не только с характеристиками внешнего поля, но и с характеристиками пробного заряда. Нет никаких принципов учёта нелинейности среды, и пришлось бы постулировать способ их введения (таким образом, теряется общность уравнений поля).

Фиксация отдельных зарядов (демонами что ли?) — это фантазия; они всё равно растекутся в течение конечного времени, стремясь к **равновесному** состоянию. Далее, если верить признаниям Фейнмана, то никакого особого метода решения задач электростатики с устанавливающимся (не фиксированным извне) распределением зарядов не существует. Например, в методе изображений всё происходит постфактум: вначале решается какая-то отфонарная за-

дача с фиксированными зарядами, и если обнаруживается некоторая **аналитическая эквипотенциальная поверхность**, то делается вид, что решена обратная задача — о заряде вблизи **подобной проводящей поверхности**, то есть теория не является алгоритмической. Теория функций комплексной переменной применима только к двумерному случаю и всё равно это косвенный метод (опять задом наперёд). Остаётся только численный метод.

Вопрос о возможности существования движущихся магнитного поля или электрического поля и их влиянии должен решаться экспериментально, а не на основе безграничной веры в уравнения Максвелла. Так же, как и вопросы о степени электростатической защиты и о распределении тока и полей в проводах (закон Ома).

Введение дополнительных величин, для которых некоторые комбинации не имеют смысла, всегда вызывает определённые сомнения (как теоретические подгонки под закон Тициуса-Боде, но с дополнительными орбитами). Увеличение степени дифференциальных уравнений приводит к необходимости увеличивать число граничных (и/или начальных) условий. А откуда их взять, если они экспериментально не измеряемы? Опять получается подгонка под то, что мы хотим увидеть (а не алгоритмическая теория). Такая ситуация имеет место, например, с введением векторного и скалярного потенциалов [3, с. 280-284], когда для нахождения решения приходится совершенно произвольно налагать дополнительные условия (система уравнений недоопределена), и за счёт этого всегда можно подогнать к желаемому виду (то есть, у теории нет предсказательной силы, так как надо всё время подглядывать в ответ).

Замечание к [11, глава 15, параграф 4]: как потенциалы φ и \mathbf{A} , так и поля \mathbf{E} и \mathbf{B} — условно введённые математические символы (**вспомогательные** величины). Непосредственно измеримыми являются в классической физике: координаты, время (или эталонная частота), масса, сила, скорость. Можно, конечно, градуировать приборы и под другие величины, но это будет зависеть от **веры** в те или иные взаимосвязи, механизмы и интерпретации. Сопоставлять современную электродинамику и квантовую физику [11, глава 15, параграф 5] не совсем корректно, так как они искусственно (постулативно) были разделены. Эффект Ааронова — Бома [11, с.24] скорее свидетельствует о неверности наших представлений о магнетизме, чем об “истинности” векторного потенциала \mathbf{A} . Вообще говоря, целью физики как **экспериментально**-теоретической науки может быть только нахождение взаимосвязей между (всеми) независимо измеряемыми величинами и предсказание следствий из найденных подобных законов. Введение запаздывания [11, с. 30] в интегральные уравнения делает их совершенно непригодными для расчётов даже в случае пустоты, а при наличии вещества, состояние которого может зависеть от процесса распространения электромагнитного поля, уравнения становятся явно недоопределёнными и оставляют возможности подгонки под желаемое (неалгоритмичность теории).

Большинство электротехнических приборов используют один и тот же принцип действия магнитного поля на ток, то есть фактически это один и тот же прибор с градуировками под разные физические величины уже в соответствии с общепринятыми теоретическими интерпретациями. Поэтому невозможно **независимо** измерить с помощью одного при-

бора разные физические величины и проверить какие-либо законы. Хотя в реальности уравнения Максвелла в дифференциальной форме есть следствие одноимённых уравнений в интегральной форме (и только интегральная форма проверяема экспериментально), тем не менее, Фейнман приводит исключения из “правила потока” [11, глава 17, параграф 2, с.53], когда поток сквозь контур не меняется, а ЭДС есть, и, наоборот, когда поток меняется, а ЭДС отсутствует. То есть, теория неалгоритмична — надо знать ответ, чтобы с умным видом объяснить, что это так и должно быть. Более того, по сути идеи, оба примера Фейнмана одинаковы, а результат — противоположен! Также некрасиво выглядит отнесение к совершенно различным уравнениям результата возникновения ЭДС вследствие движения контура или вследствие изменения поля. Всё это говорит о недостаточной завершенности даже базы электродинамики. Далее, удивляет фраза о “достаточной медленности изменения величин” при обсуждении принципиальных вопросов: ведь заранее неизвестно, какая производная наиболее важна — это-то вообще и надо установить экспериментально (подобная же фраза могла бы иметь смысл для уже хорошо проверенной теории при указании, с чем происходит сравнение).

“Передвигающееся поле” от бесконечной плоскости [11, с. 82] — сам по себе нереальный пример, а уж тем более, когда такое движение возникает мгновенно (хотя бы потому, что возникают бесконечные производные и предельный переход может приводить к разным результатам). Искусственное введение совместных правил изменения скалярного и векторного потенциала, а также совместного условия калибровки [11, с. 91], во-первых, констатирует тот факт,

что сила — только одна, а все величины \mathbf{B} , \mathbf{E} , φ , \mathbf{A} - вспомогательные, а, во-вторых, может ограничить или отбросить некоторые решения уравнений Максвелла (а для этого нет никаких теоретических оснований).

Потенциалы — искусственно введённые величины. Также искусственно “взято с потолка” предположение, что потенциалы зависят только от положения и скорости заряда в запаздывающий момент (а не, например, ещё от ускорения). Насколько все вспомогательные утверждения можно возводить в ранг принципов? Методическая ошибка — в [11, глава 26, параграф 2, с. 262] Фейнман описывает изменение поля \mathbf{E} при движении заряда: впереди и позади движущегося заряда поле ослабевает, а по бокам — усиливается, а в [11, глава 26, параграф 3, с. 274] пишет преобразование полей

$$E'_{\parallel} = E_{\parallel}, \quad E'_{\perp} = \frac{E_{\perp}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

и говорит, что это одно и то же. Также вызывает недоумение упоминание “знаменитой задачи определения скорости самолёта” [11, с. 275], если эти расчёты никогда не проверялись (реальные колебания поля по множеству иных причин в сотни вольт не дадут почувствовать эти расчётные микро-вольты), этот эффект не может быть отделён практически.

Вряд ли можно считать дифференциальные уравнения Максвелла более общими, чем опытные макроскопические законы, из которых они “выделены”. Например, использование теоремы Гаусса для математических преобразований весьма ограничено: закон Кулона, из которого выведен поток, проверен лишь для достаточных удалений от (не)точечного заряда (и фактический разброс точности по

координатам сопоставим с размерами частицы). Даже заряд считался несколько идеализированным — фактически усреднённым: нет структуры микрочастиц, они не обладают магнитными моментами, свойства их сферически симметричны. Следовательно, даже к отдельному электрону этот вывод неприменим (точнее нестрогий, бездоказательный). А уж тем более разбивать элементарный заряд на ещё более мелкие несферические части (с неизвестной реальной структурой, плотностью и моментом) — сплошная (абсурдная) гипотеза. Так как в СТО заряд — точечный, то $\operatorname{div} \mathbf{E}$ бесконечна в этих точках и электродинамика вовсе не стыкуется с СТО. Поэтому, кроме требований конечности $\operatorname{div} \mathbf{E}$, ρ и отсутствия зарядов на ограничивающей поверхности, фактически при выводе использовались усреднённые величины $\operatorname{div} \mathbf{E}$ и ρ (по некоторым размерам, превышающим размеры элементарного заряда). А из равенства интегралов для усреднённых величин вовсе не следует равенство подынтегральных функций, так как объём dV не совсем произволен: он не меньше некоторого конечного объёма. Таким образом, это просто вера в возможность введения функций, дающих на макромасштабах тот же результат, что и усреднённые микровеличины $\operatorname{div} \mathbf{E}$, ρ . Но на микромасштабах (впрочем, как и на мегамасштабах) их поведение может сколь угодно отличаться; это прерогатива опыта — исследовать их для элементарных частиц. Кроме того, закон Кулона более определённый, чем дифференциальное уравнение

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = 4\pi\rho,$$

так как из величины заряда в законе Кулона однозначно следует сила, действующая на пробный заряд, то есть поле. А в случае дифференциальной формы одному заряду

может соответствовать множество полей (то есть, в уравнениях на самом деле нет знака равенства и вывод не совсем тождественен).

Определение работы электростатических сил — вообще методический нонсенс. Ведь всё это выведено для взаимно покоящихся тел (иначе, что такое статика?!). В действительности электрическая сила зависит не только от скорости, но и от ускорения, следовательно, для путей разной формы (так как ускорения будут меняться как минимум по направлению) работа будет разной (и интеграл по замкнутому пути не будет равен нулю). А для адиабатических движений следовало бы искать предел и доказать его постоянство при $\mathbf{v} \rightarrow 0$, $\mathbf{a} \rightarrow 0$. Использование математической теоремы Стокса для определения циркуляции поля [6, параграф 7, с. 42] не совсем корректно. Во-первых, контур не должен пересекать ни поверхностные, ни объёмные заряды, величина поля должна быть конечной и непрерывной (СТО с её точечными зарядами сразу отпадает). Во-вторых, закон Кулона для поля выведен (проверен) только для “мезомасштабов” и его поведение в микромасштабах, сравнимых с размерами частиц, неизвестно. Таким образом, мы не можем произвольно менять L в

$$\oint_L E_i dl$$

- контур L не может быть уменьшен как угодно; аналогично S — конечно для $\int_S \text{rot } \mathbf{a} dS$. Но тогда из интегрального условия

$$\int_S \text{rot } \mathbf{a} dS = 0$$

не следует, что $\operatorname{rot} \mathbf{a} = 0$ - в микромасштабах эта величина может оказаться произвольной — например, содержать быстро осциллирующие и быстро убывающие с расстоянием члены. Непрерывность E_t - также не совсем очевидна; например, возможен случай скачка на постоянную величину, и тогда доказательство с помощью работы по замкнутому контуру ничего не исключает.

Введение физически бесконечно малых величин и усреднение по некоторому малому объёму предполагает, что эта величина линейна и оказывает “линейное” воздействие на интересующую нас величину. Иначе, надо вводить эффективные величины (отличные от средних) и искать связь между эффективными, а не истинными величинами. Ибо только эта связь и только такие величины измеримы в экспериментах. Равенство

$$\overline{\frac{\partial \psi}{\partial x}} = \frac{\partial \bar{\psi}}{\partial x}$$

для скаляра [6, параграф 25, с. 120] выведено при дополнительном предположении о недеформируемости объёма и его неразрывности (связности).

Поскольку уравнения микроскопического поля не выведены строго для микромасштабов (вернее, противоречивы на малых расстояниях), то отсутствует строгость и при переходе к усреднённым макроскопическим уравнениям [6, параграф 26, с. 123]. Некоторая внутренняя неудовлетворённость чувствуется и при описании диэлектриков (несамо согласованность, несамодостаточность) — постулирование квазиупругих сил [6, параграф 27, с. 126] заставляет “подглядывать в ответ” (измерять заранее некоторые свойства,

чтобы потом их описывать “правильным образом”). Приравнивание средних величин при определении поляризации диэлектрика — большая натяжка. Дело в том, что средние величины, как правило, оказываются намного меньше, чем амплитуды величин (например, полей) на микромасштабах. Поэтому такое приравнивание — скрытая вера, что всё можно в некоторых пределах линеаризовать. Однако такое среднее приводит к замене поляризуемости некоторым эффективным значением (так как “включаются” и нелинейные участки зависимости). В результате имеем некоторую примитивную феноменологию, так как нет даже теоретической связи между этим эффективным коэффициентом β_{eff} и истинным β из квантовомеханических (или любых микроскопических) расчётов.

Что можно, а чего нельзя ожидать от уравнений Максвелла? Во-первых, одно и то же явление могут описывать несколько уравнений. Очевидно, что любая **физическая** зависимость величины от параметров определена не как **математическая** линия, а с некоторой конечной точностью (вспомним также про точность определения самих параметров, инерциальность приборов, слабую взаимосвязь данного выделенного явления с другими явлениями, присутствие флуктуаций), то есть на графике **физическая** зависимость выражается полосой, а не **математической** линией. Таким образом, одна и та же физическая зависимость (даже, возможно, комплекс явлений) может с той же степенью точности описываться несколькими разными уравнениями (даже различными “по качеству”: алгебраическими, трансцендентными, дифференциальными, интегральными, операторными и др.). Во-вторых, если выбраны некоторые конкретные

уравнения, описывающие некоторые конкретные феномены (например, уравнения Максвелла или уравнение Дирака и т.д.), то нет заранее гарантии, что они описывают **весь комплекс** однотипных явлений (включая те, которые только будут в последующем открыты). К сожалению, очень часто фанатичная вера в “непогрешимость” (принципиальную строгость и полноту) некоторых уравнений заставляет псевдоисследователей любой ценой спасти эту свою веру, выдумывая разные гипотезы *ad hoc* (специально для конкретного частного явления) и произнося в “сложных местах” правдоподобные “научные заклинания”. В-третьих, нет никакой гарантии, что **все частные решения** некоторой “именитой” системы уравнений имеют хоть какой-то физический смысл. Вспомним про откуда-то появляющиеся “нефизические области”, заклинания о неприменимости уравнений в какой-то области, на которую “напоролись” задним числом и т.д. Одна из задач физики — выяснение физического смысла у того или иного решения. Уравнения Максвелла, как и всякие системы дифференциальных уравнений в частных производных, “перегружены” (многие “отфонарные” решения могут быть получены при наложении определённых дополнительных условий — граничных, начальных, калибровочных, и в зависимости от придания физического смысла той или иной комбинации символов). По частному мнению автора, в идеале (когда-нибудь в будущем) физика должна развиваться не по пути усложнения уравнений (математики), а, наоборот, стремиться к простоте, к поиску сочетания принципов, комбинации решений (возможно, простейших — алгебраических). Так что признать уравнения Максвелла “идеалом на все времена” никак не представляется возмож-

ным.

В большинстве уравнений физики знак равенства не может быть поставлен, так как нельзя поменять причину и следствие (и надо чётко разделять, что **задано** как внешнее условие, а что по смыслу формулы — ищется). Например, в химии вместо равенства часто ставят стрелки, чтобы указать **направление процесса**. Одно и то же следствие могут вызывать несколько причин (выражаемых разными законами и формулами и знание следствия не влечёт автоматическое знание причины). Каждая формула имеет свою область применимости (условия выполнения закона и его применимости к данному конкретному случаю). Встречаются случаи, когда выводы, делаемые при “обращении” формулы оказываются неверными (это стоит помнить и при решении системы уравнений).

Когда пытаются “строго” вывести макроскопические уравнения магнитного поля [6, параграф 67, с. 303] и делают множество упрощающих предположений, то научнообразно оправдываются, что “всё равно вспомогательные величины выпадут из конечных уравнений”. Но это “заклинание” не является строгим доказательством, так как при этом могут числовые коэффициенты оказаться отличными от 1 (например, для объёмов и площадей отношение V^2 к S^3 зависит от формы ограничивающей поверхности S).

Обратим внимание, что ток смещения вводится чисто формально [6, параграф 88, с. 403], чтобы согласовать уравнение магнитного поля стационарных токов с уравнением непрерывности (то есть опять, для постулирования прежней формы уравнений). Поскольку первое из этих уравнений может содержать неучтённые добавки (интегральный

эффект от которых обращается в нуль), то и новое уравнение оказывается верным с подобной же “точностью” (может возникнуть и такой вопрос: почему мы относим новую добавку так называемого “тока смещения” к новому определению \mathbf{j} , а не изменяем, например, \mathbf{H} ?). Кроме общепринятого выражения **из тех же принципов** можно к \mathbf{j}_s добавить **любую** функцию, дивергенция от которой даёт ноль, и при этом, в зависимости от конкретной постановки задачи (н.у., г.у.), эти функции могут быть разными! Токи проводимости и токи смещения оказываются неэквивалентными для ряда эффектов (например, джоулев нагрев и др.) и приходится фактически “подглядывать в ответ”, чтобы произнести “правдоподобное заклинание”, “объясняющее”, почему в одних случаях они учитываются, а в других — нет. (Вопрос о том, может ли существовать поле \mathbf{E} совсем без зарядов остаётся открытым: физики давно от абсолютной пустоты без свойств “сдрейфовали” к “физическому вакууму с набором свойств”, так что, может быть, поле \mathbf{E} может определяться поляризацией вакуума?). Справедливость уравнений Максвелла в реальных средах также оказывается под сомнением ввиду наличия частотной дисперсии и нелинейных свойств, зависящих от самого протекающего процесса (к этой части знаний физики практически ещё не подобрались). В случае квазистационарных или переменных токов для разомкнутой цепи результат сильно зависит от “пути замыкания” контура, и кратчайший путь ничем не выделен — это очередное правдоподобное “заклинание”. Оправдать его можно было бы с точки зрения потока энергии, но в предположении наличия инерциальных свойств у полей — тогда энергия электромагнитного поля в вакууме для инерциальных систем

распространялась бы по прямой. Но всё равно возникает вопрос об обобщениях для случая нахождения контура тока в неинерциальных системах.

Когда по интегральным законам рассчитывают поля (и силу) в некоторой точке, то надо знать распределение зарядов и токов от воздействующей области (и это задание распределений не вызывает принципиальных сложностей). При решении же дифференциальных уравнений поля мы должны знать начальные условия во всей области и граничные условия на всей (некоторой) замкнутой ограничивающей поверхности в пространстве. Задание подобных условий никогда не является строгим и не всегда даже интуитивно очевидно (это к вопросу о предпочтительной форме основных уравнений электродинамики). По сути, мы пытаемся в постановке задачи постулировать желательную нам форму распределения (поля), а ведь ещё остаются вопросы о реализуемости (и устойчивости) этого “академического” решения.

В [6, параграф 91, с. 423] довольно чётко признаётся, что после обобщения эмпирических законов система уравнений поля объявляется “математическими аксиомами”, и далее их можно только строго или приближённо математически решать, не задумываясь об их физической строгости. Макроскопические уравнения поля выводятся в некоторых упрощающих **предположениях** о свойствах среды (то есть это **модельные** уравнения и не стоит объявлять их строго верными “на все времена”). Предполагается, что функция (оказывающаяся произвольной постоянной от t) дивергенции от \mathbf{V} всегда равна нулю независимо от постановок задач. Далее, мы имеем не систему уравнений (!), так как одно

из уравнений:

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = 4\pi\rho$$

оказывается **определением**. Также постулируется линейная связь для описания свойств реальной среды. Имеем 17 линейных уравнений относительно 16 неизвестных (значит, для однозначности решения одно уравнение должно быть линейно зависимым, или же это — подгоночная функция!). Что может означать выбор ε , μ , λ в качестве заданных функций? Если мы для такого выбора уже провели электрические измерения данных функций, то в чём тогда значение этих уравнений, ведь мы тогда вместо измерения вспомогательных характеристик могли бы сразу измерять те величины, которые нас интересуют. На самом деле, нельзя считать уравнения Максвелла самосогласованными (и полными!) и надо обращаться к какой-то иной теории, позволяющей **независимо** подсчитать эти параметры среды. Замечательно, что в [6, параграф 91, с. 426] чётко подчёркивается, что без указания **конкретного способа измерения** воздействия от электромагнитных процессов эти уравнения сами по себе ничего не означают. Но “определять” предлагается через изменение (**постулированного** выражения) электромагнитной энергии! Вывод макроскопических уравнений Максвелла из микроскопических уравнений электромагнитного поля тоже происходит при ряде **дополнительных** предположений.

При доказательстве однозначности решений уравнений Максвелла [6, параграф 93, с. 435] используются **слишком** сильные условия: либо заданы поля \mathbf{E} и \mathbf{H} в момент $t = 0$ во всём (!) пространстве, что совершенно нереально и теоретически и практически, либо поля \mathbf{E} и \mathbf{H} заданы при $t = 0$ в

некотором объёме (что тоже сложно), да ещё для одного из полей известны г.у. по ограничивающей объём поверхности в течение всего времени $0 \leq t \leq t_1$ (многовато требуется вспомогательных данных). Да ещё потом налагаются условия $\mathbf{E}^{\text{СТР}} = 0$ и возможные разные решения совпадают в начальный момент. Использование приближённого вектора Пойнтинга для таких общих доказательств сомнительно по строгости. Условия на бесконечности тоже весьма жёсткие и, вообще говоря, исключают классы задач с излучением, с постоянным потоком, с заданными осцилляциями (флуктуациями).

Не понятно, чем были неудовлетворительны с практической точки зрения интегральные уравнения XIX века? Зная ρ и \mathbf{j} можно чётко рассчитать и реальные силы и (вспомогательные) поля \mathbf{E} и \mathbf{H} . Только ли из принципа, чтобы якобы отказаться от теории дальнего действия? В результате, вместо **шести** неизвестных компонент полей вводят [6, параграф 94, с. 437] новые **четыре** вспомогательные величины — потенциалы φ и \mathbf{A} . При этом считают постоянными свойства среды (иначе ничего не подсчитаешь, хотя они-то заранее неизвестны до измерений!), а ведь $\text{div } \mathbf{B} = 0$ - лишь частный математический случай: если μ - функция, то надо выбирать либо $\text{div } \mathbf{H} = 0$, либо $\text{div } \mathbf{B} = 0$. Таким образом, определение

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$$

- уже ограниченное (определённая частная гипотеза). Далее, вводится **дополнительная связь** на эти **четыре** величины:

$$\text{div } \mathbf{A} = -\frac{\varepsilon\mu}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t}.$$

И в результате опять по ρ и \mathbf{j} надо подсчитать φ и \mathbf{A} , и лишь затем — величины полей \mathbf{E} и \mathbf{H} . В итоге всё равно получилась половинчатая теория, так как в полевой теории в идеале сами величины (как источники поля) ρ и \mathbf{j} должны быть искомыми функциями. А эта задача математически не решена (слишком сложна), то есть просто поупражнялись в написании “крючков” (так как постановка задачи с XIX века практически не менялась: заданы ρ и \mathbf{j} , найти \mathbf{E} и \mathbf{H}).

В решении сферической задачи кроме запаздывающих получаются и опережающие потенциалы [6, параграф 95, с. 441], которые, как правило, произвольно отбрасываются. Для одного точечного источника это ещё можно интуитивно принять (опять мы “поправляем” математику), а для зарядов конечного размера (когда каждую точку окружают другие заряженные точки и надо учитывать “отражённые” в разное время поля) требуется обоснование. Решение с запаздывающими потенциалами [6, параграф 96, с. 447] предполагает довольно искусственный случай постоянства свойств среды ϵ и μ , иначе мы имеем не потенциалы в точке, а некоторые “сложные средние”. Запись вместо векторов скаляров R и v означает линейное движение заряда и наблюдение за ним вдоль одной линии. Зависимость потенциалов в каждой точке от $t - \frac{R}{v}$ для всего пространства, означает знание распределений зарядов, токов и движений в каждой точке пространства в течение всего времени (то есть нужны слишком детальные знания в окончательной форме)! Полученные уравнения свидетельствуют, что токи смещения — вспомогательное понятие, так как без движения зарядов они не существуют. Однако они используются в ме-

ханизме распространения поля, и потому теория кажется не совсем последовательной, так как **промежуточное** звено опять отсылает к неизвестной **первопричине**.

В учебнике [4, п.7.11, с. 259] ток смещения вводится искусственно с единственной целью — сделать совместной систему вводимых дифференциальных уравнений. Но заметим, что эта совместность не имеет отношения к следующим вопросам: **все ли** случаи может охватить эта система уравнений, а также являются ли решения в разрешимых случаях точными или приближёнными, и насколько универсален, единственен и полезен подобный введённый способ описания электромагнитных явлений (смешно также выглядит “сожаление авторов”, что Максвелл не мог использовать теорию относительности). По сути, в уравнениях Максвелла [4, п.7.13, с. 264] мы имеем 8 линейных уравнений, но плотность заряда и тока считается заданной во всём пространстве, то есть неизвестных — шесть (и дивергентные уравнения — это граничные условия для полей). Заметим также, что часто приходится ещё и задавать симметрию задачи отдельно (а не автоматически получать её в решении!). Далее, не стоит путать порядок вопросов и ответов: 1. существует ли некоторое **точное** решение в Природе; и, если - да, то можно проверить: 2. дают ли уравнения Максвелла это решение (но обратный порядок проверки не является доказательством того, что любое решение уравнения Максвелла является точным описанием Природного явления!). Ну и наконец, мощный принцип использования суперпозиции решений относится **только** к (линейным) уравнениям Максвелла в пустоте, а не к нелинейным уравнениям в средах. Также странно вообще привлекать СТО к электроди-

намике, так как заряды в СТО — принципиально точечные, а не распределённые; но тогда многие практические задачи имели бы математические особенности.

Можно, конечно, рассматривать уравнения Максвелла как основные аксиомы электродинамики, но чисто дедуктивный метод (теоретический) всегда является порочным, так как не позволяет вносить никакие последующие поправки к законам (догматичность). Далее, сами по себе уравнения Максвелла вовсе не имеют какого бы то ни было смысла до тех пор, пока не введено конкретное “замыкающее уравнение” для силы (только тогда начинается физика: что означают “буковки **E** и **B**” и как результат может быть проверен экспериментально!). Поэтому странно выглядят полуматематические спекуляции по поводу свойств уравнений Максвелла (например, их инвариантных свойств). Да и проверить “принципиальную” (то есть бесконечную!) строгость введённого выражения для силы Лоренца не представляется возможным. Кроме того, доказать строгое сохранение заряда (его **аддитивность**, независимость от движения системы и т.д.) принципиально невозможно — это всего-навсего наш **выбор способа описания** явлений (возможно, он и лучший?).

Теорема Гаусса, как **скалярное** выражение, всегда означает **меньше**, чем **векторное** выражение экспериментального (!) закона Кулона. Поэтому возведение этой теоремы в ранг основных постулатов электродинамики делает её экспериментально не проверяемой (и не доказуемой, и не опровергаемой) и представляет собой некоторую “хитрость”, позволяющую задавать “нужный” вид решений (“подсматривая” в ответ или искусственно “назначая” симметрии, ин-

вариантности и т.д.).

Тот “факт”, что $\operatorname{div} \mathbf{E} \neq 0$, а $\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$ - есть всего лишь следствие **нашего выбора**, когда мы условились направлять силовые линии поля \mathbf{E} по радиус-вектору \mathbf{r} , а из выражения

$$\mathbf{B} = \frac{q}{cr^3}[\mathbf{v} \times \mathbf{r}]$$

(кстати, совершенно непроверенного при малых \mathbf{r}) условились силовые линии \mathbf{B} направлять перпендикулярно к радиусу.

При выводе уравнений Максвелла, когда вводится понятие тока смещения [8, п.81, с. 346], всё равно остаётся большой произвол. Во-первых, утверждается, что есть законы, основанные на представлении о действии на расстоянии, и якобы эти законы не годятся. Но ведь немногим ранее на основе именно этих законов выводилась их дифференциальная **форма** (всего лишь!) и доказывалась полная эквивалентность этих форм. Куда теперь делась эта эквивалентность? Во-вторых, если уж принимать во внимание конечность скорости распространения влияний и быстропеременность процесса, то стоило бы хоть сколько-то внимания уделить (кроме формальной математики) обсуждению физических принципов при выводе этих самых дифференциальных уравнений: выбору границ и определению их свойств (фиксированы и где, или распространяются вместе с полем?), свойствам полей на границах (постоянство величин или потоков?). То, что уравнения можно представить в дифференциальной форме, является лишь **вспомогательным математическим условием** для использования в теории поля. Надо исходить из целей построения такой теории —

возможности описания быстропеременных процессов с учётом конечности скорости распространения взаимодействий. И только на удовлетворение этому **физическому требованию** и стоит проверять предлагаемые уравнения (теорему Гаусса, отсутствие магнитных зарядов, закон электромагнитной индукции). Этого не сделано. В-третьих, совершенно искусственно выглядит введение тока смещения (с целью преобразовать теорему о циркуляции). Ведь если исходить из закона сохранения заряда (где \mathbf{j} включает весь ток, а ρ - весь заряд) и теоремы Гаусса, то получается, что весь ток равен

$$\mathbf{j} = \frac{\dot{\mathbf{D}}}{4\pi},$$

а этой величине приравнивают только ток смещения $\mathbf{j}_{\text{см}}$. Сразу возникает вопрос: а почему этот “ток смещения” не участвует в законе сохранения заряда? (“Тришкин кафтан” получается: либо здесь, либо в законе о циркуляции надо “латать” дыру.) Ну, а в-четвёртых, такой выбор не единственен (что отметил и автор учебника [8, п.81, с. 348]), так как допускает добавление к величине \mathbf{j} произвольного вектора, дивергенция от которого равна нулю. В-пятых, совершенно “вяло” звучит фраза о подтверждающих опытных фактах с двумя наводящими соображениями (примерами): речь идёт лишь об интерпретации данных — приписывании требуемых для современной теории числовых значений тем величинам, которые не измеряются напрямую. Кроме того, напомним, что уравнения электродинамики задумывались и до сих пор **выводятся** как определения полей **при всех заданных ! зарядах и их движениях** (токах). Правда, некоторые авторы явно переоценивают возможности современной элек-

тродинамики, считая, что она в состоянии самосогласованно описать все параметры. Однако жизнь (опыт) опровергает эту завышенную претензию (вспомним факт создания квантовой механики, постоянные гипотезы *ad hoc*). Поэтому, в частности, к примеру 1 (радиальные токи от шара) возникает вопрос: почему вы считаете, что **сам собой** процесс должен происходить именно так, как вы его задали искусственно? Если же **нужные** токи **обеспечиваются** внешними силами, то эти внешние силы должны явно войти в уравнения теории поля! Во втором примере (соединённые проводом обкладки конденсатора) также не всё гладко. Внутри (посредине) вакуумного конденсатора вовсе нет зарядов $\rho \equiv 0$, и тогда из уравнения Гаусса следует, что $\operatorname{div} \dot{\mathbf{D}} \equiv 0$; поляризационных зарядов посредине между пластинами нет, значит $\operatorname{div} \mathbf{E} \equiv \operatorname{const} = 0$ ($\operatorname{div} \dot{\mathbf{E}} \equiv 0$) и только. Таким образом, по какому закону (выражению) **определять** магнитное поле остаётся открытым (это надо решать экспериментально для быстропеременных процессов). Наконец, в-шестых, создаваемая теория поля вовсе не требует, чтобы её уравнения были уравнениями в частных производных: требование **локальности** — это искусственное дополнительное математическое условие, вовсе не обоснованное какими-либо физическими принципами!

В учебнике [8, п.82, с. 351] в качестве фундаментальных уравнений Максвелла честно названы только четыре уравнения, и на них предлагается смотреть как на аксиомы электродинамики. Естественно возникают сомнения: зачем их тогда пытались до этого “обосновать”, “вывести”? Да и аксиом такого рода можно ввести множество (возникает вопрос если не о единственности, то хотя бы о лучшем “модельном”

выборе). С физической точки зрения предлагаемая система недостаточна, так как вовсе не включает уравнения для измерения используемых “буковок”. С математической точки зрения система также не полна: для 16 величин записано 8 уравнений. Конечно, в чистой математике для нелинейных уравнений в случае нелинейности среды число уравнений вовсе не обязано совпадать с числом переменных. Однако для уравнений физики (вследствие непрерывности величин и принципиальной возможности линеаризации на малом участке), по-видимому, эти числа должны совпадать. Не меняет положение дел ни наличие граничных условий, ни добавление материальных уравнений. Кроме того, материальные уравнения вводят новые неизвестные функции (или константы) среды, для которых нет уравнений, то есть они представляют собой внешне заданные функции (или числа). Следовательно, с претензией электродинамики на полное самосогласованное решение задач приходится расстаться. Таким образом, фраза о “фундаментальности уравнений Максвелла” выглядит голословной.

С калибровочной инвариантностью [5, п.18, с. 75] тоже имеем некоторый конфуз. Во-первых, легко видеть, что возможность прибавления к векторному потенциалу любого произвольного вектора, а к скалярному — любой постоянной, - это не “в частности” (как написано в учебнике), а **в дополнение** к градиентной инвариантности. Во-вторых, воздействие определяется силой и потому **не по отдельности** должны быть однозначно определены **Е** и **Н**, а их **суммарная комбинация**, входящая в выражение единой силы! Это предоставляет ещё больший произвол в выборе **А** и φ . Поэтому совершенно неизвестно, сколько, когда и

каких можно наложить дополнительных условий на потенциалы (тем более в нелинейных случаях).

Граничные условия для уравнений Максвелла ставятся не из каких-то физических принципов, а чтобы уравнения Максвелла просто имели однозначное решение в модельных случаях. А каковы эти условия на самом деле (в Природе)? Неужели нельзя создать магнитные поля со скачками \mathbf{H} или \mathbf{V} (и что подразумевать под масштабами области перехода)? Например, в нескольких параллельно состыкованных различных бесконечных соленоидах будут разные магнитные поля; при импульсном включении фронт имеет резкую границу; вспомним импульс света. А раз существуют примеры в одних случаях, то почему этого не будет при других условиях (каковы принципы)?

Несмотря на разрекламированную универсальность и строгость, уравнения Максвелла введены в предположении неподвижности среды (вспомним, что попытка Герца строго ! аналогичным Максвеллу образом учесть движение среды оказалась неудачной). Однако изменения полей (даже просто их включение) приводит к действию поля на саму среду и к её движениям (и изменениям свойств). Следовательно, строго это можно было бы сделать **только в электродинамике движущихся сред** (пока ещё не созданной, а не в современной электродинамике, основой которой являются уравнения Максвелла). И “кодирующая фраза” о малости отношения v/c вовсе ни при чём. Во-первых, подобная фраза имела бы смысл, если бы в строгой электродинамике сравнивались величины одного и того же эффекта в двух случаях: при движении среды со скоростью v и со скоростью c . Однако мы не знаем, какие эффекты мог-

ли бы наблюдаться при движении среды со скоростью c . Вера в “релятивистские катаклизмы” в современной электродинамике вообще приводит к невозможности оценок из подобного сравнения. Во-вторых, сравнение эффектов для случая движения ($v \neq 0$) и в статическом случае ($v = 0$) тоже невозможно, поскольку вероятное появление величины некоторого **нового ненулевого эффекта** при переходе к электродинамике движущихся сред также непредсказуемо: отношение ненулевой величины к нулевой будет таким же неопределённым (неинформативным), как и отношение соответствующей ненулевой скорости к нулевой скорости.

Таким образом, уравнения Максвелла, скорее представляют собой “зыбучие пески”, чем “незыблемое основание”. Данный фундамент электромагнитной теории не может считаться образцом научной теории ни по обоснованности, ни по единственности, ни по строгости, ни по алгоритмичности.

Глава 6

Энергия полей. Сила

Перейдём теперь к таким ёмким понятиям в теории электромагнетизма, как потенциальная энергия, потенциал, сила и проанализируем их внутреннюю согласованность, непротиворечивость и соответствие опытам.

Вообще говоря, потенциальная энергия всегда связывается с взаимным положением взаимодействующих объектов [3, с. 169] и вся остальная Вселенная тут ни при чём (привязывают или локализуют её обычно в месте нахождения исследуемого объекта). Связывать эту энергию с одним единственным зарядом, да ещё и неделимым — бесполезное уместование (так же, как и абстрактно считать заряды точечными). Связывать потенциальную энергию взаимодействия зарядов с энергией поля [3, с. 170-172] — неверно принципиально. Представим себе, что мы быстро изменили взаимное положение двух зарядов. Потенциальная энергия изменится сразу, а при чём здесь будет, например, поле на очень большом расстоянии от обоих зарядов? Ведь даже со скоростью c не успело бы дойти это возмущение. Если же обрубать

поверхность интегрирования не на бесконечности, тогда в расчётах не пропадает интеграл по поверхности и формула всё равно оказывается неверной. Вообще, если экспериментально установлено, что сила действует по прямой между зарядами, то какое “значение” имеют поля во всех остальных местах Вселенной? Несомненно, что поле может обладать энергией, но всякое ли? Формула странная ещё и потому, что флуктуации приводят к ненулевому уровню потенциальной энергии. Странно так связывать потенциальную энергию ещё и по теории близкодействия, ведь поле неподвижного заряда в некоторой точке пространства вполне определённое, и помещение пробного заряда в эту точку пространства сразу вызывает действие силы (то есть уже определено $U = - \int \mathbf{F} d\mathbf{r}$) в этот момент t , а все предыдущие $t - dt$ неважны.

Состояние тела характеризуется его координатами (x, y, z) и скоростью (v_x, v_y, v_z) , и одно неотделимо от другого. В этом конкретном состоянии на тело действует единая сила \mathbf{F} , и разделение её на электрическую и магнитную силы весьма условно. Выражение для магнитной силы тоже условно, так как для ненейтральных токов (например, заряженных пучков) не понятно, относительно чего определяется эта скорость (относительность уж точно пропадает и надо вводить локально абсолютные скорости).

Для объяснения действия тока на движущийся заряд с точки зрения системы, движущейся со скоростью электронов, приходится придумывать электрическую силу для нейтрального провода [3, с. 270]. Но ведь заряд якобы появляется у всей проволоки. Откуда же он взялся? Изменение плотности за счёт сокращения продольных размеров

неубедительно. Например, для замкнутой сверхпроводящей рамки заряд должен оставаться инвариантным согласно современным представлениям электродинамики, и, следовательно, рамка останется в целом нейтральной. Для объяснения очевидной классической инвариантности поведения частиц в СТО приходится выдумывать вначале преобразование плотности, потом преобразование сил и ещё преобразование времени. Не слишком ли сложно на пустом месте?

Не совсем понятен вопрос об истинности или неистинности выражения для энергии петли с током [11, с. 9] только на основании изменения некоторых параметров. Ведь кинетическая энергия тоже меняется, если тело **само** переходит из состояния с потенциальной энергией U_1 в состояние с потенциальной энергией U_2 , то есть тоже для сохранения постоянной скорости \mathbf{v} пришлось бы отбирать или добавлять энергию. Вообще, механизм поддержания тока может быть самым разным: например, если мы возьмём магниты, ведь по современным воззрениям их магнетизм поддерживается внутренними электронами; неужели движение этих внутренних электронов может заметно измениться из-за нашего слабого движения магнитов? А как же тогда движение наружных электронов — тем более должно было бы меняться? Возможно, могла бы меняться и температура? Но все подобные вопросы не должны затрагивать самого вводимого определения энергии!

Весьма странным также является использование пространственных условий на бесконечности при выводе формул. Какое значение может иметь поведение чего бы то ни было так далеко от данного конкретного места? И в какой момент это поведение должно учитываться (да никто и не

берёт даже запаздывающие потенциалы при выводе интегралов — это бесконечно сложно). Тем более, когда речь идёт о потенциальной энергии тела или поля, которая связана с конкретными местами — начальным и конечным. По сути, хотели избавиться от теории дальнего действия и предложили теорию поля, но оказалось, что это не теория ближнего действия, а “теория бесконечнодальнего действия”!

Перемена знака пространственных величин в 4-векторах, 4-градиенте [11, глава 25, параграф 3, с. 249] искусственно придумана только для того, чтобы удовлетворялись преобразования Лоренца, а поскольку последние имеют отношение только к полям в пустом пространстве, то применимость этих определений ограничена. Фейнман подчёркивает, что закон сохранения заряда выполняется во всех системах отсчёта, но не подчёркивает, что сам заряд согласно СТО меняется, что уже очевидно бессмысленно: провод или ток не разорвутся при (мнимом) сокращении длины, а заряды будут распределены равномерно; ни количество электронов, ни количество протонов не изменится (нет рождения или уничтожения самих частиц); суммарный заряд от отдельного электрона или протона предполагается инвариантным, а значит описание появления дополнительной плотности заряда бессмысленно, ведь оно искусственно выдуманно только для того, чтобы “объяснить” взаимный переход разных форм сил (электрических и магнитных) при переходе от одной системы к другой. Это просто показывает, что именно такое описание разделения единой силы на две силы с искусственно выдуманными трансформационными свойствами внутренне противоречиво.

Проблемы с локальностью сохранения энергии [11, с.

284] есть только в теории относительности. Например, в классической физике если два тела имеют конечную массу, то при взаимодействии скорость обоих тел (то есть кинетическая энергия каждого) будет меняться, а одну и ту же потенциальную энергию можно отнести и к месту положения 1-го тела (то есть связать с ним), и к положению 2-го тела, в зависимости от того, какое из движений нас интересует. Утверждение о том, что локальный закон сохранения выводится для произвольных объёмов [11, глава 27, параграф 2, с. 284]:

$$-\int_V \frac{du}{dt} dV = \int_V (\nabla \cdot \mathbf{S}) dV + \int_V (\mathbf{E} \cdot \mathbf{j}) dV,$$

и поэтому можно убрать значки интегралов — тоже не совсем верно. Например, если объём $V(t)$ - взять переменным, то видно, что появятся дополнительные слагаемые, и результат будет другим. Фактически, предложенный вывод неявно предполагает несамосогласованную фиксацию объёма (всеми силами Вселенной), что уже ограничивает рассматриваемые процессы только теми, при которых взаимодействия вещества, излучения и измерительного прибора не влияют на характерные рабочие объёмы вовсе. Учёт только величины $(\mathbf{E} \cdot \mathbf{j})$ в тот же момент времени — не принимает во внимание возможные гистерезисные явления (задержка ответной реакции вещества) и тоже ограничивает область применимости решения (нельзя создать наш мир только с помощью электромагнитных сил — есть ещё и иные силы и свойства).

Фейнман пытается чисто формально [11, глава 27, параграф 3, с. 286] вывести выражение для плотности энергии и

её потока из уравнений Максвелла (просто подогнать формулу под красивый вид и обозвать нужным образом соответствующие слагаемые). Помимо элементарного возражения, что такие выражения — неединственные, существует другое возражение. В уравнениях Максвелла нельзя поменять причину и следствие (например, из наличия полей не следует наличие токов; многие электродинамические механизмы не допускают обращение), то есть, на самом деле там нет математического знака равенства (а есть скорее “стрелка”, или запись “причина вызывает следствие”). Да и токи там взяты из силы Лоренца, то есть это ток из реальных материальных движущихся частиц. Фактически, опять имеем простое постулирование величин (тем более что экспериментально полученные выражения непосредственно не проверяются).

При рассмотрении энергии поля заряженной частицы [11, глава 28, параграф 1, с. 302] Фейнман берёт грубые модели и показывает их внутренние проблемы, но это не имеет прямого отношения к действительному положению дел в Природе. Что фактически выражает потенциальная энергия двух тел? Необходимость совершения работы для изменения их взаимного расположения при **условии** неизменности самих тел. В противном случае надо рассматривать энергию, удерживающую форму самих тел неизменной. Если мы попытаемся сжимать нейтральное тело, или как это замысловато названо “устремлять его радиус к нулю” (при неизменности остальных свойств), то тело тоже будет сопротивляться (и без интегрирования по несуществующему полю на бесконечности). Поэтому вопрос прост: каков действительный (а не удобный для теоретиков) радиус электрона? Такую величину и нужно использовать. В книге все вы-

ражения для энергии выведены при условии существования **только** электромагнитных полей (что не так) и поэтому могут рассматриваться исключительно вне тел (до момента их соприкосновения). Да и вообще, идея фактически состоит в собирании “заряженной невзаимодействующей между собой пыли” из бесконечности в единую частицу при условии отсутствия любых иных сил. Это слишком большая (нереальная) абстракция, чтобы точно описывать законы Природы.

Введение понятия разности потенциалов [6, параграф 8, с. 47] требует определения предела для любых адиабатических движений. При этом очевидно, что если это понятие предполагается использовать в других разделах электричества, то время движения не может быть бесконечным. Доказательство потенциальности электростатических сил иллюзорно, так как подобные рассуждения (через вечный двигатель) могли бы быть применены к любым иным силам (особенно при адиабатических движениях) и это, казалось, означало бы потенциальность любых сил, что неверно. Вопрос заключается в том, как влияет **реальный** пробный заряд на реальные заряды (внутренние процессы в них и изменение их движения) — а это должен решать опыт.

Одно уточнение о постоянстве потенциала внутри проводника [6, параграф 9, с. 52] — его точность определяется количеством либо избытка электронов (представим, например, что он один, или их два и т.д. для ненейтрального проводника), либо общим количеством свободных электронов (имеется ограничение на максимальную величину “нейтрализованного” поля). Для электростатической защиты при резких выпукло-вогнутых формах защиты локальные распределения заряда могут отличаться от среднего. Само введе-

ние потенциала одного “объекта” не совсем корректно, так как эта величина зависит не только от него самого, но и от его окружения.

Введение потенциала — чисто математическая гипотеза (для удобства расчётов). Понятие электрической силовой линии слишком условно, чтобы обсуждать необходимость физического смысла для этого понятия и его физические свойства [6, параграф 10, с. 56]. Эти линии могут начинаться на зарядах и заканчиваться как в бесконечности, так и в конечной точке — например, посередине между двумя равноимёнными зарядами, и далее двигаться в плоскости симметрии, перпендикулярной линии, соединяющей заряды (несмотря на то, что посередине зарядов нет, всё выглядит так, будто оттуда исходят эти линии).

Вообще говоря, как само понятие потенциала, так и уравнение Пуассона нельзя считать более строгим, чем выражение для потенциала точечного заряда. Поэтому длинный, чисто математический, вывод [6, параграф 12, с. 64] интеграла

$$\int \frac{\rho dV}{R} + \int \frac{\sigma dS}{R}$$

не имеет большого физического значения (это просто сумма потенциалов точек). Остаются все те же открытые вопросы о поведении функций вблизи и внутри зарядов (о непрерывности, конечности и самом виде функции при $R \rightarrow 0$), да и ещё добавляется требование совершенно излишнего знания о поведении потенциала на бесконечности. Подождите, мол, прежде чем определить неполадки в Вашем радиоприёмнике, я должен слетать на Альдебаран, чтобы узнать тамошнее поведение потенциала от вашей микросхемы N 33.

Доказательство единственности реального потенциала в физическом (а не математическом) плане имеет ту же степень нестрогости.

Практически мы не можем экспериментально знать ни плотность зарядов, ни поле, ни потенциал в каждой точке. Поэтому многие вопросы остаются на откуп веры. Даже **электрический** потенциал проводника (и его постоянство) — некоторая гипотеза, так как опыт даёт постоянство суммарного потенциала, а внутри могут возникать под действием поля “индуцированные ЭДС”, компенсирующие изменения φ . Возможно, поляризация электродов (уменьшение тока электролиза) — проявление подобного эффекта. Единственно достоверным условием в постановке задачи может быть суммарный заряд каждого проводника. Совершенно нестрого определение скачка потенциала на поверхности или при рассмотрении двойного электрического слоя [6, параграф 14, с. 74] (потенциал достоверен только **вдали от конечного слоя**).

Энергия взаимодействия точечных электрических зарядов [6, параграф 15, с. 79] (точнее, её изменение) может быть физически определена тоже только вдали от самих зарядов ($R \gg r_e$). Но даже с введением конечной объёмной или поверхностной плотности проблема конечности не исчезает, так как физически бессмысленно рассматривать задачу перемещения заряда в точку, где уже есть заряд (да ещё считать их неизменными при этом). Попытка ввести с помощью математических преобразований локализованную энергию поля [6, параграф 16, с. 82] тоже не совсем корректна. Например: 1) потенциал физически определён только с точностью до постоянной, что из формулы не видно; 2) пре-

дельное значение всех величин вблизи заряда — гипотеза; 3) нагружаемся лишним знанием о поведении поля на бесконечности (при $R_s \rightarrow \infty$); 4) из равенства интегралов по полному бесконечному объёму вовсе не следует равенство подинтегральных выражений (иначе много нелепостей так можно “доказать”); 5) учёт самовоздействия в этой энергии поля — методически некорректен.

Выражение пондеромоторных сил в точке нахождения заряженной поверхности (или заряда) [6, параграф 17, с. 88] через энергию поля в этой точке — гипотеза. Весьма ограничено определение пондеромоторных сил из выражения энергии [6, параграф 18, с. 91], так как в реальности для конечных систем изменение одного из параметров всегда приводит к изменению ряда других параметров (таких как распределение зарядов, расстояние между зарядами, потенциал, индуцируемые “микро ЭДС образца” и др.), и считать всё фиксированным, кроме одного параметра — академическая задача. Да и для электростатики должно быть $\mathbf{v} = 0$. Исследование устойчивости системы зарядов [6, параграф 19, с. 95] (или отдельного заряда) опирается только на зависимость R^{-2} , что для малых расстояний — гипотеза. Также условие, что первая, вторая, третья производные равны нулю, а четвёртая — больше нуля, не опровергается тем, что число условий больше, чем число переменных (так как некоторые условия могут быть зависимыми при некотором специальном расположении) — нужно более строгое доказательство. Интересно, а теорему Ирншоу могли бы “подтвердить” ионные кристаллы (при $T \rightarrow 0K$ они должны были бы, по-видимому, взорваться?!).

Для случая наличия диэлектриков запись энергии поля

(работы) в виде [6, параграф 30, с. 138]

$$W = \frac{1}{2} \int \rho \varphi dV + \frac{1}{2} \int \sigma \varphi dS$$

с ρ и σ для свободных зарядов — просто определение буквы W , так как даже при выводе работы сил поля при перемещении свободных зарядов выражение $e_1 \varphi_1 = e_2 \varphi_2$ опирается на неизвестные свойства величин на малых расстояниях от зарядов (поскольку используется интегрирование), а уж работа сил поля при перемещении диэлектриков и вообще не может быть найдена в общем виде. Таким образом, формула для энергии (точнее буквы W) — просто постулат. Поля на бесконечности не при всех конфигурациях зарядов обращаются в нуль. Это одна из причин, ограничивающих возможность введения плотности энергии. Кроме того, введение объёмной плотности энергии никак не связано с близкодействием или дальнодействием, так как разница должна быть в наличии запаздывания, а из формулы для w :

$$w = \frac{1}{8\pi} \mathbf{DE} = \frac{\varepsilon}{8\pi} E^2$$

вовсе не видно, какой аргумент времени должен там стоять (точнее видно, что присутствует только текущее t , т.е. нет?! запаздывания; иначе непонятно, какими такими поверхностями — опять дальнодействующими — мы окружаем заряды). Нестрогость рассуждений при выводе выражения для энергии следует также из несоответствия этой величины (опыту) для переменных полей (здесь просто современную электродинамику поймали за руку).

Выражение для плотности энергии поля в виде

$$w = \frac{\varepsilon}{8\pi} E^2$$

методически кажется странным, ведь сила, наоборот, уменьшается при наличии среды. Если рассматривать само поле, то ясно, что кроме падающей волны есть волны, отражённые во всех направлениях, то есть имеем $(E + \sum k_i E_i)^2 \geq E^2$, где k_i - коэффициенты отражения волны (рассеяние). Что понимать в реальности под упругой энергией — тоже вопрос, так как диполи могут быть не квазиупругими (ангармонические колебания) и переход к зависимости от времени (учёт реакции и релаксации) не может быть сделан в общем виде. Таким образом, просто имеем некоторый неизвестный набор энергий (суммарный), а величина $w = \varepsilon E^2 / (8\pi)$ - просто **постулируется** равной свободной энергии электрического поля в диэлектриках [6, параграф 31, с. 142] (тогда это — вера, и не надо никаких скрывающих псевдообоснований). И ещё возникает вопрос о практической измеримости и соответствии этой величины в реальных **ограниченных** диэлектриках (не бесконечных). То есть выражение w - приближённое, а не принципиальное (например, не надо ли нормировать $E^2 / (8\pi)$ на объём, свободный от самих диполей — перенормировать?).

Пондеромоторные силы в диэлектриках выводятся только в модельных предположениях. Перечислим некоторые из них. Даже в “общем методе” [6, параграф 32, с. 149] предполагается плавность всех величин, однородность (отсутствие геометрического фактора означает, что все размеры — бесконечные); вспомним также про все неопределённости зависимостей величин на малых расстояниях. Далёко не при всех условиях и распределениях полей или зарядов поверхностные интегралы обращаются в ноль. Энергия поля в расчёте сразу включает некоторую неизвестную упругую энер-

гию (переменную). Среда считается несжимаемой (без тангенциальных напряжений), то есть для жидких и особенно твёрдых диэлектриков требуется дополнительное исследование. Сведение объёмных сил к натяжениям предполагает непрерывность и ограниченность величин.

Можно указать, что приводит к ограничениям на степень общности вводимого тензора натяжений электрического поля [6, параграф 34, с. 161]: малость размеров области измерения (усреднение по большим расстояниям) — не до микровеличин; независимость используемого ε от реальной ограниченности диэлектрика (от влияния границ) и его формы (геометрический фактор).

Выражение для взаимодействия двух элементов тока выглядит весьма подозрительно [6, параграф 43, с. 207]. Во-первых, не выполняется закон равенства действия и противодействия. А если мы начнём устремлять $R_{12} \rightarrow 0$? Ведь в этом случае суммарная сила очевидно должна обратиться в нуль. Значит, запись для элементов тока — неверна. Во-вторых, странно, что отсутствует взаимодействие для элементов тока на одной оси. Возможно, выражение Ампера больше отвечает действительности (любые “разногласия” можно попытаться отнести на распространяющееся электромагнитное поле).

К выражению поля или пондеромоторных сил, как для линейных, так и для объёмных токов [6, параграф 44, с. 210] возникают вопросы, независимо от того, считаем мы эти результаты теоретическими или экспериментальными. Ведь не прояснён момент о взаимодействии ближайших элементов тока (да и носителей тока). С точки зрения теории: как перейти от написанных выражений, если принять их

за точные теоретические микроскопические величины, к наблюдаемым полям и токам (нужен учёт самосогласованных изменений движения носителей тока и влияния добавок к внешнему полю от соседних элементов тока). Если же, наоборот, считать эти результаты строгими экспериментально, то тогда все величины в них — **эффективные** самосогласованные, и как тогда выделить из них истинное выражение для элементов тока?

Поскольку в электродинамике величины зависят от расстояния R , особенно сильно — при $R \rightarrow 0$, то записи средних выражений [6, параграф 45, с. 213] должны быть более точными: $\langle \mathbf{j} \rangle = e \langle n \mathbf{u} \rangle$. Аналогично, считать запись силы Лоренца строгой при малых R — нет ни малейших оснований. Опыты [10], [13], [14] скорее свидетельствуют в пользу записи силы в форме силы Ампера для магнитных сил. Тогда точно исчезает противоречие при совершении работы магнитными силами в электромоторе (генераторе). Далее, эффект Холла — макроскопический эффект и квантовая механика здесь ни при чём. Наличие положительных коэффициентов Холла для некоторых веществ свидетельствует о неверной записи электромагнитных сил. Далее, проверка некоторой зависимости должна предполагать, что все входящие в равенство параметры уже определены независимым образом. Поскольку строго \mathbf{v} , \mathbf{R} и самосогласованные поля \mathbf{H} и $\sin(\mathbf{v}, \mathbf{H})$ не измеряются, то и определение e/m — лишь приближённое.

Условия для потенциалов на бесконечности являются не физическими, а чисто математическими, обусловленными конкретным частным способом описания (решения). Например, можно нарисовать потенциал, по-разному ведущий

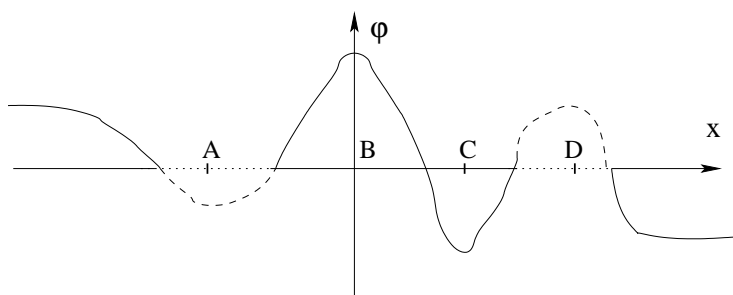


Рис. 3: Поведение потенциала и поле.

себя на плюс и минус бесконечностях, хотя поле там будет стремиться к нулю (Рис.2.3): во всех шести “точках”: $-\infty, A, B, C, D, +\infty$ поле равно нулю, хотя потенциал везде разный и отличен от нуля (и смещением начала отсчёта его можно сделать равным нулю только в одной ! из точек, а не во всех сразу). В реальности решение в точке не должно вообще сколько-нибудь заметно зависеть от условий на больших расстояниях от этой точки. Почему бы, например, не считать условия на отдалении соответствующими флуктуационным характеристикам (которые даже могут зависеть от пространственных и временных координат)? Далее, рассмотрим следующую ситуацию. Наша Земля может считаться бесконечно удалённой “граничной точкой” для какой угодно планеты из другой галактики. Но разве у нас везде отсутствуют поля и потенциалы равны (друг другу и) нулю? А как же практически можно отделить ту часть потенциала, которая — лишь для той галактики и якобы близка к нулю от всех остальных, часто огромных, полей и потенциалов? Таким образом, реальные условия на бесконечно-

сти неизвестны и остаются лишь верой (требуемой только для выбранной заранее математической формализации задачи)! Поэтому ценность (рекламируемая) перехода от полей (уже готовых решений) к потенциалам (с добавлением к дифференциальному уравнению неизвестных граничных условий) — весьма сомнительна.

Получение **строгих** соотношений (уравнений) с использованием конкретных граничных условий (например, на бесконечности) и переходе к интегрированию по отдалённой поверхности также весьма сомнительно, так как в реальности подобные условия **никогда строго не выполняются**. Вводимые поверхностные характеристики [6, параграф 49, с. 225] и уравнения не осуществляются в Природе (а только представляют собой некоторый выбор математического предела). А уж зависимость якобы строгих уравнений в локальной точке (!) от поведения **вычисляемой** функции на бесконечности (от скорости её убывания) характеризует теорию не с лучшей стороны (демонстрирует её ограниченность). Поведение потенциалов (\mathbf{A} и φ) на бесконечности в реальности не может быть ограничено искусственными условиями типа $AR < \infty, R \rightarrow \infty$ (это ограничивает круг задач — см. Рис. 2.3 — где же всеобщность уравнений Максвелла?). Получение характеристик бесконечных систем (например, бесконечного соленоида) происходит только через “заклинания”, так как в уравнениях Максвелла при их выводе использовалось иное поведение величин на бесконечности.

При вычислении работы пондеромоторных сил магнитного поля [6, параграф 50, с. 231] возникает вопрос: как же эти силы, действуя через поток электронов и двигая

всю массу проводника, совершенно не влияют на сам ток \mathbf{j} ?
 Дополнительные нераскрытые вопросы касаются роли возможной деформации контура и ускоренного итогового движения системы, что тоже может менять силу тока. Запись работы через изменение магнитного потока носит ограниченный характер. Во-первых, для униполярной индукции (и генератора, и мотора)

$$\mathbf{H}\delta\mathbf{S} = 0,$$

хотя эффект есть (и должен описываться единообразно, то есть алгоритмически). Во-вторых,

$$\delta\Phi = \int_{\Delta} H_n dS$$

вовсе не отвечает изменению магнитного потока через контур, так как Δ - это боковая поверхность “цилиндра”, которую описывает контур при своём движении в **разные моменты времени** (хотя численно эта величина совпадает с реальной величиной при недеформируемом поступательном движении контура при $J = const$ и в пренебрежении изменением самого магнитного поля \mathbf{H}).

При вычислении ponderomotorного действия токов и коэффициента взаимной индукции [6, параграф 51, с. 235] тоже используются ограничения: отсутствие влияния токов на поле \mathbf{H} (самосогласованное), жёсткая “фиксация” силы тока \mathbf{J} , отсутствие деформации и ускоренных движений контуров и их элементов. Сохранение принципа равенства действия и противодействия для замкнутых токов выглядит жалким оправданием не только из-за упомянутых выше ограничений общности. Ведь в реальности “непрерывный”

ток \mathbf{J} на самом деле складывается из **отдельных** электронов и “нескомпенсированность для элементов” придётся испытывать отдельным электронам. Например, пусть одна пара диаметрально противоположных электронов вращается вокруг одного положительного центра, а другая пара электронов — вокруг другого положительного центра, находящегося на той же оси цилиндра, но вторая пара повёрнута на 90° относительно первой. Так как при движении под углом 90° закон равенства действия и противодействия якобы не выполняется, то вторая пара испытывает ускорение без дополнительных затрат энергии (это что — вечный двигатель?).

Электрическое и магнитное поля, по сути, выражают две “части” одного и того же поля взаимодействия зарядов (**условно** разделённого на взаимодействие покоящихся зарядов и токов — движущихся зарядов). Проблемы классической интерпретации спина электрона возникают **только** при наложении условий теории относительности, а квантовой механике “удалось” — не объяснить, а **описать** некоторые явления путём введения искусственных постулатов. Отношение силы, обусловленной спином электрона и силы Лоренца [6, параграф 58, с. 270]

$$\frac{F_{sp}}{F_L} = \frac{h}{4\pi m v} \frac{\nabla H}{H}$$

свидетельствует, что при малых скоростях движения учёт спина необходим; также этот учёт необходим на малых расстояниях (например, в атоме, так как на этих расстояниях все поля существенно меняются).

Нельзя не сказать “пару ласковых слов” по поводу множества “искусственно рождённых” систем единиц в электро-

динамике. Тому, кто хоть раз пытался делать численные оценки или практически проверяемые расчёты (а не просто заканчивал работу манипуляциями теоретической физики с “математическими крючками”), наверняка приходилось сталкиваться с нагромождением различных переводных коэффициентов и замен в формулах. Такая искусственная ситуация не должна продолжаться вечно. А дело всё кроется в бесконечной гордыне релятивистов, с одной стороны, расплодивших множество систем единиц (для демонстрации, что их можно выдумать много, и все они якобы равноправны), а, с другой стороны, рьяно защищающих абсолютную систему единиц и рекламирующих её в теоретических расчётах вместо международной системы СИ. Заметим, что преимущество системы СИ в практических вопросах очевидно. Во-первых, исторически все исследования и открытия делались по измерениям именно в практических единицах. Во-вторых, на современном этапе тоже любые измерения, проверки, устройства (приборы) производятся (градуируются) и контролируются с помощью практических единиц (а для теоретических измышлений вынуждают вводить перерасчётные функции и коэффициенты). В-третьих, мы, наконец, подходим к тому, что же так привлекает релятивистов в абсолютной системе единиц? Буквочка c , записываемая явно в формулах (без привлечения физического смысла самих формул)! Но ведь эта буквочка имеет отношение **только** к скорости распространения электромагнитных взаимодействий в **вакууме**. Даже для вакуума это мешает строить модели распространения света, а уж для реальных сред её явное написание совершенно излишне (сбивает в единственную колею), так как обобщения уравнений Максвелла или

волнового уравнения в среде зависят от конкретных физических механизмов взаимодействия в среде и волн со средой. Таким образом, количество “обобщающих” коэффициентов и способы их включения в то или иное слагаемое уравнений могут меняться. Выбор абсолютной системы единиц совершенно необоснованно программирует ограниченность выбора моделей и системы уравнений в среде.

Следующее замечание ещё раз касается принятой идеологии поиска решений с использованием граничных условий. Какое могут иметь отношение к рассматриваемому процессу граничные условия где-то очень далеко? Ведь начиная с некоторого расстояния R убывающие поля и силы для любых решений (якобы точных функций) становятся неотличимы друг от друга в пределах существующей точности измерений и могут оказаться намного меньше, чем реально наблюдаемые в природе флуктуации этих величин. По-видимому, здесь перепутаны причина и следствие: состояние источника определяет поля и силы вдали (если бы ничего другого не было), но не наоборот.

Запись плотности сил (как силы Лоренца) является постулированием, иначе требуется возможность независимого определения всех четырёх (!) векторных величин и двух скалярных. Если верить в строгость дифференциальных уравнений Максвелла, то “замыкающим уравнением” для силы (поскольку одни поля сами по себе ничего не выражают — буквенные абстракции) является выражение, отличное от силы Лоренца (см. [12]). Кроме того, странно постулирование одной и той же формы и для макроскопических и для средних величин: и \mathbf{j}_{micro} и \mathbf{H}_{micro} меняются на микромасштабах в огромных пределах, а среднее от произве-

дения в общем случае не равно произведению средних величин. Кроме того, любые неоднородности среды меняют μ (опять возможны квадратичные эффекты осцилляций). Вообще говоря, выводимые формулы применимы только к случаю **равномерно-однородной** среды ($\mu = const!$), поэтому измерение величин [6, параграф 65, с. 301] **H** и **B** в параллельных и перпендикулярных щелях в диэлектрике нестрогое, а просто постулативное **определение** некоторых новых величин, близких к требуемым.

Когда в [6, параграф 75, с. 346] вычисляются пондеромоторные силы, действующие на магнит во внешнем магнитном поле, то не учитываются возможные изменения свойств самого магнита в этом поле (да и суммарное поле тогда должно определяться как-то самосогласованно). Вообще, странно вычислять **измеримые** силы через **постулируемую** энергию поля. В результате появляется плотность сил (даже два разных выражения с разными значениями!), которая на самом деле может в реальности быть другой, и только интегральная величина от неё имеет смысл. Это заранее очевидно, так как из **измеряемых** макроскопических соотношений можно бесконечным числом разных способов с разным результатом извлечь микросоотношения для элементов токов. Зачем же столько крючкотворства городить, если мы несколько не продвигаемся от открытых до 20-го века интегральных законов?

При “получении” формы записи энергии магнитного поля [6, параграф 81, с. 375] естественно возникает ряд сомнений:

1) случай **[HA]** $\rightarrow 0$ быстрее, чем $1/R^2$ охватывает не все возможные случаи;

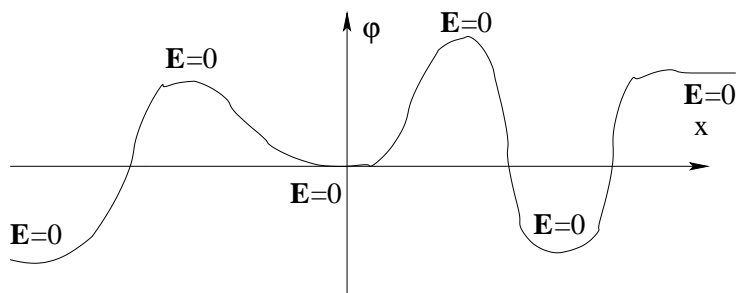


Рис. 4: Поле и потенциал.

2) все потенциалы определены лишь с точностью до аддитивной постоянной. Например, на Рис.2.4 поле $\mathbf{E} = 0$ будет в разных областях соответствовать разным потенциалам; аналогично и для векторного потенциала. Следовательно, результат не должен меняться при замене $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A} + \mathbf{const}$, и, значит, всё убывание должно относиться к \mathbf{H} , а это уже существенно ограничивает область применимости выводов;

3) и, наконец, плотность, полученная как среднее при интегрировании по бесконечной поверхности, может характеризовать **только интегральную** величину эффекта. И, значит, она ничем не отличается от формы записи энергии взаимодействия токов: отброшенные члены в областях взаимодействия могут давать вклад сопоставимый, или превышающий вклад от оставленных членов и играть существенную роль в **реальном распределении локальной плотности** (как, например, средняя плотность энергии атмосферы не имеет отношения к определению энергии конкретного торнадо, перевернувшего конкретный автомобиль).

Надо помнить, что выделение из единой силы двух частей — от электрического поля и от магнитного поля, да и самих полей — довольно условно. СТО **не устраняет** асимметрию между индукцией от магнитной части силы Лоренца и от электрического поля, возбуждаемого меняющимся магнитным полем [6, параграф 85, с. 394], а просто **постулирует** эквивалентность этих случаев (хотя они явно неэквивалентны хотя бы по времени появления эффекта). Получение дифференциальной формы уравнений Максвелла не означает автоматическую общность этих уравнений, а, на самом деле, чётко фиксирует условия (постановку задачи), при которых они выводились. Естественно возникает вопрос о силе Лоренца: учитывает ли уже магнитная часть силы Лоренца ту часть электрической силы, которая возникает от изменяющегося магнитного поля на пути частицы? Вероятнее всего, по “общепринятому сценарию” это происходит только с линейной точностью. Не совсем удачно разделение на поля и для случая переменного тока [6, параграф 86, с. 397] — многие достаточно интуитивные вещи становятся якобы бесполезными и неверными для такого “алгоритма”. Возможно, разделение на потенциальную и вихревую части было бы более продуктивным и наглядным.

Для движущихся сред в погоне за удовлетворением призрачных требований СТО, электродинамика [6, параграф 110, с. 536] отказывается от более важной своей части — от связи с реальным микроскопическим строением и микродвижениями. В результате уравнения Максвелла превращаются в набор уравнений для ничего не означающих “буквонок”, и поэтому сама инвариантность этих уравнений уже вовсе не имеет какого бы то ни было смысла. Единствен-

ные уравнения (замыкающие), которые могли бы придать смысл уравнениям Максвелла, вводятся **как определения** (и превращаются в подгоночные). Отказавшись от здравого смысла (интуитивных и наглядных представлений) в пользу СТО, релятивисты далее пытаются какие-то элементы формул обосновать интуитивно. Однако это выглядит довольно коряво. Например, когда в [6, параграф 111, с. 541] в выражениях для поляризации и намагничивания (даже смысл которых ранее перестал быть определённым, осталось только название!) лишь часть слагаемых пытаются интуитивно объяснить, а “за другой частью” отсылают к СТО. Грош цена подобным наукообразным обманам (так можно любой выдуманный желаемый эффект $b + c + d$ вынести вперёд из любой величины a , на остаток же отнести всё “остальное”: $a \equiv b + c + d + (a - b - c - d)$). В этой связи для подобных величин, которые вводятся как “определения”, странно также ссылаться на “опытные данные”, ведь они описывают лишь часть эффекта (интуитивную!). А “добавочек СТО” никак не проверен.

“Объяснение” униполярной индукции [6, параграф 112, с. 547] тоже не вызывает удовлетворения. Во-первых, “материальный” контур всё-таки получается строго незамкнутым и непонятно, почему мы его дополняем новым “материальным” участком. Во-вторых, получается, что поток непрерывно растёт. Но это — бред! Через некоторое время контур начнёт делать полные обороты, и можно было бы довести поток до сколь угодно большого значения. А если бы не было замыкающего провода (только вращающийся магнит)? Что за бессмысленный рост магнитного потока? Или причина — провод? Также нелепо! А если вместо постоянного

магнита был бы соленоид с постоянным током, и мы бы его мгновенно отключили — должно было бы получиться гигантское изменение магнитного потока, существенно зависящее от времени предыдущей работы униполярной машины (чего не наблюдал никто!). В-третьих, опыты J.Guala-Valverde можно интерпретировать как доказательство реальности вращающихся полей (или наличия силы Ампера), то есть инерциальных свойств электромагнитного поля, чего СТО ну никак не может допустить (многие вещи сразу становятся элементарными, а интерпретации СТО — бессмысленными). Из классики без всякой СТО элементарно следует наличие составляющей E_r во вращающемся магните (да и проводнике).

Закон Кулона [4, с. 22] не проверен строго на очень малых и очень больших расстояниях. Вообще, просто точечных зарядов не существует, а только заряженные частицы конечных размеров с магнитным моментом. Да и закон Кулона — это определение понятия “заряда”. Даже утверждение об аддитивности заряда опирается на предположение о неизменности одного заряда при приближении другого заряда. Принцип суперпозиции всегда нуждается в экспериментальном подтверждении и не может использоваться как строгий принцип (но лишь как приближённый метод). При проверке вида закона Кулона k/r^2 также всегда будет стоять вопрос: что проверяется — постоянство коэффициента пропорциональности k или показателя степени 2?

Вряд ли введение понятия “энергия” можно назвать [4, с. 26] “проникновением в сущность” — это всего лишь упрощает ряд вычислений, так как просто используется интеграл движения. При вычислении энергии системы зарядов, во-

первых, считается, что наши заряды уже “как-то собраны в единую точку”. И, во-вторых, считают, что их характеристики (например, размеры, от которых зависит их “собственная энергия”) не меняются при сближении этих зарядов. Всё это уже не может быть абсолютно строгим. К сожалению, расчёт с помощью общепринятых формул не может объяснить устойчивость ионных кристаллов (например, NaCl) — у потенциальной энергии нет минимума, так что опять возникают сомнения в строгости общепринятой электродинамики. Конечно, введение понятия поля позволяет упростить расчёты, поскольку мы сосредоточились только на поведении выделенного заряда. Однако оно оказывается оправданным **только** при неподвижной конфигурации всех остальных зарядов, иначе разные пробные заряды производили бы разные изменения в системе, и все величины приходилось бы точно также пересчитывать “с нуля”.

Закон Кулона более информативен, чем закон Гаусса [4, с. 40], так как явно выделяет дополнительно сферическую симметрию (при условии, что она строго существует), не следующую автоматически из закона Гаусса для потока (поэтому во втором случае симметрию нужно искусственно искать, **где можно**, и добавлять к закону Гаусса). Запись закона тяготения Ньютона корректна: величина гравитационной постоянной G (локальной!) может оказаться вовсе не постоянной во времени и в масштабах Вселенной. Запись закона Кулона в системе СИ тоже предпочтительнее, чем выбор единиц измерения заряда, устраняющих подобный коэффициент в системе СГС. Ведь все опыты до сих пор выполнены в земных условиях, и нет ни одного доказательства того, что полученные локальные величины являются

“глобальными константами” в пространственных и временных масштабах Вселенной (например, существуют эфирные концепции, где ряд констант может несколько меняться при вихревых течениях эфира).

Просто смешно “строить по студенческому заданию” явно неработающие “модели электрона” с единственной целью — приравнять его электромагнитную энергию постулированной величине mc^2 из СТО.

Ещё одно явление демонстрирует недостаточность (несамодостаточность) самой по себе электродинамики: химические реакции явно имеют электромагнитную природу, но, тем не менее, заряды в гальванических элементах движутся против электрического поля, и мы искусственно вынуждены считать ЭДС — сторонними. Также ни из какого общего принципа не следует, что потенциал (не имеющий самостоятельного физического смысла) надо полагать равным нулю в бесконечности — это может быть как любая константа, так и неубывающая функция (например, периодическая или вообще волны — “нулевые колебания”) и даже бесконечно возрастающая функция (но медленно возрастающая, чтобы $\mathbf{E} \rightarrow 0$, либо к константе, поскольку мы вовсе не знаем реальных условий на бесконечности, да и где искать такую “пустую” бесконечность в нашей единственной непустой Вселенной!).

Для силы, действующей между проводниками, лучше было бы не лист металла вставить для “доказательства” отсутствия заряда, а экранировать практически со всех сторон хотя бы один из проводов (а лучше - оба).

Когда Э.Парселл [4, п.5.2., с. 159] говорит, что выраже-

ние

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + \frac{q}{c}[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]$$

- есть определение величины \mathbf{B} , то это похоже на реальное “положение дел”. Действительно, определение не даёт ничего нового: для всех (!) $\mathbf{v}(x, y, z)$ надо знать q (открытый вопрос: как это измерение сделать в движении?), надо знать $\mathbf{E}(x, y, z)$ (открытый вопрос: меняется ли экспериментально измеряемое поле при движении?), надо провести измерения силы $\mathbf{F}(x, y, z)$ (ещё неизвестно как это осуществить для движущегося объекта!). И в результате мы получим некоторую “ну очень ценную” функцию \mathbf{B} , а не проще ли было измерить сразу то, что нам действительно надо? При этом на самом деле **постулируется** (это современный выбор и ничего более), что действие электрического поля не зависит от $\mathbf{v}(x, y, z)$. Измерить величину заряда в движении невозможно: в покое заряд измеряется по силе Кулона, но если по силе измерять величину заряда в движении, то мы будем вынуждены постулировать неинвариантность заряда! Чтобы **постулировать** инвариантность заряда, автор [4, п.5.3., с. 160] произносит “правдоподобное наукообразное заклинание” о необходимости измерять среднюю силу, действующую на большое количество бесконечно малых пробных зарядов, распределённых по поверхности сферы. По сути, это просто **выбор нового определения** для величины поля \mathbf{E} , не зависящего от скорости постулативно. Естественно, остаются открытыми вопросы: является ли этот конкретный выбор **наиболее удобным** для выбранного способа описания, и так ли **в реальности** устроена Природа? Не существует прямых опытов и доказательств (и уж тем более “исчерпывающих” [4, п.5.4., с. 162]), что заряд, определённый таким

образом, инвариантен. Не говоря о том, что даже представить трудно, как вообще можно **измерить** математический интеграл по фиксированной в некоторой системе поверхности.

Сопоставления нейтральности разных атомов и молекул слишком (!) грубы и искусственны: это не просто системы, отличающиеся скоростями частиц, как утверждается в книге Э.Парселла. Во-первых, **все** скорости меняются и они **согласованы** между собой (а не независимы для разных систем). Во-вторых, **каждая** из этих систем **не просто механически** состоит из **тех же** заряженных подсистем (частиц), а имеет по современным воззрениям разные **суммы масс**. В результате дефекты масс выражаются, например, в излучениях, которые уносятся при образовании системы, то есть в некоторой из систем отсутствует “нечто” (в чём выражается это “нечто” достоверно не известно — это $+q_1$ и $-q_1$ или равное отношение q_1/m_1 и q_2/m_2 и т.д.) и сопоставление с **иной** системой без таких знаний уже неадекватно. При сопоставлении оптических спектров изотопов — тоже меняется не один параметр, а сразу несколько! И уж вставка “воображаемого” опыта [4, п.5.4., с. 163] (никогда не проводившегося) о мифическом изменении массы при движении и вовсе излишняя. Да и масс-спектрограф никак не доказывает релятивистское изменение масс (хотя бы потому, что скорости в таких системах не могут быть прямо измерены в экспериментах), а просто фиксирует другую массу для другого объекта (разница масс ушла на излучение!). А вот утверждение СТО о том, что “величина заряда в разных движущихся системах должна быть одинакова” давайте запомним (мы вернёмся к нему при обсуждении магнит-

ных сил). Чтобы не обсуждать преобразования полей, опирающиеся на СТО (сокращение длин), сошлёмся на [1] (см. также <http://www.antidogma.ru>), где показана ошибочность СТО.

Некоторая противоречивость выражения для поля движущегося точечного заряда [4, п.5.6., с. 170]:

$$E' = \frac{Q}{r'^2} \frac{1 - \beta^2}{(1 - \beta^2 \sin^2 \theta')^{3/2}}$$

состоит в том, что при $\theta' \approx \pi/2$ и $v \rightarrow c$ имеем $E' \rightarrow \infty$ (и сила — тоже) вплоть до больших расстояний r' (можно так выбрать параметры!). Странно также описание переключения линий (зависимость от давней истории) [4, п.5.7., с. 173]: если заряд быстро остановить, то в отдалённой точке окажется, что заряд ещё двигается дальше (мгновенное направление силы всегда указывает **математическое** направление на заряд!) и получается, что он потом должен вернуться назад в реальную точку остановки?

Изображать вид, что если верны СТО (а если нет?) и закон Кулона, то магнитные явления “обязаны” существовать [4, п.5.9., с. 181] — издевательство над студентами (магнитные явления известны как опытный факт даже задолго до создания электромагнитной теории и уж никак не зависят от более поздних измышлений и “объяснений” теоретиков релятивизма). При последующем рассмотрении симметричного тока в проводе просто ужасает “объяснение” релятивистов о появлении заряда в движущейся системе. Во-первых, реальные опыты проделываются с конечными рамками (нет игры на бесконечностях), но тогда вспомним, что полный

заряд в СТО должен быть инвариантным (имеем противоречие СТО самой себе). Во-вторых, **постулируется** равенство полей от положительных и отрицательных зарядов, независимо от **покоя одних** и **движения вторых** (ведь электрическое поле считается **только от избытка** заряда!). В-третьих, если электрическая сила была нулевой в одной системе, то она должна была таковой же остаться после “релятивистского” преобразования и в другой системе. В-четвёртых, а если один из проводов (пусть теперь у нас будет две рамки с током) зарядить слегка таким избыточным зарядом, чтобы при подобных релятивистских переходах в собственную систему зарядов суммарное поле (от этого избыточного заряда плюс якобы возникающее релятивистское поле) стало точно равно нулю? Ведь в лабораторной системе отсчёта такая заряженная (ненейтральная) рамка не будет взаимодействовать с “незаряженной”, а магнитное поле и взаимодействие (классически открытое до появления СТО!) останется прежним. Но при рассмотрении с позиций СТО получается конфуз: теперь в движущейся системе не должно быть сил! В-пятых, подобные “релятивистские прыжки взад-вперёд” изобретены только для того, чтобы наукообразным заклинанием подогнать решение под известный ещё исторически ответ задачи (т.е. “задним умом”).

При вычислении пондеромоторных сил считается, что вещество и электричество распределены в пространстве непрерывно (что в реальности не совсем так). То есть это означает, что было проведено некоторое усреднение, но ведь для средних величин

$$\langle D^2 \rangle \neq \langle D \rangle^2,$$

$$\langle \frac{1}{\varepsilon} \rangle \neq \frac{1}{\langle \varepsilon \rangle}.$$

Считается также, что диэлектрик — жидкий и изотропный (что в присутствии поля уже является приближённым), а электричество движется вместе с веществом (такая жёсткая в замороженности — тоже приближение). Далее, сам процесс рассматривается как изотермический [8, п.34, с. 137]. В итоге, вместо того чтобы честно сказать о рассмотрении конкретной модели диэлектрика, утверждается, будто пондеромоторные силы найдены в общем виде.

Полным обманом выглядит следующая фраза в [8, п.49, с. 214]: “Закон, определяющий силу F_m ... получен обобщением опытных фактов ... $\mathbf{F}_m = \frac{q}{c}[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]$, где вектор \mathbf{B} не зависит от величины заряда и его движения”. Во-первых, это могло бы быть так **только** при возможности **независимого определения** всех величин (из принципиально других опытов). Однако это не так, по крайней мере, для величин \mathbf{F}_m и \mathbf{B} (значит, мы имеем дело не с законом, а с определением). Во-вторых, совсем скоро, в СТО будет утверждаться, что поле \mathbf{B} меняется в зависимости от системы отсчёта. В-третьих, “обобщением опытных фактов” получались сразу множество выражений для силы, среди которых наиболее известны также формула Вебера и формула Ампера (последние опыты [10] свидетельствуют в пользу именно этого последнего выражения). Вообще говоря, каждое из “опытных” выражений имеет свои достоинства и свои недостатки.

На самом деле физики (начиная с Хевисайда) просто искусственно **постулировали** именно в такой, общепринятой в настоящий момент, форме запись магнитной силы (всю “неизвестность” относя на магнитное поле \mathbf{B}). В “итоге” это-

го выбора, мы имеем сейчас дело с записью силы в форме силы Лоренца

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \frac{1}{c}[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]).$$

И вдруг в результате всех подобных “постулативных открытий” оказывается, что величины \mathbf{E} и \mathbf{B} нужно в СТО постулировать зависящими от системы отсчёта, то есть **зависящими от скорости**. Таким образом, **единственная цель** (и прелесть) подобного выбора, а именно разделение силы на сумму двух слагаемых, одно из которых вовсе не зависит от скорости, а другое — пропорционально скорости, оказывается не достигнутой. Следовательно, не снимается задача поиска наиболее удобного выбора вида полей и сил (а “это всё” работает не по-отдельности, а **только в комплексе!**). Опыты с отдельными частицами затруднены тем обстоятельством, что малейшие воздействия (измерения, например) могут существенно менять параметры движения (вспомним квантовую механику). Опыты же с элементами токов невозможны в принципе, и потому только выражения для замкнутых контуров (например, закон Био и Савара, или сила Ампера) могут считаться достоверными с экспериментальной точностью. Странным является нарушение равенства действия и противодействия: при лобовом столкновении, когда $r_{12} \rightarrow 0$ это равенство должно восстанавливаться, а это в современной электродинамике не так (следовательно, есть подозрение на неточность формул при малых r).

Максвелловская трактовка [8, п.66, с. 271] явления электромагнитной индукции — всего лишь **одна из** математических записей **некоторых** наблюдаемых явлений, причём

без раскрытия самого **физического механизма**. Данная форма записи ограничена, так как контур считается **фиксированным** (неподвижным и недеформируемым). “Извлечение” дифференциальной формы

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

из интегральной формы записи принципиально не может быть обосновано чисто математически, так как необходимо выяснить **физическую** роль и влияние границ системы (начиная с некоторого малого расстояния, этот фактор может стать заметен). И то, что “во всех случаях индукционный ток вызывается полной силой Лоренца” - всего лишь **следствие** введённых определений (веры!). Релятивисты пытаются любой ценой исключить из обсуждения униполярной машины инерциальные свойства полей (иначе весь релятивизм “испарится”). Релятивистские преобразования полей — тоже не подтверждаемые физически “игры с математическими крючками”, так как измерена может быть только одна величина — величина силы.

В определении индуктивности [8, п.68, с. 281]:

$$\Phi = \frac{1}{c} L J$$

так и не было сказано, как же проводить контур внутри кольцевого провода. Заметим, что величина Φ - неизмеряемая (то есть просто комбинация символов). А ссылка на следующий параграф 69 определяет величину индуктивности L также через неизмеряемую величину магнитной энергии W_m .

Заметим, что индуктивность соленоида стремится к бесконечности при $N \rightarrow \infty$, даже если перейти к пределу поверхностного тока $JN = const$. Свойства **конкретных** материалов ($\varepsilon, \mu, R, \rho$) всегда определённым образом взаимосвязаны между собой (и с внешними условиями), и в общем случае нельзя отдельным величинам искусственно придавать те или иные значения, например, $R = 0$ [8, п.69, с. 288]. Гипотезой является вывод, что можно определить “интеграл движения”, названный магнитной энергией и не зависящий от способа перехода из начального в конечное состояние. Например, уж если совсем строго, то нельзя деформировать провод и его материал без затрат энергии. Да и что это такое по смыслу “магнитная энергия”? Если это энергия поля во всём пространстве, то она, конечно же, зависит от порядка и способа включения и нарастания токов. То, что утверждается в данном учебнике, может иметь место либо если под магнитной энергией понимать нечто вроде эффективной потенциальной (или даже кинетической?) энергии токов, либо если вводить искусственное дополнительное условие, будто ситуация уже в течение бесконечного времени остаётся стационарной.

Вывод выражения для плотности магнитной энергии с целью “определения её локализации [8, п.70, с. 292] довольно ограничен. Во-первых, жёстко фиксируется вся конфигурация. Во-вторых, причина “спрятана”, ведь в “доказательстве” для бесконечного соленоида поле \mathbf{B} может меняться только при изменении тока $J(t)$. Также невнятна фраза о том, что “формулы (69.3) лишены смысла” для быстроперемных полей. Это могло бы быть так, если бы эти формулы по смыслу выражали некоторый **закон**, но они выражают

только **определение** W_m и потому вполне можно подобрать такую величину $L(t)$, чтобы неизмеримая величина W_m удовлетворяла любым привычным формальным требованиям. “Строгий математический вывод” формулы не совсем безупречен: используется вера в уравнение $\operatorname{div} \mathbf{V} = 0$ (то есть в наличие векторного потенциала), используются “спасительные” условия на бесконечности, и, наконец, из вывода никак не следует отсутствие достаточно произвольных “нулевых колебаний”, зависящих от конкретного объёма и дающих при интегрировании по нему ноль.

Вывод выражения, точнее, введение **определения** для магнитных сил через энергию [8, п.72, с. 296] **при дополнительных условиях** постоянства некоторых параметров (уже искусственность!) означает ограниченность результата (приближённость). Например, даже в однородном магнитном поле существует момент сил, и он зависит от **формы** тела (следовательно, и от магнитострикции) и от μ вещества. Для ферромагнетиков введение понятия μ (или κ) ничего не даёт, так как это просто **определение** некоторой новой неизвестной функции (и требуется ещё одно уравнение для полноты и однозначности системы уравнений, а его нет).

Выражение для работы поля и тока [8, п.84, с. 362] введено без учёта токов смещения (“здесь читаем, здесь не читаем, здесь жирное пятно, . . .”), теплопроводность полагается равной нулю (при наличии омических потерь, связанных с сопротивлением!) и говорится, что якобы всё ещё может быть в порядке, то есть выражение просто “должно рассматриваться как один из постулатов макроскопической теории электричества”. Также “словесно” объявляется,

что под величиной u понимается плотность **всей** внутренней энергии. Оказывается, как легко заниматься физикой! Вводишь какой-нибудь постулат, лишь бы число “лишних” параметров было достаточно (например, как в ОТО), а далее просто ищешь интерпретации получающимся решениям. И вовсе не обязательно, чтобы постулаты строго вытекали из экспериментальных законов (посмотрите на всю систему уравнений Максвелла в современной интерпретации!). Однако практики для реальных расчётов исходят именно из экспериментальных законов и только теоретики “играются с математическими крючками” - лишь бы сошлись. Выражение для плотности энергии, как не измеряемое, остаётся на откуп веры теоретиков.

После математических комбинаций при получении тензора энергии-импульса электромагнитного поля [5, п.33, с. 113] получилась несимметричная величина. К ней искусственно добавили слагаемое для симметризации, которое ничего не изменяет в наблюдаемых величинах. Получается, что либо требование симметричности тензора физически ничего не означает, либо все компоненты данного тензора — вспомогательные величины. Если векторы E и H взаимно перпендикулярны и равны по величине, то в заявляемой псевдоевклидовой метрике для приведения тензора к диагональному виду требуется система,двигающаяся быстрее скорости света (чего релятивисты никак не допустят). Кроме того, **после симметризации** оказалось, что для поля след $T_i^i = 0$, что далее используется при выводе теоремы вириала [5, п.34, с. 118]. Однако для получения теоремы вириала ещё используются несовместимые предположения: финитное (следовательно, ускоренное) движение заряжен-

ных частиц и отсутствие излучения (энергии, уходящей на бесконечность). Поэтому результат, возможно, приближённо применим только к системе незаряженных частиц. При попытке искусственного включения в полученное выражение электромагнитных сил оказывается, что энергия бесконечна (от собственной электромагнитной энергии точечных зарядов) и надо произносить “научнообразное заклинание” о включении её в кинетическую энергию (то есть проводить перенормировку). По сути, те же ограниченные результаты использованы при выводе тензора энергии-импульса макроскопических тел [5, п.35, с. 120] (да ещё и предположение об изотропности давления, верное только для газов и ньютоновых жидкостей). Поэтому и вывод предельного уравнения состояния остаётся гипотетическим.

Заметим, что даже элементарный закон Кулона [5, п.36, с. 124] в случае **электростатики** может быть получен из уравнений Максвелла не автоматически, а только (!) при **дополнительном** условии, что поле направлено по радиусу и зависит только от расстояния. При получении электростатической энергии зарядов из выражения для энергии поля предполагается, что количество зарядов ограничено и сосредоточено в ограниченной области (и фактически уже учитывается закон убывания поля на бесконечности ! при интегрировании по бесконечной поверхности). Ситуацию с полной энергией поля [5, п.37, с. 125] релятивисты “вывернули наизнанку”: вместо того, чтобы из факта бесконечности собственной энергии сделать естественный, логичный и очевидный вывод о неточности реальных частиц (и противоречивости СТО), они ограничивают саму применимость электродинамики на малых расстояниях. Этим они “убирают”

всякие попытки **решить** вопрос об электромагнитной части массы электрона (также противоречивый в рамках СТО и требующий её отмены). Формальная перенормировка с физической точки зрения не может решить эту проблему, так же, как и принятое на сегодня простое исключение членов с самовоздействием. Ведь такие процедуры для получающейся зависимости не включают и **конечные изменения**, происходящие с собственной энергией в зависимости от изменений окружающей конфигурации (например, это было бы аналогично ситуации, когда, помещая мячик в барокамеру при разных давлениях, считать постоянной потенциальную энергию его резиновой оболочки независимо от сжатия или раздувания мячика). “Нахождение” радиуса электрона с использованием противоречивых релятивистских формул является непроверяемой и бесполезной спекуляцией.

Вычисление поля равномерно движущегося заряда с точки зрения СТО в [5, п.38, с. 128] производит удручающее впечатление своим формально-математическим подходом и отсутствием какого бы то ни было объяснения физики явления. По-видимому, автор даже побоялся произносить наукообразные заклинания ввиду их явной ущербности. Даже с точки зрения математики не ясно, зачем надо было искать потенциал в покоящейся системе, если потом поле (единственная реально измеримая по действующей силе величина) ищут сначала в движущейся системе, а затем используют преобразования для поля и переходят в неподвижную систему. Казалось бы, раз **уже** был найден потенциал в неподвижной системе в нужных координатах, по ним можно продифференцировать и найти поле. Сам результат тоже несколько странен: $E_{\perp} \rightarrow \infty$ при $v \rightarrow c$, то есть если один за-

ряд медленно пролетает возле другого, то в момент пролёта на некотором расстоянии R_{min} действующая сила конечна, а если пролетает с субсветовой скоростью, то сила стремиться к бесконечности (конечно, траектория будет без особенностей, так как она определится “интегральной” величиной воздействия силы за малое время пролёта, но физически это увеличение силы непонятно). Впрочем, физики-теоретики давно перестали даже пытаться заниматься сутью явлений, а стали полуматематиками, интересующимися лишь игрой с “крючками”. Казалось бы, если мы имеем дело с электромагнитными силами, распространяющимися со скоростью c (постоянной в любой системе отсчёта), то на первое тело в покоящейся системе будет действовать “образ” второго тела из той точки траектории, откуда к данному моменту дошло воздействие со скоростью c . То есть, например, для движения вдоль прямой

$$R \rightarrow R' = \frac{R}{(1 - \frac{v}{c})}$$

при приближении тела и

$$R \rightarrow R' = \frac{R}{(1 + \frac{v}{c})}$$

при удалении тела. Принятая же независимость результата от того, сближаются тела или удаляются, является странной с физической точки зрения.

В [9, п.2, с. 16] вычисляется не “энергия электростатического поля проводников”, а энергия поля вдали от проводников. Насколько можно по “кусочку энергии” судить обо всём явлении — большой вопрос (например, выброшена энергия

вблизи поверхности — энергия сродства зарядов к поверхности; также известно, что при больших зарядах провода могут взорваться, т.е. выброшены пондеромоторные силы внутри проводников). Поэтому линейные связи (коэффициенты ёмкости и электростатической индукции) остаются приближёнными (для слабых полей). Это же замечание относится к энергии проводника во внешнем поле. Кроме того, такое поле представляют созданным зарядами на бесконечности, но ведь при выводе формулы для энергии использовались граничные условия на бесконечности: $\varphi, E \rightarrow 0$. Также неизвестно, можно ли одновременно считать строго и для заземлённых тел $\varphi_0 = 0$, и на бесконечности $\varphi_\infty = 0$?

При рассмотрении униполярной индукции в [9, п.63, с. 326-328] весьма странно, что эффект не объясняют с точки зрения неподвижного провода (механизм явно отсутствует! но в этом даже не пытаются увидеть поставленного Природой вопроса). Вместо исследования физики явления формально совершают переход в систему, связанную с магнитом (тогда провод движется в магнитном поле). При этом даже не замечают **неэквивалентность систем**: первоначальная система была инерциальной, а система магнита — неинерциальная (вращающаяся)! Подгонка крючков!

Итак, такие важные электродинамические понятия, как энергия и сила на проверку оказались не такими уж строгими, последовательными и практическими, как ожидалось, но скорее академическими играми с математическими крючками.

Глава 7

Излучение волн

Рассмотрим ещё один важный раздел современной теории электромагнетизма, связанный с излучением волн, и проанализируем его на строгость.

Вначале Фейнман “доказывает” правдоподобно, что, во-первых, волны должны быть поперечными, совершенно произвольно исключая продольную составляющую, и, во-вторых, волны представимы как суперпозиция плоских волн [11, глава 20, параграф 1, с. 119]. А потом “вдруг” оказывается, что это было совсем не общее, а частное решение, так как есть ещё сферические решения и цилиндрические волны. Вообще говоря, подобные рассуждения не являются строгими математически, так как общее решение всегда должно включать источники и зависеть от их геометрии.

В [11, глава 21, параграф 2, с. 145] искусственно (чисто математически) вводят точечный источник, даже не обсуждая физически, что же это за диковинка такая. Например, для векторного потенциала пришлось бы вводить понятие

точечного тока. А что это такое? Если это движущаяся частица (несуществующая точечная), то она не стоит в одном и том же месте, а перемещается: почему же тогда написано уравнение в частных производных? А в аналогичном источнике для скалярного потенциала заряд вроде как стоит на месте. Решение же волнового уравнения с точечным источником всё равно найдено неверно, так как $\varphi = S(t - r/c)/r$ **тождественно** удовлетворяет волновому уравнению **без источника** везде, в том числе и в нуле. Поэтому фактически в книге утверждается, что уравнение должно быть без источника, а в нуле его вовсе не надо считать с источником, а нужно просто приравнять потенциал потенциалу источника. Но даже в этом случае правдоподобные рассуждения опять дают сбой, так как при малых r эту формулу (числитель) можно честно разложить в ряд по r и получить предел:

$$\varphi = \frac{S(t)}{4\pi r} - \frac{S'_t(t)}{4\pi c}.$$

Куда же выброшены произвольные колебания потенциала со временем, ведь они в общем случае дают поля? Да и, кроме того, получить решение с источником можно было бы множеством иных способов, например, добавить $\varphi = \varphi_0 + St^2/(2c^2)$ или $-Sr^3/6$ и т.п.

Фейнман очень долго пытается обосновать свою формулу (см. (21.1) в [11, с. 142]) для электрического поля движущегося заряда. При этом он рассматривает якобы медленные нерелятивистские движения и то пренебрегает запаздыванием, то учитывает его [11, глава 21, параграф 4, с. 149]. В итоге получились совершенно нестрогие рассуждения. Что означает “медленное движение”, если надо со-

поставлять первые и вторые производные по времени? Каким образом, вообще, при дифференцировании по координате (частная производная!) могла появиться дополнительная производная по времени?! Ведь это не полная производная! Получение же поля **Е** через дополнительное (!) искусственное условие калибровки вместо **прямых** расчётов вызывает недоумение. Также непонятно почему, когда он брал частную производную по координате, дополнительная производная по времени появилась, а когда он интегрирует (обратная процедура) по времени, с координатой ничего не происходит. Весь вывод явно пахнет подгонкой, и всё это только для того, чтобы констатировать, что решения **очень похожи** друг на друга. Сомнение вызывает также неточное совпадение результата с законом Био-Савара. Что считать в этом случае установленным экспериментальным фактом? И что проверяется? По-моему, ответ для физика должен быть очевиден.

По утверждению Ландау элементарные частицы в теории относительности и теории поля должны рассматриваться как точечные. Это, конечно же, превышение полномочий, так как опыт имеет прерогативу перед требованиями любой теории (и уж тем более, бредовой гипотезы относительности). Фейнман же честно делает попытку вывести потенциалы Лиенара — Вихерта, рассматривая заряд распределённым [11, глава 21, параграф 5, с. 156]. Все идеи здесь чисто классические! Поэтому следующее несоответствие с современными релятивистскими взглядами получится, если мы вспомним, что объём заряда согласно СТО должен был уменьшиться: куда делся релятивистский множитель? Если же ещё вспомнить, что поле создаётся именно зарядом,

то есть расстояние должно определяться относительно движущегося заряда, а так как расстояние до объектов тоже должно сокращаться, то получится полное несоответствие современной релятивистской теории с опытом. Таким образом, потенциалы Лиенара — Вихерта могут иметь такой вывод (Фейнмановский) только если верна классическая физика без СТО. Для движения заряда с постоянной скоростью [11, глава 21, параграф 6, с. 161] также получается в выражении для потенциала (формула 21.39) странный множитель $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, который ни к чему не может быть отнесён (ни к якобы инвариантному заряду, ни к радиусу — там уже есть свой множитель). То есть множитель взят “из воздуха”, без физических причин и механизмов.

С втеканием энергии [11, глава 27, параграф 5, с. 291] внутри конденсатора (см. Рис. 2.5 ниже) возникают “маленькие” вопросы. Утверждается, что энергия течёт к оси. Представим себе, что мы меняем полярность постоянно. Вектора **E** и **B** поменяли знаки, но поток всё равно направлен внутрь к оси (например, такое происходило бы даже без внешних источников вблизи нуля просто за счёт флуктуаций!). Если внутри конденсатора вакуум, то куда “оседает” всё время текущая к оси энергия и в чём это выражается? С одиночным проводом тоже есть вопросы. Движение частиц в полях не согласуется с приводимой схемой направления векторов **E** и **B** (вспомним про дрейф). В результате энергия, даже в предположении верности всех формул, не втекает внутрь провода извне, а поток имеет составляющую вдоль провода, как и подсказывает “примитивная интуиция”. К тому же непонятно, что будет с втеканием энергии поля извне, если мы заэкранируем конденсатор или провод? А что будет, ес-

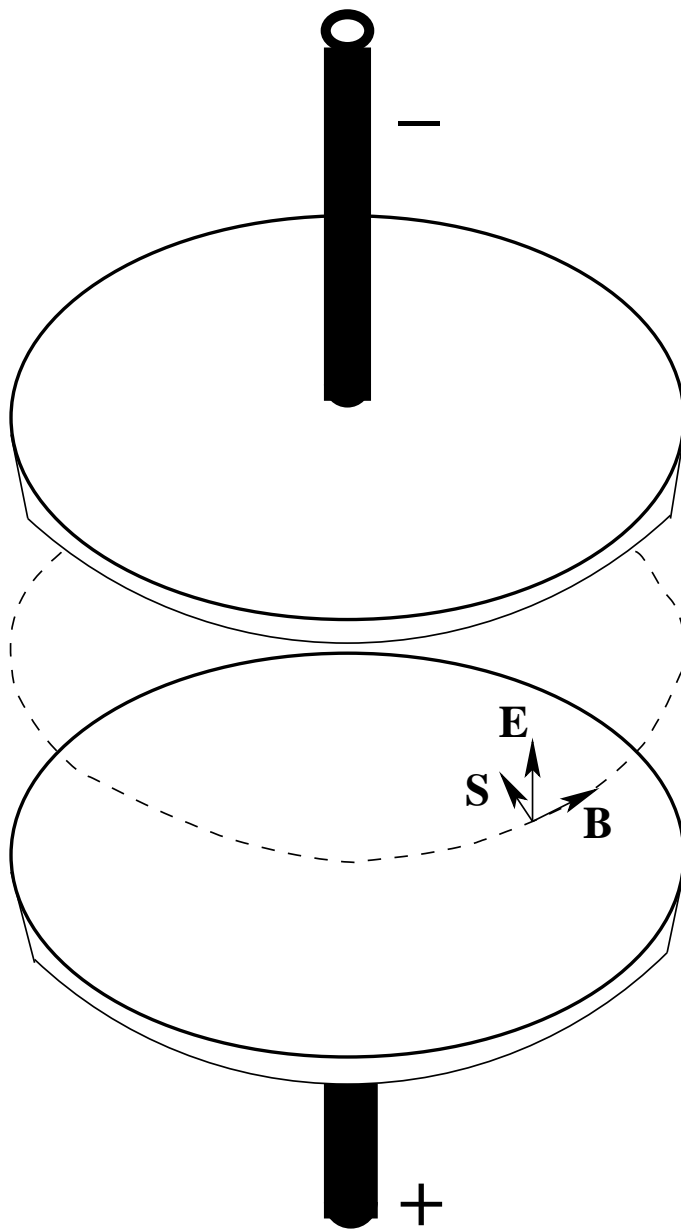


Рис. 5: Энергия конденсатора.

ли токи заряжены? Да и методически, “растекание энергии отдалённых зарядов по пространству и втекание её внутрь” - странно для нейтральных токов. Циркуляция энергии вокруг статической композиции заряда и магнита — бред, так как непонятно, в чём же эта энергия циркулирует. Ведь согласно (якобы эквивалентности массы и энергии) СТО это должно быть движение массы, причём ускоренное (центробежное ускорение по окружности)! Куда же тогда делось излучение (опять согласно современным теоретическим воззрениям)? Только что же в этом случае может излучать, если покоящийся магнит и заряд не взаимодействуют друг с другом? Импульс поля [11, глава 27, параграф 6, с. 296] введён постулативно, и если все скорости частиц — разные пространственные вектора, то возникает множество вопросов, в частности, и для вывода Эйнштейна о величине импульса поля.

Обсуждение вопроса об импульсе поля движущегося заряда [11, глава 28, параграф 2, с. 304] имеет отношение не к Природе, а к какой-то частной теории, также как и обсуждение доли электромагнитной массы в общей массе. Вопрос прост. Испытывает ли электрон столкновения с истинно нейтральными частицами? Только если он совершенно с ними не сталкивается (хотя определить это непросто), то его механическая масса равна нулю, а вся масса имеет чисто электромагнитную природу. А уж выражение для энергии [11, глава 28, параграф 3, с. 306] через mc^2 – непроверяемая гипотеза (нужная только в СТО) и подгонять под это выражение электромагнитную, и тем более механическую массу (или напряжения Пуанкаре от “неизвестных” сил) — гипотеза мутной воды. Вообще говоря, требования релятивистской

инвариантности совершенно неправомерны и ограничивают возможные выборы для теории электромагнетизма и теорий других полей (например, ядерных); скорее всего, эти требования просто исключают из поиска единственно верные в Природе решения. Ну не имеет инвариантность точечных световых вспышек в вакууме ни к чему другому отношения, кроме как только к электромагнитным полям и только в вакууме!

С энергией излучения тоже связано несколько методически непонятных моментов [2, глава 28, параграф 2, с. 41; глава 29, параграф 2, с. 51]. Во-первых, если вводить понятие потока энергии, то как можно отдельно рассматривать зависимость поля от $1/r$? Ведь вблизи заряда есть и другие “части” этого же поля, но с иными зависимостями. Уж если энергия поля “отошла” от заряда, то куда исчезнет её кусок? Опять “осядет”, “нарастёт”, во что-то перейдёт? Ведь она должна сохраняться при движении в пустоте. Во-вторых, пропорциональность энергии поля величине E^2 фактически взята из классической кинетической энергии пробного заряда, пропорциональной v^2 и пропорциональности скорости величине поля. Однако, 1) заряд движется не просто в поле \mathbf{E} , но и в поле \mathbf{B} и зависимости движения — более сложные, заряд не будет даже колебаться около фиксированной точки (например, в среде может существовать резонанс с волной); 2) Почему мы должны брать скорости пробных зарядов $\mathbf{v}_0 \equiv 0$? Это что, абсолютная система координат? Если выбрать распределение $f(\mathbf{v}_0)$, то опять все зависимости усложнятся. В-третьих, возьмём два одинаковых источника поля на некотором расстоянии. Тогда, в зависимости от соотношения фаз излучения на некотором расстоянии поле

оказывается нулевым. Но ведь при закрытом одном источнике поток энергии от другого источника проходил бы через эту точку. Так отходила энергия от источника или нет? Если поток энергии поля — самостоятельная сущность, мог ли он знать, что к этой точке летит другое поле от иного удалённого источника? Как же тогда два (почти сонаправленных) ненулевых потока энергии дают нуль? Вообще, принцип суперпозиции в идейном плане работает против полевого подхода: он показывает, что поле не независимо, а для пробного заряда в данной точке зависит от расположения и взаимного движения ещё и двух источников. Это явная **потенциальная энергия взаимодействия**. И почему она не может зависеть от $(t - t_i)$? И, наконец, если энергия движущегося заряда может “уходить”, то почему он не исчезает?

СТО отказалась от эфира и считает вакуум пустотой; как же тогда можно говорить об импедансе (сопротивлении) вакуума [2, с. 105], равном 3770 Ом? Да потому, что он обнаруживается, а вот СТО — просто фантазии воспалённого ума. При вычислении энергии излучения заряда при ускорении Фейнман хитрит [2, с. 106]: хотя в формулу входит ускорение с учётом запаздывания, он говорит, что неправильно считать, будто энергия была излучена в тот момент, и поэтому надо вычислять средний за период квадрат ускорения. Как же так, ведь в СТО при любых (а в классике при досветовых) движениях источника, если волна “отлетела” от него, то он её уже не догонит и не изменит своего вклада в излучение (по времени пришедшей в точку наблюдения волны всегда можно начертить сферу, откуда могла она долететь в данное время до данного приёмника).

Как уже указывалось, математическое выражение для

плотности энергии записано лишь приближённо, и реальная величина **в заданной точке** может отличаться от общепринятой записи. Приближённой является и общепринятая запись для вектора Пойнтинга **в заданной точке**. Кроме того, приближённо проверить можно лишь интегральную величину, а дифференциальная величина может быть изменена на произвольную вихревую функцию ($\text{rot } \mathbf{f}$). Понятие вектора Пойнтинга [6, параграф 92, с. 429] оказывается, мягко говоря, странным в ряде случаев:

1) Для постоянных неподвижных зарядов и магнитов можно “сделать” произвольный поток энергии, движущийся по тем или иным характерным траекториям (например, по кругу) и который ни в чём конкретном не проявляется;

2) Для провода приходится считать, что энергия “втекает” из окружающего пространства по радиусу, а в области ЭДС — “утекает” наружу по радиусу, но нет потока энергии **вдоль** провода от второй области к первой (как же она туда попадает?);

3) Для распространяющегося света подозрительно, что из уравнений Максвелла поля **Е** и **Н** **одновременно** достигают и максимума и минимума: как же быть с широко распространённой в учебниках аналогией о переходе энергии из одной формы в другую? Поток энергии получается меняющимся, а не постоянным — что, получается будто бы не источник (лампочка) постоянно излучает энергию, а она самопроизвольно то появляется, то исчезает? В точке, где **Е** = 0 и **Н** = 0 и вовсе нет потока энергии.

Предположение о том, что при распространении электромагнитного поля сквозь среду её свойства (ϵ, μ) не ме-

няются вовсе — лишь приближённые модельные представления. На самом деле волна сама слегка модулирует свойства среды, через которую распространяется. “Объяснение” с точки зрения вектора Пойнтинга вопроса, почему при скин-эффекте энергия “не успевает” проникнуть вглубь, выглядит наивным. Ведь как в постоянном, так и в переменном поле **всегда** вектор Пойнтинга направлен по радиусу из внешней области к центру, то есть энергия всегда “течёт” в одном направлении и стоило бы объяснить, почему же она “почти не дотекает” до центра провода.

При вычислении поля осциллятора [6, параграф 98, с. 458] находят “промежуточную зону”, где приближённое решение можно применять. Надо только учесть, что, во-первых, мы заранее предполагаем, что решение (ряд) сходится и, во-вторых, что отбрасывание приводит к ответу, близкому к истинному решению только по порядку величины. Всегда получается конечный допуск и **функциональное** поведение может существенно отличаться от поведения решения, вычисленного по первым членам ряда. В итоге может оказаться, что дифференцирование этой приближённой функции (например, при наличии высших гармоник) даёт функциональные зависимости сильно отличающиеся от истинных. Конечно же, поле осциллятора в [6, параграф 99, с. 466] — не точное, а лишь приближённое; естественно, что всегда могут существовать ω или λ , для которых данное решение неприменимо (не удовлетворены условия, при которых получался ответ), и для разложения по гармоникам (Фурье) тоже могут существовать ограничения.

Вывод уравнений для плоских волн [6, параграф 100, с. 476] в диэлектрике опирается на постоянство ε и μ , а также

отсутствие ρ и \mathbf{j} . В реальности величина $\rho \neq \text{const} \neq 0$, но есть быстро осциллирующая функция. Аналогично, в зоне прохождения луча \mathbf{j} тоже есть быстро осциллирующая функция. Да и решение с одновременным достижением максимумов обоими векторами \mathbf{E} и \mathbf{H} — не более чем одна из возможных моделей. Так ли это на самом деле должен устанавливать отдельный эксперимент.

Все физические теории — это лишь “сотое”, блёклое отражение реальности (не более чем приближённая модель), и теории дальнего действия и ближнего действия [6, параграф 109, с. 531] — две крайности. Не существует абстрактных “зарядов”, а есть реальные частицы, которые обладают определёнными конкретными свойствами. Поэтому Фарадей-Максвелловские “сгущения линий” просто отпадают, как математические абстракции (не говоря уже о том, что чисто полевая концепция так и не развита в окончательном виде и не используется). Даже механистические теории не запрещают, чтобы возмущения могли распространяться с конечной скоростью. Пока более практичной оказалась гибридная теория, да и опыт показывает, что поля существуют только при наличии зарядов или/и токов (то есть материальных носителей). Сама запись зависимости только от величин в момент t ещё не говорит о мгновенности процесса. Всегда можно “отфонарную кривую” $\mathbf{r}(t)$ (то есть зависящую от произвольных производных) представить решением некоторого уравнения

$$m\ddot{\mathbf{r}}(t) = \mathbf{F}(t),$$

и всегда можно ввести определения и переобозначения

$$\mathbf{F}(t) \equiv \mathbf{F}_1(t, \mathbf{r}) \equiv \mathbf{F}_2(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) \equiv$$

$$\equiv \mathbf{F}_3(t, \mathbf{r}(t), \mathbf{v}(t), \dots, \ddot{\mathbf{r}}(t), \dots) \equiv \mathbf{F}_4(t - t_0),$$

и ни одна из записей сама по себе не говорит ни о дальности действия, ни о мгновенности, ни о запаздывании. Да и все уравнения (и интегральные и дифференциальные в частных производных) имеют одну и ту же экспериментальную базу, и, значит, степень их общности одинакова (да и в некоторых случаях они ещё “нагружаются” дополнительными условиями!). Все сложности с вопросом о локализации энергии статических полей остаются прежними. Вопрос определения точного выражения для энергии и импульса поля для быстропеременных полей тоже неоднозначен.

В [8, п.83, с. 355] электромагнитные волны “объясняются” на примере движения бесконечной плоскости с фиксированными на ней зарядами (получается $\mathbf{E} \perp \mathbf{B}$). В случае же конечного объекта взаимное расположение силовых линий усложняется, так как линии \mathbf{E} - расходящиеся прямые, а линии \mathbf{B} должны быть замкнуты (овальная форма при увеличивающемся с расстоянием растяжении). Странно также выглядит соотношение $\varepsilon E^2 = \mu H^2$, то есть в любой момент электрическая энергия равна магнитной энергии. Речь не идёт о средних значениях! А именно — о мгновенных значениях (что противоречит самому понятию волн)! Таким образом, одна энергия не переходит последовательно в другую (как это имело место с кинетической и потенциальной энергиями в волнах), но в какой-то момент — максимальна, а в какой-то момент — нулевая. И в этих распространяющихся точках она всегда остаётся нулевой. Спрашивается, если в одной точке все энергии (и поля) обнулились, то, как же они могут “воскреснуть из ничего” в соседней точке? Тут полевым подходом вовсе “не пахнет” (а скорее похоже на

обычные частицы)!

Сивухин нападает [8, п.85, с. 370] на систему СИ, которую задолго до теоретиков выбрали практики (экспериментаторы, инженеры и др.). Заметим, что СГС и МКС **ничем** принципиально (с точки зрения физики) от неё не отличаются. Уравнения Максвелла в СИ выглядят проще, но релятивисты не могут смириться с отсутствием буквы “*c*” в уравнениях. Далее Сивухин лихо распоряжается, что в уравнениях якобы опускается, какие из величин имеют смысл, а какие — нет, но всё это остаётся пока вопросом веры (на самом деле, все введённые величины искусственно введены для модельного описания и ни одна из них не измеряется прямо, без интерпретаций теории). Поэтому никаких (!) принципиальных недостатков СИ просто не существует! Отождествление величин **E** и **D**, **V** и **H** в вакууме — это вера Сивухина (численное совпадение при каких-то конкретных условиях никогда ещё не гарантировало тождественность понятий!). Всё это никак не отменяет единство электромагнитного поля в системе СИ. Не исключено также, что можно (с другим набором величин) по-иному описывать электромагнитные взаимодействия. Кроме того, система СИ позволяет вводить изменения в законы, в случае обнаружения такой необходимости в экспериментах (так как в ней заложены и механизмы явлений), а Гауссова система — уже жёстко заданная (система аксиом веры), и всё последующее может “надстраиваться” только *ad hoc*.

Вид, в котором ищется вектор **D** при описании излучения диполя Герца [8, п.141, с. 627], выбран искусственно: 1) он ограничен всего тремя типами зависимости — от **p**, **ṗ** и **ṗ̈**; 2) предполагается, что решение всегда можно разложить

по составляющим \mathbf{p} и \mathbf{r} ; 3) когда ограничивают возможные зависимости от \mathbf{r} , то предполагается, что отсутствуют размерностные постоянные ($[\mathbf{r}_0]$, $[\mathbf{p}_0]$ и др.), а это может быть и не так; 4) предполагается, что никаких Г.У. или Н.У. не существует (точечность диполя тоже это предполагает!); 5) введение зависимости от $t' = t - r/v$ хотя и понятно в объяснительном плане, но в практическом плане предполагает знание всех законов движения тел (то есть решение и этой **дополнительной** задачи), что неудобно. Для электромагнитных волн странно, что сетка из проволок [8, п.142, с. 640] может сильно препятствовать прохождению волн (казалось бы, затухание должно зависеть от отношения площади, “закрытой” проволокой, к общей площади). Возможно, иное объяснение могло бы зависеть от механизма преобразования магнитной составляющей поля.

Для системы Лехера в [8, п.143, с. 642] без использования системы уравнений Максвелла (!) получается конечная скорость распространения волн. И совершенно неважно, что это — распространение “состояния электризации” (или напряжения, тока), просто в домаксвелловской физике вовсе не вводилось понятие поля (да и всё равно о введённом поле приходится судить только по тем же самым его реальным воздействиям!). А для коаксиальных цилиндрических проводов получается привычная скорость распространения волн в свободном пространстве. И весьма забавно выглядит “извинение”, что без использования “принципиальных” (для физики механизма распространения) токов смещения получается тот же самый результат.

При выводе формул для плотности и потока энергии автор [5, п.31, с. 107] довольно вальяжно меняет друг с другом

совершенно разные виды дифференциалов

$$\frac{d}{dt} \rightleftharpoons \frac{\partial}{\partial t}$$

(куда ему выгодно). Кроме того, при рассмотрении поля в электродинамике часто рассматриваются плоские электромагнитные волны. А в этом случае (бесконечных гармонических колебаний) поток энергии даже не убывает на бесконечности (а в общем случае интеграл по **любой** ограничивающей поверхности всегда даёт суммарную энергию отходящих волн, не равную нулю). Поэтому в общем случае формулы, “выбрасывающие” интегральные члены на бесконечности, в принципиальном плане неверны (а в лучшем случае верны лишь приближённо).

При использовании мультипольных моментов в разложениях физических величин обычно ограничиваются некоторым конечным числом моментов. При этом в современной электродинамике [5, п.41, с. 135] ограничиваются только разложением (или сравнением) по радиальной зависимости, а на влиянии угловой зависимости не акцентируется внимание. Например, даже при $\sum e_\alpha = 0$ и $\mathbf{d} \neq 0$ разложение не может быть ограничено дипольным моментом для углов вблизи $\pi/2$, так как тогда $\mathbf{dR}_0 \rightarrow 0$, и надо учитывать следующий (!) член разложения. Аналогично, для сил и энергий есть пределы применимости полученных приближённых выражений по углу, и выводы при использовании подобных выражений становятся ограниченными.

Странно, что при “решении” разных задач часто налагаются **разные** дополнительные искусственные условия на потенциал. Так, при получении волнового уравнения (для

трёхмерного случая) полагают $\varphi = 0$, $\operatorname{div} \mathbf{A} = 0$, а потом выглядит комично, когда нас “уговаривают” [5, п.46, с. 148], будто в четырёхмерном виде лучше всего Лоренцева калибровка (так как ! инвариантна), хотя видно, что она не приводит к однозначному решению! Ещё более подозрительно, что уравнения Максвелла, выведенные с использованием свойства убывания поля на бесконечности, пытаются прямо применять к неубывающим ! на бесконечности полям, например, к плоским волнам [5, п.47, с. 150] (пишут из уравнений Максвелла поля, потенциалы, плотность энергии, вектор Пойнтинга) или к бесконечным конструкциям (плоскостей, плоских или цилиндрических конденсаторов и т.п.). Также при вычислении “собственных колебаний поля” [5, п.52, с. 170] используются уравнения, ранее выводившиеся с использованием условий на бесконечности. Кроме того, применяется волновое уравнение. А чуть ранее при разложении электростатического поля [5, п.51, с. 169] потенциалы не удовлетворяли этому уравнению: получается, что хотим, то и выбираем (подглянув в ответ?). Такая же ситуация с граничными условиями (стоящая или бегущая волна) — что хотим, то и получим. Да и сама цель введения этого разложения непонятна: для определения силового воздействия (единственно измеримого) в некоторой точке, надо знать поле в этой точке, но в предложенном разложении надо знать бесконечное число коэффициентов (и заранее неизвестно, можно ли ограничиться конечным их числом и каким).

При выводе потенциалов Лиенара-Вихерта [5, п.63, с. 215] исходят из веры в пустое пространство (принцип относительности): при выборе потенциалов относительно самой частицы. Далее, используется вера в то, что потенциалы

должны составлять 4-вектор. Затем, не доказываясь, что среди удовлетворяющих переходу к случаю $\mathbf{v} = 0$ выбранный вид — единственный (на самом деле их можно ввести сколько угодно). Решение тоже вызывает вопросы: существует член, пропорциональный не $1/R^2$, а $1/R$, то есть медленно убывающий на бесконечности (следовательно, видно несоблюдение условий убывания на бесконечности тем предположениям, при которых выведены основные уравнения электродинамики); поле \mathbf{E} (то есть сила) стремится к бесконечности при $\mathbf{R} \parallel \mathbf{v}$ и $v \rightarrow c$; видно, что при $\dot{\mathbf{v}} = 0$ поле не переходит в поле равномерно движущегося заряда (например, $E_{\perp} \rightarrow 0$ при $v \rightarrow c$, в то время как для равномерного движения имеем $E_{\perp} \rightarrow \infty$). При спектральном разложении запаздывающих потенциалов [5, п.64, с. 218] непонятно, зачем искать вначале потенциалы из ρ и \mathbf{j} (шаг назад), если можно сразу было искать сами поля. При разложениях (например, в функции Лагранжа [5, п.65, с. 221] по v/c) речь должна идти не об одинаковых степенях v/c от слагаемых, а об одинаковых **суммарных величинах** от разных слагаемых. Например, вследствие наличия угловой зависимости, надо будет использовать разные разложения - в зависимости от углов.

По сути, введением потенциалов в современной электродинамике (и уравнений для них вместо уравнений поля) мы повышаем порядок дифференциальных уравнений. Если подходить строго, то в той же мере надо добавить дополнительные начальные и/или граничные условия. Наложение калибровок или иных дополнительных условий и подразумевает подобную процедуру, только её роль не ясна до конца: сохраняется ли единственность решения и его соответ-

ствие физике задачи, когда вместо чётко проверяемых стыковок с экспериментальными данными на границе вводятся зависимости просто из каких-то формальных соображений (уравнений). Обращает на себя внимание, что даже в однотипных задачах (без специфики граничных условий или конфигурации) часто вводятся разные дополнительные условия: например, для поля системы зарядов на далёких расстояниях [5, п.66, с. 227] и для плоских волн (иначе угловые зависимости будут различаться). Таким образом, теория явно имеет неалгоритмический характер. Далее, при сопоставлении с экспериментом надо учесть, что отдельные акты излучения практически не воспринимаются, а детектируются только статистические характеристики излучения при столкновениях потока частиц [5, п.68, с. 235]. При нахождении приближённых выражений для излучения фактически не учитывается угловая (не сферическая) зависимость излучения (разлагают только по R), следовательно, для некоторых углов решение не справедливо. Странно, что при $e_1/m_1 = e_2/m_2$ излучение отсутствует [5, п.70, с. 240]. Но ведь позитроний в итоге превращается в два (3) γ -кванта? А, с другой стороны, атомы не излучают (хотя для них данное условие не выполнено). Таким образом, вряд ли можно согласиться, что современная электродинамика адекватно описывает процессы излучения.

В [5, с. 242-254] получают формулы для эффективного (по сути, суммарного) излучения (и интенсивности), правда не до конца понятен их смысл: это не излучение **исходящее** от системы (так как вблизи поле другое); его распределение по углам будет различаться от углового распределения и вблизи системы, и вдали от неё, следовательно, интеграль-

ная величина является нестрогой; непонятно, как это излучение экспериментально верифицировать (если оно не в точке, где приёмник, а “размазано”): бегать с “сачком” на больших расстояниях от системы, ловить все волны и интегрировать? И не будет ли конкретный механизм взаимодействия с приёмником влиять на **измеренную** величину?

При получении выражения для излучения быстро движущегося заряда в [5, п.73, с. 256] используется переход от случая покоящейся частицы, что можно сделать только для одинокой частицы (то есть это теория двух тел — частицы и наблюдателя). Постулируется, что надо переписать выражение в четырёхмерном виде (опять слепая вера в СТО) и чтобы был предельный переход к случаю покоящейся частицы. Но из такого состояния (точки) возможно провести бесконечное число зависимостей. Таким образом, нет доказательства единственности решения и того, что оно отвечает Природе. Обращает на себя внимание, что полученные скалярные выражения содержат слишком много переменных: \mathbf{v} , $\dot{\mathbf{v}}$, \mathbf{R} , t , \mathbf{E} , \mathbf{H} . Это означает, что здесь рассматривается движение заряда, заданное “вручную”. Например, при самосогласованном решении уравнений современной электродинамики (даже в заданных полях) нельзя заранее задать, что скорость всегда перпендикулярна ускорению — вследствие излучения волн и потерь энергии такое взаимное расположение может осуществиться лишь в отдельный момент времени. Аналогичное замечание касается самой постановки задачи при введении понятия о “магнитно-тормозном” излучении [5, п.74, с. 261]: несмотря на излучение, частица продолжает двигаться по окружности (то есть это движение с постоянным внешним притоком энергии, которая и

тратится на излучение). При интерпретациях для пучков частиц надо учесть изменение магнитного поля от самих частиц и сложение волн от разных частиц (усреднение).

К теории света и современным взглядам на неё существует ряд вопросов, отмеченных Виктором Морозом (см. его статьи на сайте <http://www.antidogma.ru/library/katalog/>). Свет зависит только от источника, но не от приёмника, то есть теория должна была бы быть непотенциальной. Совпадение скоростей не доказывает электромагнитную природу света (ток в металле “приходит” тоже со скоростью c , но это не свет!). Теория света по Максвеллу — это теория в диэлектрике (учитываются только токи смещения), закон Ома не учитывается, но ведь, например, электролит — хороший проводник и должен был бы быть непрозрачным, а это не так!

К вопросу о том, должен ли согласно электродинамике излучать электрон,двигающийся по круговой орбите (З.И. Докторович 1994). Из экспериментов известно, что добротность диполя меньше единицы (это хороший излучатель), а добротность кругового витка больше сотни (это связано только с потерями в нём самом). То есть, кинематическое разложение движения на две составляющие не даёт разложение итогового динамического результата на два соответствующих результата!

То, что можно ввести [3, с. 170] некоторый коэффициент m в выражение энергии E никак не связано с тем, будет ли эта величина m (даже если мы назовём её массой) источником гравитационного притяжения. Например, по современным интерпретациям СТО масса совокупного излучения

зависит от его суммарного импульса, то есть гравитация может странным образом появляться, исчезать, прыгать и т.д.

Странным является фактическое постулирование, что в вакууме волновой фронт всегда перпендикулярен направлению распространения светового луча (например, для “объяснения” абберации в СТО). И изотропия пространства здесь ни при чём (не требует такого постулирования): направление испущенного света уже задаёт выделенный вектор, и направления движения наблюдателей могут определяться относительно него.

В отношении теоретического объяснения излучения Черенкова в [9, п.115, с. 588] возникают некоторые вопросы. В соотношении $\omega = k_x v$ предполагается, что частица движется равномерно сквозь среду, то есть не излучает (а ещё точнее, никак не взаимодействует со средой), а каков же механизм такого процесса без взаимодействия? Теоретические различия этого излучения от тормозного излучения (все предельные переходы) основаны на нереальном предположении о точности частицы. Вначале говорится о том, что это излучает **сама среда**, а затем вдруг выделяют из полных потерь энергии **частицей** на излучение ту долю, которая связана с излучением Черенкова. Так что же излучает?

Таким образом, мы видим, что с описанием такого ключевого явления, как излучение волн, у современной электродинамики существует достаточно большое количество проблем.

Глава 8

Прохождение волн через среды

Рассмотрим теперь подробнее некоторые применения современной теории электромагнетизма. Начнём с описания распространения волн в средах.

Называть скорость распространения света через вещество c/n кажущейся [2, с. 85] — это ставить выдуманные теоретические принципы СТО выше ОПЫТА. Распространение возмущений в среде — тоже следствие электромагнитных сил, но скорость света (изотропная) здесь ни при чём: опыт даёт распространение возмущений со скоростью звука ($v_s \ll c$) и часто неизотропное. Да и объяснение задержки через сдвиг фазы — половинчатое, так как нигде в гармонические решения от $-\infty$ до $+\infty$ не входит момент включения поля (а только такая постановка задачи индивидуализирует фронт волны).

При выводе выражения для показателя преломления [2, глава 31, параграф 1, 2, с. 85-93] слишком модельным яв-

ляется представление об излучении атомами **математической плоскости** (ведь в веществе больше всего пустоты). На самом деле переизлучают атомы, распределённые вдоль всего слоя ($z_2 - z_1$). Кроме того, переизлучение происходит во всех направлениях с некоторой вероятностью, которая тоже должна определяться **из опыта**. Следовательно, рассмотрение чисто одномерной “задержки” — модельное и слишком грубое. И, наконец, совершенно неизвестно, как излучение проходит **через сами элементарные частицы** (то, что при этом что-то должно происходить, ясно из рассмотрения рассеяния гамма-квантов, если верить, что они — тоже электромагнитное излучение). Поэтому претензии на необходимость использования “высоких принципов СТО” — неадекватны.

Опытный макроскопический закон Кулона не гарантирует аналогичную форму записи для элементарных частиц: для его гарантированной (проверенной) применимости должны быть велики расстояния между частицами по сравнению с их размерами, да и точность измерения отклонения траектории (или местоположения) должна быть высока в пределах этих размеров. Для микрообъектов невыполнимой абстракцией оказывается бесконечная малость пробных зарядов (также как и отсутствие изменения в свойствах и состояниях заряженных частиц при наличии других зарядов — принцип суперпозиции). Методически неточен вывод скачка **E** на заряженной поверхности: при выводе теоремы Гаусса заряды на окружающей поверхности не рассматриваются, а в данной задаче при уменьшении высоты и площади боковой поверхности эта поверхность стягивается к **заряженной** линии.

Как оказывается из расчётов (вектор Пойнтинга), энергия течёт с фазовой скоростью волны [6, параграф 100, с. 481]. Поэтому странно выглядит фраза, что нужно обязательно рассматривать волновой пакет. А что, монохроматическая волна не переносит энергию (то есть она может существовать без источника)? Всё прежнее было выведено в предположении действительности принципа суперпозиции (линейности уравнений Максвелла). Но тогда, используя Фурье разложение, получаем, что энергия каждой гармоники передаётся с фазовой скоростью (если же считать, что монохроматическая гармоника вовсе не передаёт энергии, то не будет её передавать и сумма таких гармоник). Для рассмотрения нелинейных сред нужен более общий подход к принципам (к основам), чего не было сделано, поэтому фраза о том, что при наличии дисперсии нужно рассматривать групповую скорость для описания передачи энергии выглядит необоснованной (голословной).

Заметим, для того чтобы обсуждать возможность существования продольных волн [6, параграф 101, с. 481], нужно определить сначала их свойства (скорость их распространения а priori может быть любой) и методы детектирования. Законы отражения и преломления получены просто из предположения о существовании плоских волн, граничных условий и неизменности типа волн при этом процессе (а если тип волн может изменяться?). Показатель преломления или диэлектрические проницаемости ε_1 и ε_2 — это просто константы, которые никак из теории самосогласованно не следуют, а, наоборот, подлежат определению. Поэтому отличие n от $\sqrt{\varepsilon}$ означает, что не всё так просто с элементарными моделями однородной среды, но ничего другого в уравнениях

Максвелла пока и не рассматривалось. Опять — требуется более общий анализ проблемы, а не просто подправление (подгонка) величин ε под существующую дисперсию. В металле (как и в любом материале) [6, параграф 102, с. 491] можно считать $\rho = 0$ только как усреднённую по определённым масштабам величину. В микроскопическом масштабе $\rho \neq 0$, и в поле волны, естественно, будут колебания ρ (и надо определить роль этих мелкомасштабных вариаций). Далее, все формулы получены **только** для случая с постоянными свойствами среды (ε), то есть они могут быть приближённо применимы только **внутри** проводника, но не вблизи его границ, где происходит переход ($\varepsilon_1 \rightarrow \varepsilon_2$).

В [6, параграф 104, с. 502] целый параграф посвящён оправданию очевидной глупости: непрерывной циркуляции энергии (как вектора Пойнтинга) в статических полях (заряженный цилиндрический конденсатор в продольном магнитном поле). Однако идея с разрядом (для выключения поля \mathbf{E}) от радиоактивного источника для обнаружения такой циркуляции выглядит неубедительно: поскольку производятся свободные заряды, которые в скрещенных полях $[\mathbf{E} \times \mathbf{V}]$ начинают дрейфовать по окружности вокруг оси, приводя во вращение сначала газ, а затем и сам конденсатор. Но ведь это — известный явный механизм, действующий в данном случае опосредствованно, через две промежуточные “цепи”. А ведь “выключение” момента количества движения можно было провести проще: выключив внешнее магнитное поле. Найдётся ли тогда механизм перехода системы во вращение? Конечно, нет!

При решении ряда задач в электродинамике нам пытаются предложить некоторые “интуитивные” решения, но

определённое внутреннее неудовлетворение вызывает тот факт, что в современной электродинамике далеко не всё интуитивно очевидно (нет алгоритмического подхода). Например, почему поле **вдоль** проводника распространяется на огромные расстояния, а **вглубь** — затухает на глубине скин-слоя [6, параграф 106, с. 511]? Только потому, что мы сразу **выбрали** такой тип решения? Неужели быстроперенные токи в проводе и кабеле распространяются только за счёт волны в диэлектрике? И при этом вовсе не затухают? Тогда поле практически не должно было бы меняться при наличии разрывов сплошности металла. Так ли это (очевидно, нет)?! Странно выглядит и наш **выбор** $\mathbf{j} = \lambda \mathbf{E}$ (он вовсе не следует с однозначностью из экспериментально проверяемого равенства $I = U/R$). Также при затухании \mathbf{E} это приводило бы и к уменьшению \mathbf{j} , но ведь \mathbf{j} аналогично потоку воды в трубе: неужели электроны где-то накапливаются и создают дополнительный заряд (значит, мы имеем дело не с затуханием, а просто с изменением профиля)? Или же считать вдоль проводов и $\mathbf{E} = \text{const}(l)$ и $\mathbf{j} = \text{const}(l)$, но ведь поле не распространяется мгновенно, значит должны меняться и \mathbf{E} , и \mathbf{j} , и ещё и ρ (в приближённой теории быстроперенных токов заряды ρ в промежуточных выкладках появляются!).

Для ферромагнетиков [6, параграф 108, с. 525] заметим, что ферромагнетик в одном поле может отличаться по свойствам от того же ферромагнетика в другом поле: помимо тепловой (неупорядоченной) энергии вполне могут возникать упорядоченные движения (например, в волне), может происходить сжатие ферромагнетика (то есть получается, где сшивать граничные условия мы должны знать а

priori?), может меняться энергия взаимодействия доменов, происходит переориентация структурных “элементов”, могут меняться $\varepsilon, \mu, \lambda$, да и свойства сильно зависят от скорости процесса (неадиабатического). Таким образом, предложенное описание весьма подозрительно. Да и определение величин через вектор Пойнтинга “снаружи” — искусственное, мы ведь должны были бы знать амплитуды прошедших, отражённых, рассеянных и поглощённых волн, то есть всё равно решить полную задачу!

При описании электромагнитных волн: 1) нам “предлагают верить”, что все нюансы описываются уравнениями Максвелла; 2) вводится нереальная “неограниченная однородная среда без поглощения”; 3) все характеристики зависят только от x и t , то есть распространяется “бесконечная плоскость в перпендикулярном направлении” (но ведь в реальности мы всегда имеем трёхмерный случай и ограниченный “по ширине и высоте” световой луч!); 4) не доказано, что не существуют иные “распространяющиеся (или пространственно замкнутые!) решения”; 5) совпадение фаз **E** и **H** — лишь следствие нашей “веры” в единственность решений и возможность нахождения их только (!) из уравнений Максвелла.

При описании скин-эффекта [8, п.144, с. 648], во-первых, предположено, что вовсе нет изменения плотности зарядов ($\text{div} \mathbf{j} = 0$) и, во-вторых, из всевозможных решений **выделено** (искусственно выбрано) только то, для которого ток течёт вдоль одной оси, поле **V** направлено по другой перпендикулярной оси, а все зависимости — от третьей пространственной компоненты. Далее, Сивухин честно признаётся, что “строгого и понятного” описания работы транс-

форматора Теслы, основанного на уравнениях Максвелла, не существует (вот вам и “величие теории”), а вместо этого используется описание, основанное на теории постоянных и квазистационарных полей, что, конечно же, неудовлетворительно.

При “получении” уравнений поля в среде из микроскопических уравнений Максвелла (почему-то постулируемых верными, хотя в экспериментах всегда имеют дело с макропараметрами) применяется процедура усреднения. Однако, она однозначна **только** в линейном приближении (когда максимальные флуктуации величины много меньше её среднего значения), так как в математическом уравнении мы можем по определённым правилам переносить слагаемые и множители. Например, уравнения $\operatorname{div}\mathbf{E} = 4\pi\rho$ и $\operatorname{div}\mathbf{E}/\rho = 4\pi$ полностью равноправны, но из 1-го уравнения следует

$$\operatorname{div}\langle\mathbf{E}\rangle = 4\pi\langle\rho\rangle,$$

а из 2-го (используя определение флуктуаций и разложение в ряд Тейлора):

$$\frac{\operatorname{div}\langle\mathbf{E}\rangle}{\langle\rho\rangle}\left(1 - \frac{\langle\operatorname{div}\mathbf{E}'\rho'\rangle}{\langle\operatorname{div}\mathbf{E}\rangle\langle\rho\rangle} + \dots\right) = 4\pi.$$

Вопрос **что** надо усреднять, из какого **уравнения**, **как** и что предполагать о флуктуациях выходит за рамки самой микроскопической электродинамики и требует прояснения **дополнительных** принципов и условий.

При выводе уравнений поля в диэлектриках [9, п.75, с. 380] строго установить связь $\langle\rho\mathbf{v}\rangle$ с другими величинами не представляется возможным. В итоге вначале формально

некоторую комбинацию обозначают как $c\mathbf{H}$, то есть используют ту же букву, что и для напряжённости магнитного поля (без доказательства, что эта величина и есть напряжённость \mathbf{H}). А затем произносят фразу о некоторой “медленности изменения поля” (без каких бы то ни было количественных параметров этой медленности!), якобы сохраняющих ту же зависимость \mathbf{H} . В общем, где-то во Вселенной такая ситуация с уравнением и могла бы воплотиться, но вопрос о применимости данного уравнения к каждому конкретному случаю остаётся открытым.

Релятивистское обобщение связей между \mathbf{D} и \mathbf{E} , \mathbf{B} и \mathbf{H} (и получение формул Минковского) для движущихся сред [9, п.76, с. 385] вызывает недоумение с математической точки зрения: все кривые получены **только** по совпадению нулевой точки при $\mathbf{v} \equiv 0$! Таким образом, эти связи (модельные!) вовсе не обоснованы для движущихся диэлектриков, а ведь без них уравнения Максвелла беспредметны. Не говоря уже о том, что, строго говоря, связь в общем случае должна иметь не простую линейную, а интегральную зависимость (включающую предысторию).

Смешно выглядит в [9, п.79, с. 396] фраза о “незаконном уточнении” магнитной проницаемости $\mu(\omega)$. И “доказательство” этого весьма странно: вначале из точного уравнения

$$\operatorname{rot}\mathbf{B} = \frac{4\pi}{c}\langle\rho\mathbf{v}\rangle + \frac{1}{c}\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t},$$

которое так и не смогли усреднить, вычитают уравнение

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t},$$

полученное лишь формально — путём введения неких “вспомогательных сторонних зарядов” (которые почему-то вовсе

не влияют на свойства среды, а только на поле!). В результате получается “лишний” член $\frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t}$ с неизвестной точностью, но объявляется, что \mathbf{M} имеет физический смысл только когда этим членом можно пренебречь. А может этот член — лишь ошибка метода, или можно переопределить \mathbf{M} ? А, может, существуют случаи, когда автоматически

$$\frac{1}{2c} \int \left(\mathbf{r} \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} \right) dV = 0?$$

Математически странным (даже очень!) также является утверждение, что для увеличения $\text{rot} \mathbf{M}$ размеры тела должны быть малы (ведь дифференциальная операция rot означает взятие предела!). Выбор $\varepsilon - 1 \sim 1$ тоже произволен: раз оценки касаются больших частот, то должно быть $\varepsilon - 1 \approx 0$. Кроме математических вопросов есть ещё и физический: почему оценки предполагают равномерность (однородность) всех величин, а, например, не их структурированность по масштабам (наличие упорядоченных микродвижений, спинов и т.д.), что гораздо ближе к реальности?

При введении пространственной дисперсии (откровенно говоря, она есть всегда), оказывается, ничего строго вывести нельзя. В результате в [9, п.103, с. 522], по сути, отказываются от строгой записи уравнений Максвелла (например, вовсе не вводят \mathbf{H}), предполагают при этом о включении всех неизвестных членов в переопределённую величину \mathbf{D} (то есть, по сути, отказываются от её прежнего физического смысла). Далее, произвольно переопределяют

$$\langle \rho \mathbf{v} \rangle = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t},$$

то есть отказываются и от физического смысла поляризации \mathbf{P} . Таким образом, уравнения Максвелла превращаются

в математическую систему уравнений относительно некоторых буквочек с неизвестным физическим смыслом. Гипотезой является линейность связи \mathbf{D} и \mathbf{E} , тем более что теперь ε_{ik} не имеет прежнего физического смысла (включает, например, косвенно и зависимость от μ).

При описании явления рассеяния в [9, п.117, с. 597] “вдруг” выясняется, что “общая связь” в уравнениях Максвелла

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}$$

недостаточна (значит прежняя великая строгость — под вопросом?), а надо вводить искусственно ещё одну зависимость (по сути, дополнительную неизвестную функцию $\alpha_{ik}(\mathbf{r}, t)$):

$$D'_i = \varepsilon' E'_i + \alpha_{ik} E_k,$$

где E' - относится к рассеянной волне, а α_{ik} - к падающей волне (то есть, суммарное поле не равно сумме падающего и рассеянного полей).

Существуют и “более простые” вопросы. Почему одни материалы вообще прозрачны для света, а другие непрозрачны, ведь по современным представлениям в атоме больше пустоты, чем материи. Нет принципиальных различий между атомами разных веществ, что же тогда совершенно не пропускает свет в одних случаях, а в других случаях заставляет свет менять свою траекторию при падении на поверхность тела под углом (раз фотон не взаимодействует с электроном и ядром, т.е. не поглощается атомом)? Почему фотоны взаимодействуют с поверхностью так, будто это чётко выраженная математическая поверхность тела,

а не достаточно случайный набор случайно ориентированных и беспорядочно “дрожящих” атомов, практически пустых внутри?

Таким образом, применимость современной электродинамики к описанию распространения волн в средах вызывает большие сомнения в плане строгости и алгоритмичности.

Глава 9

Движение зарядов в электромагнитных полях

Перейдём теперь к рассмотрению, казалось бы, наиболее простого момента в теории электромагнетизма — к описанию движения заряженных частиц в электромагнитных полях. Это уж чистая механика, и сюрпризов быть не должно. Но так ли это?

Разделение на электрические и магнитные силы — условное. Если взять второй закон Ньютона, то сила формально также может зависеть и от ускорения [15]. Вообще говоря, почему надо обязательно предполагать возможность явного выделения всех внешних параметров? Неужели у целого класса — неявных функций — нет применения? Сама условность выделения полей **E** и **B** вынуждает отказываться от наглядности, так как результат оказывается зависящим от системы наблюдения (а это сильное ограничение, накладываемое теорией на Реальность).

Массу нельзя определять физически как коэффициент

пропорциональности между импульсом и скоростью [11, с. 309] (хотя математически такое равенство и может быть верным, например, для нейтральных частиц), так как тогда масса не была бы независимым физическим понятием, а выражалась как постулативное определение через более сложное понятие импульса (не измеряемое непосредственно, но только при определённых теоретических интерпретациях). Самый большой прокол — самовоздействие электрона — возможность достаточно быстрого самоускорения заряда с увеличением энергии до бесконечности. Поэтому что-то не так со всей теорией и с данным “явлением” в частности. Во-первых, рассмотрение движения вдоль одной оси (чисто одномерного) незаконно, так как магнитное поле будет приводить к “раскрутке” самого электрона и к его трёхмерному движению. Во-вторых, изначально не учитывается существующий (измеряемый) магнитный момент самого электрона. В-третьих, устремление радиуса к нулю ($a \rightarrow 0$) не позволяет вычислить предел силы, так как мы не знаем поведение высших производных; например, если движение оказывается принципиально осциллирующим (возможно, это путь для получения физической связи между подкорректированной классической электродинамикой и “квантовомеханическими” эффектами), то роль старших производных будет возрастать, и все члены могут оказаться конечными. В-четвёртых, что значит $a \rightarrow 0$? Неужели у электрона нет своего собственного размера, раз как нам вздумается, так мы его и определяем? А что же в действительности?

Из таблицы элементарных частиц, приведённой Фейнманом [11, с. 319], видно противоположное утверждаемому:

дополнительная положительная (!) или отрицательная (!) масса никак не связана с наличием заряда. А уж из какого уравнения какой теории “получать” (!) массу электрона и μ -мезона [11, с. 31] — это вообще явно избыточная вера в абстракции. Остаётся вопрос об экспериментальном подтверждении существования электромагнитной части массы (наверное, в строгом смысле это не масса, а импульс или энергия, связанные с конкретным процессом взаимодействия?).

Когда делались обратные обобщения, и из наблюдаемого поведения частиц в макромасштабах выводилось их поведение для микромасштабов, то не учитывалось, что это было только среднее поведение. Например, реальная траектория может быть быстро осциллирующей. Кроме того, никто не учёл, что из поведения большого числа частиц тяжело исключить их взаимодействие (не известно, как это сделать, если заранее не знать точные искомые законы). Следовательно, выбранное “обобщение” на поведение отдельной заряженной частицы — одна из огромного числа гипотез.

К выводу термоионного тока в вакууме между двумя пластинами [6, параграф 11, с. 61] есть ряд методических вопросов. Во-первых, это уже не статика, а движение, и поэтому надо рассматривать не электростатические силы, а полные силы и зависимости. Во-вторых, считать $v_0 = 0$ — офонарная гипотеза и ограничение на режим (скорее $v_0 = v_T$ - тепловая). В-третьих, считать $\frac{\partial \varphi}{\partial x} = 0$ при $x = 0$ - опять произвольная гипотеза. Не говоря уже о том, что между электродами находятся заряженные частицы одного знака, что искажает итоговое поле (и поле самих электродов), а это не учтено.

Из симметрии кулоновой силы ($\sim 1/r^2$) никак не следует

такая же (шаровая) симметрия на малых расстояниях. Например, если частицы несферические или с неравномерным распределением плотности, то отклонения от симметрии на малых расстояниях будут заметны, а на больших расстояниях зависимость будет приближаться к сферической симметрии. То есть сложности микродвижений можно также попытаться учесть несимметричным строением частиц.

Идеология дрейфового движения даже в нерелятивистском случае обладает странностями. Во-первых, оно не зависит от массы, то есть один избыточный электрон может заставить дрейфовать тонну вещества — явное противоречие с наблюдениями. Во-вторых, для перпендикулярных полей скорость дрейфа зависит только от отношения напряжённостей электрического и магнитного полей и не зависит от их абсолютных величин; следовательно, при сколь угодно малых (сагих по себе) полях можно обеспечить дрейф с большой наблюдаемой скоростью — тоже явное противоречие с наблюдениями. А ведь дрейфовая скорость есть строгое следствие из уравнений для силы Лоренца (при определённой конфигурации полей). То есть опять что-то не так с силой Лоренца.

Возможно, в опытах Рентгена, Эйхенвальда и Вильсона [6, параграф 113, с. 553] надо учесть конкретный механизм поляризованного поля (движение в поле \mathbf{H} и центробежной силы) и дрейфа в скрещенных полях (эффект Холла), опирающийся на микроскопическое строение вещества и **несовместённость** зарядов. Не стоит прикрываться идеями Галилея об одинаковости законов в инерциальных системах. Ведь речь шла об изолированных **закрытых** идентичных системах, а не об открытых и взаимопроника-

ющих. Но с изоляцией от магнитного и, тем более, гравитационного полей есть проблемы. Непроверенным постулатом остаётся независимость величины заряда e от движения системы отсчёта. Странно, что наглядно понять преобразование полей (и сил) можно только для одного частного случая $\mathbf{E} = 0$ [6, параграф 115, с. 560]. Да и инвариантность законов электродинамики не проверена (уж никак не экспериментом Майкельсона!). Возможно, принятие инерциальных свойств электромагнитного поля привело бы к более понятным интерпретациям.

Строго говоря, закон Кулона предполагает, что все заряды покоятся. Но ведь **средняя скорость** тела ($=0$) не имеет отношения к **скоростям зарядов** (как минимум, это тепловые скорости!). А поскольку СТО предполагает преобразование сил, то наличие $v_i \neq 0$ приводит, например, к **систематическому** изменению величины силы притяжения заряженных тел при увеличении их температуры (а ведь заряд определяется именно через эту силу притяжения). Получается, нужно постулировать изменение заряда (ведь и структуру заряженных частиц и их внутренние движения мы тоже не знаем)?

На фоне полного догматизма замечательна уже сама попытка изображать движущиеся силовые линии от движущихся зарядов [4, с. 166,171,172,174]. Но было бы ещё более полезно поставить вопрос (гипотезу с далеко идущими последствиями) о наличии у электромагнитного поля инерциальных свойств (в духе Галилея).

Когда в уравнении несколько параметров, то фраза [4, п.6.1, с. 190] о том, что поля \mathbf{E} и \mathbf{B} не зависят от \mathbf{v} становится спекулятивной: кроме преобразования полей на-

до упомянуть возможность подстановки обратного решения $\mathbf{V}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{V}(\mathbf{r}, t(\mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0, \mathbf{v}, \mathbf{r}))$ и т.д.

Очень странно “выводить” свойства магнитного поля, исходя из выдуманного расположения и свойств силовых линий [4, п.6.2, с. 196] (например, неизвестно, как происходит заполнение бесконечного пространства силовыми линиями при включении поля!). Опять “извлечение” дифференциальной части из интегрального равенства не является единственно возможным.

Получаемое общее решение с помощью потенциалов не всегда даёт ответ [4, п.6.3, с. 202], что говорит об ограниченности дифференциального подхода. По сути, определение вклада от отдельного элемента тока невозможно однозначно (и представляет собой гипотезу), поэтому предпочтительнее вводить интегральное поле через экспериментальный закон Био-Савара.

Обратим внимание, что обратный знак коэффициентов Холла [4, п.6.9, с. 222] является, фактически, опровержением общепринятой электродинамики (и всеобщности СТО): направление тока и его величина известны экспериментально, сила Ампера (включая её направление) тоже может быть определена экспериментально (импульс должен сохраняться), с носителями электричества тоже есть определённая (металл не “переползает”). И вдруг несогласованность и в величине и ещё в знаке эффекта! Так что в микромире электродинамика явно ограничена по области применимости (даже приближённой!).

Значительная часть задач электродинамики использует чётко определённые граничные условия (или условия на бесконеч-

ности), и с этой точки зрения странно, когда при переходе от интегральной формы законов и уравнений (например, Кулона, Максвелла и др.) к дифференциальной форме считается, что уравнения становятся вовсе нечувствительными к Г.У. (к объёму). Как будто фраза “произвольный объём” автоматически исключает целый класс функций, зависящих от размеров системы.

Понятие равнодействующей силы в Ньютоновской механике хорошо работает в применении к точечным объектам. Неточечные объекты требуют дополнительного исследования: см., например, сложности с дрейфовым движением. Определение удельного заряда электрона [8, п.89, с. 400] (хотя и согласовано с другими понятиями) опирается на **выбор** выражения для действующей силы (силы Лоренца с разделением её на электрическую и магнитную компоненты), т.е. связано с введённым **определением** полей **Е** и **Н**. А к определению самого элементарного заряда [8, п.90, с. 404] всегда было много справедливых вопросов, так как метод использует **непроверяемые аппроксимации** всех величин к области малых значений.

Понятия электромагнитного импульса, электромагнитной энергии и массы [8, п.91, с. 408] были введены ещё классической электродинамикой, зачем же автор учебника даёт “очередную присягу” теории относительности (ведь её приоритета здесь нет!)? Фейнман честно видел проблему в том, что **никак** невозможно согласовать между собой численные значения электромагнитной и неэлектромагнитной масс электрона (что означает противоречивость современной электродинамики!). А у Сивухина всё “элементарно”: подумаешь коэффициент $4/3$ - просто **отбросим** его и **посту-**

лируем верность теории относительности (а все несогласованности придётся относить к будущим постулированиям), хотя этот факт логичнее было бы считать “проколом” СТО! Для электромагнитного радиуса электрона тоже в [8, п.91, с. 408] всё просто: отбросим коэффициент $2/3$ и ещё “прикроемся” квантовой механикой (чтобы запретить исследователям в этой области даже пытаться решать электродинамические задачи!).

Способ введения выражения для действия [5, п.16, с. 69] частицы в поле наглядно демонстрирует “подгоночный (постулативный) характер” этой процедуры. Во-первых, постулируется аддитивный характер действия (действие для свободной частицы плюс член для взаимодействия с полем). Во-вторых, постулируется введение двух характеристик — заряда и 4-вектора (ни из каких общих принципов это не следует, так же как и отсутствие иных членов, например, скалярного, что и признают авторы учебника). Пока не доказана ни однозначность (её нет) таких определений потенциалов, ни необходимость именно такой их формы, ни достаточность таких определений для полного и адекватного описания Природы. Далее в [5, п.17, с. 71] “выводится” уравнение движения, вводятся **определения** для некоторых “буковок” \mathbf{E} и \mathbf{H} , но нет совершенно никаких доказательств, что это и есть именно те поля, которые мы измеряем.

Проблемы, связанные с дрейфом (независимость от m , от величин \mathbf{E} и \mathbf{H} при $E/H = const$ и др.) в перпендикулярных полях заставляют предположить принципиальную нестрогость и иных (релятивистских и нерелятивистских) решений уравнений современной электродинамики с силой

Лоренца.

Странно, когда в [5, п.26, с. 95] из двух определений **Е** и **Н** “получают” два уравнения взятием ротора и дивергенции. Во-первых, такими действиями можно только уменьшить количество информации, а не увеличить. Во-вторых, это остаётся формально-математическими операциями (комбинациями) с символами, никак не связанными с какими-либо экспериментальными законами физики. Удивляет также фанатичное стремление к записи в четырёхмерных обозначениях, если из них всего лишь “видно, что имеются всего четыре независимых уравнения” (можно подумать, то же самое не было видно из первоначальной пары уравнений Максвелла).

При выводе полного действия и действия для электромагнитного поля [5, п.27, с. 97] делается несколько необоснованных посылов. Во-первых, предполагается аддитивность действия по частицам и представимость в виде суммы отдельных слагаемых для частиц S_m , поля S_f и взаимодействия S_{mf} (то есть неизменность S_m при включении поля, а также неизменность S_f при внесении реальных частиц). Кроме того, надо учесть различие между пробным зарядом и реальным (кратным e). Во-вторых, что это за фикция — отдельное действие для поля, если реально определить наличие поля можно только при его взаимодействии с материальными объектами? В-третьих, принцип суперпозиции верен только в вакууме и приближённо верен для линейных сред, а в общем случае нелинейных сред он не выполняется. Следовательно, требование квадратичности действия по полю (для получения линейных дифференциальных уравнений) верно только в вакууме (а стоит ли для этого очень

частного случая горючить столько математики?).

Результаты СТО и современной (релятивистской) электродинамики для движения в кулоновом поле [5, п.39, с. 130] совершенно неудовлетворительны: если $Mc < \alpha$, где M - момент импульса частицы и $\alpha = ee'$, то частица падает на центр! Уже даже без учёта излучения! Этому “результату” явно противоречит вся Природа (стабильность атомов и молекул). Странно также в этом “решении”, что частица падает на центр **за конечное время**, но при этом радиальная компонента импульса стремится к **бесконечности**! То есть частица относительно центра будет иметь бесконечную (!) кинетическую энергию (но энергия всей системы останется конечной).

Если заряды совершают движение в конечной области пространства и имеют конечные импульсы, то это вовсе не значит, что движение будет периодическим с конечным периодом: орбиты могут быть несоизмеримы. Тогда при вычислении “среднего” магнитного поля время усреднения должно быть бесконечным, а, значит, это вычисление не имеет никакого практического и даже теоретического значения. Обращает на себя внимание рассогласованность формул в [5, п.43, с. 141]: для получения закона Био и Савара записывают усреднение только $\langle \mathbf{j} \rangle$, в то время как для векторного потенциала пишут усреднение всего выражения. Однако если в первом случае записать верное выражение

$$\langle \mathbf{A} \rangle = \frac{1}{c} \sum \langle e_n \mathbf{v}_n \rangle / R_n,$$

то сразу будет видно, что потенциал останется функцией времени. Аналогичные замечания о бесконечном времени

усреднения (а на усреднении основан вывод формул!) и об усреднении всего выражения относится также к выводу выражения для магнитного момента системы. Следовательно, кроме выписанного выражения (приблизительно верного для всех углов между вектором магнитного момента и радиусом, кроме углов вблизи нуля) всегда будут присутствовать ещё и переменные члены. Те же замечания относятся к моменту сил.

Вопрос о необходимости учёта самовоздействия заряда при торможении излучением [5, п.75, с. 268] остаётся открытым, ведь для внешнего поля все члены в силе Лоренца вводились **по определению** (то есть с претензией на строгость). К использованию преобразования потенциалов возникают вопросы об их **физической** обоснованности и единственности решения. Не проработан также и косвенный вопрос: почему где-то надо учитывать только **явную** зависимость от координат при взятии частных производных (что математически верно!), но кое-где об этом “забывают” и заменяют частную на полную производную (используют, например, преобразования, то есть неявную зависимость). Поскольку система при излучении теряет энергию (не стационарна), то есть существует конечное время T_0 , то отбрасывание при усреднении конечных теперь уже членов, содержащих

$$\frac{1}{T_0} \int \frac{d}{dt}(\dots) dt$$

даёт лишь приближённое выражение. То же замечание относится к средней потере момента импульса. Можно ли вообще применять силу лучистого трения к изолированной частице — большой вопрос.

Самоускорение заряда в “строгой” современной электродинамике доказывает её нестрогость. И спекуляции, что из-за бесконечной собственной электромагнитной массы всего лишь производилось “вычитание двух бесконечностей”, не разрешают проблему, а лишь подчёркивают бессилие в данном вопросе. Поэтому остаётся открытым и вопрос о возможности количественного применения результатов при наличии полей: неужели восстановилась **строгая** корректность “вычитания **бесконечностей**” при добавлении **конечного** поля (в бесконечное число раз меньшего бесконечности!). В задаче к [5, п.75, с. 272] о падении друг на друга двух притягивающихся зарядов обращает на себя внимание, что если

$$\frac{2|\mathcal{E}|M^2}{\mu\alpha^2} = 3,$$

то изменение энергии

$$\frac{d|\mathcal{E}|}{dt} = 0,$$

в то время как изменение момента присутствует

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} \neq 0$$

(здесь μ - приведённая масса, $\alpha = |e_1 e_2|$). Таким образом, точность результата и область его применимости остаются неизвестными.

Нестрогой является также попытка обобщить полученное нестрогое выражение для силы на случай больших скоростей [5, п.76, с. 273] одним формальным сведением выражения к 4-вектору и использованием предельного значения.

Сомнения вызывает применимость данного вида силы торможения излучением в том случае, когда эта сила превышает силу Лоренца, и “доказательство” преобразованием сил — всего лишь релятивистская вера. (Зато примечательно, что потери энергии при больших скоростях пропорциональны квадрату энергии — напоминает аналогичный случай в гидродинамике при движении сквозь среду.)

Частота рассеянной волны для свободных зарядов в современной электродинамике по закону сохранения импульса лишь приближённо может совпадать с частотой падающей волны (иначе, так как $E \sim \omega$, то энергия не менялась бы, а импульс-то меняется). Весьма странно выглядит (в современной электродинамике) в [5, п.78, с. 281] фраза, что в той системе, где $\mathbf{v} = 0$ частица не излучает. Во-первых, уж если “излучение пошло от частицы”, то оно движется со скоростью c и при переходе к любой системе, то есть, по сути, при любых скоростях $v < c$ энергия также должна “течь” от частицы. Во-вторых, при таком переходе скорость заряда $\mathbf{v} = 0$ будет только в одно мгновение, иначе мы должны были бы перейти к непрерывно “прыгающей” (неинерциальной) системе отсчёта, а для такого случая все выводы формул явно несправедливы. В-третьих, странно считать, что “весь теряемый падающей волной импульс поглощается” свободной частицей (тогда надо говорить и о потерях энергии в волне). Для реальных атомов и молекул (состоящих из нескольких заряженных частиц) процесс рассеяния надо считать коллективным процессом.

При описании эффекта Холла о магнитном поле \mathbf{H} говорят как о внешнем поле [9, п.22, с. 142]. Методически это не совсем верно, ведь, во-первых, для любого выбран-

ного электрона магнитное поле, создаваемое всеми остальными электронами, тоже будет внешним, а, во-вторых, измерить можно только результирующие поля. Просто предполагается, что в ограниченном проводнике эффект Холла для собственного магнитного поля уже включён в определение коэффициента проводимости. Такой подход затрудняет поиск зависимостей из первых принципов и ограничивает результаты только наиболее простыми членами разложения. Таким образом, по сути, просто вводится некоторое число новых неизвестных функций. Соображения, основанные на законе возрастания энтропии, об отсутствии членов $\mathbf{j}\nabla P$, $\nabla T\nabla P$ и других в формулах для термоэлектрических явлений — нестрогие, так как число членов больше единицы, и не доказывается, что отсутствует некоторая их взаимосвязь, приводящая к знакоопределённой комбинации в законе возрастания энтропии.

В МГД для соответствия числа уравнений и числа переменных (написания “полной” системы) добавляют уравнение сохранения энтропии [9, п.65, с. 331]. Это выглядит методически некрасивым и искусственным, так как сама энтропия не измеряется приборами (т.е. рассмотрение заранее предполагает искусственный модельный характер).

Итак, описание движения заряженных частиц в современной электродинамике тоже не может считаться образцом математической строгости и физической обоснованности.

Глава 10

Магнетизм

Перейдём теперь к анализу описания современной электромагнитной теорией такого явления как магнетизм. Данное явление известно издавна, за исключением его более позднего теоретического расширения на микрообъекты (частицы), и, казалось бы, здесь теория должна находиться в идеальном состоянии. Посмотрим.

С одной стороны, в учебнике голословно утверждается, что спин не может быть сведён к классическим движениям [6, параграф 58, с. 269]. Но, с другой стороны, утверждают, что спиновый магнитный момент электрона можно свести к действию электрических токов (а ведь по физическому смыслу они выражают классическое движение зарядов). По сути, разделение [6, параграф 60, с. 281] $\mathbf{j}_{\text{микро}} = \mathbf{j}_{\text{пр}} + \mathbf{j}_{\text{мол}}$ на ток проводимости и молекулярные токи означает лишь то, что из точного микроскопического тока выделена его средняя часть $\mathbf{j}_{\text{пр}}$ – макроскопическая. Описание с помощью вектора намагничения (магнитный момент единицы объёма молекулярных токов) означа-

ет усреднение по периоду внутримолекулярных движений и несогласованность пульсаций различных молекул (и спинов электронов). Вполне может в общем случае существовать переход в когерентное состояние, где все микропараметры не случайны, а согласованы.

Заметим, что при определении векторного потенциала при наличии магнетиков [6, параграф 61, с. 284], в общем случае из приравнивания интегралов

$$\int \frac{\text{rot } \mathbf{I}}{R} dV = \frac{1}{c} \int \frac{\mathbf{j}_{\text{МОЛ}} dV}{R}$$

для макроскопических величин (**функций в точке !**) не следует $\mathbf{j}_{\text{МОЛ}} = c \cdot \text{rot } \mathbf{I}$. Дело в том, что интегралы включают в себя **весь объём** магнетика при **заданной** его конфигурации. Из равенства интегралов в общем случае не следует равенство подынтегральных функций. Эта величина $\mathbf{j}_{\text{МОЛ}}$ характеризует **конкретно заданную конфигурацию в целом** для определения величины \mathbf{A} . Поскольку $\mathbf{j}_{\text{МОЛ}}$ входит линейно в выражение, то это же $\mathbf{j}_{\text{МОЛ}}$ может приближённо характеризовать некоторые другие интегральные **линейные** зависимости физических величин. Но уже для нелинейных функций (физических величин) подстановка этого $\mathbf{j}_{\text{МОЛ}}$ может давать неточности. Если мы берём другой объём V , то это будет уже **другая задача** (опять в некоторых случаях для неё можно ввести подобные по форме подстановки, но строгого математического перехода к произвольному объёму здесь нет!). Это совершенно общее замечание касается и вывода основных уравнений поля при переходе от интегральных законов к дифференциальным формам. Кроме того, в нелинейных выражениях могут, например, быть эффекты квадратичных осцилляций.

Для нелинейных сред (и диэлектриков, например, с упругими диполями, и магнетиков, например, ферромагнетиков) сама идея принципа суперпозиции становится неверной и надо искать уравнения для обобщения уравнений поля Максвелла (принципиально линейных). Казалось бы, описание должно быть единым, однако само существование таких разных веществ – парамагнетиков, диамагнетиков и ферромагнетиков – выглядит с точки зрения принципов теории электромагнетизма странным (разные эффекты). Опять мы видим, что для определения поля из дифференциальных уравнений требуют выполнения условия на бесконечности: $HR^2 < \infty$ при $R \rightarrow \infty$. Но при чём здесь условия на бесконечности, если время установления единого (до бесконечности) решения было бы бесконечным, и с экспериментальной точки зрения поведение поля на бесконечности становится не обнаружимым (выходит за пределы точности любых приборов)? С другой стороны, чисто математически бесконечная система токов и движений в теории принципиально вполне могла бы рассматриваться; все поля, естественно, будут вполне определёнными, но просто вычислить их с помощью общепринятых уравнений поля будет нельзя — это просто ограничение возможностей современной теории. С этой же точки зрения введение потенциалов (требующих следующего шага дифференцирования и дополнительных условий, например, калибровки или дополнительных граничных или начальных условий) может привести только к дополнительным ограничениям на применимость теории и её строгость. Да и вообще, введение понятия магнитной проницаемости для однородной среды предполагает, что **этой же проницаемостью** обладают и все молекулы, атомы и частицы

внутри самих себя (внутри электрона, протона и т.д.), что явно противоречит действительности.

Приводимая запись [6, параграф 66, с. 301] пондеромоторных сил, испытываемых магнетиками в виде

$$\mathbf{F} = (\mathbf{M}\nabla)\mathbf{B} + [\mathbf{M} \times \text{rot } \mathbf{B}]$$

не может быть одновременно верной и для микрообъектов и для макрообъектов, так как при усреднении среднее от функции (произведения) не равно функции от среднего, а в микромасштабах изменения всех величин могут быть существенными, да и однородность среды, при условии которой выводятся формулы, нарушается в микромасштабах. Приближённое выражение

$$\mathbf{f} = \frac{\mu - 1}{8\pi\mu} \nabla B^2$$

страдает этим же недостатком. Поэтому, когда по пондеромоторным силам “измеряют” κ и μ - это **определение** для новых эффективных величин κ_{eff} и μ_{eff} , чтобы действие придуманной силы было близким к реальности (подгонка формы выражения для силы под теорию).

Ссылка на необходимость квантовомеханического рассмотрения магнетизма [6, параграф 68, с. 306] говорит только о **нестрогости общепринятой** классической электродинамики, а не о невозможности какой-либо иной последовательной классической электродинамики. После “описания” прецессии и диамагнетизма выясняется, что диамагнитный эффект будет наблюдаться при условии равенства магнитного момента атомов нулю. Но ведь в этом случае никакой прецессии и изменения момента не будет (попробуйте

заставить прецессировать невращающийся предмет!). Да и с описанием прецессии через аналогию с гироскопом тоже не всё в порядке: нужна реакция опоры (!) и только тогда сумма сил приводит к прецессии (иначе возможны механические поступательные и волновые движения). Вспомните, например, эффект Джанибекова с переворотом волчка.

С законом Кюри [6, параграф 70, с. 317] приходится *ad hoc* произносить ряд “правдоподобных заклинаний” о причинах ограничений: о низких T , о “ряде веществ”, о других зависимостях и т.д. Магнитное поле не влияет на кинетическую энергию согласно общепринятой электродинамике и описание процесса изменения поля через потоки (неизвестно через какие контуры) — это наукообразный обман (подгонка под требуемый результат): неужели и при мгновенном включении и при адиабатическом включении поля \mathbf{H} результат останется прежним?

Также в классической физике величины M и $\langle R^2 \rangle$ вовсе не обязаны принимать значения от нуля до бесконечности [6, параграф 71, с. 319] и, соответственно, **не обязана быть** $\kappa \equiv 0$. Это чисто проблемы **общепринятой трактовки электродинамики**. Совершенно странным выглядит описание прецессии под действием среднего **макроскопического** поля \mathbf{H} , ведь в реальности надо учесть поля на микромасштабах, которые могут на порядки отличаться от макроскопического поля. Да и ориентации всех спинов тоже неизвестны заранее (поэтому предсказательная сила теории сомнительна).

В отношении ферромагнетизма тоже нет предсказательной силы, и многие вопросы остаются без ответа. Почему в одних веществах силы взаимодействия магнитных моментов

велики, а в других пренебрежимо малы? Почему не во всех веществах спин электрона участвует в упорядочении (ведь вращающийся волчок должен сохранять свою ориентацию)? При чём здесь обменные силы: либо есть возможность создать за счёт упорядочения большое **самоподдерживающееся поле**, либо нет, и нужен критерий не задним числом “объяснить”, а заранее уметь разделять классы веществ. Искусственным “заклинанием” выглядит фраза об устойчивости состояния намагничения. По сути, из общепринятой электродинамики оказывается, что все вещества при низких температурах должны быть ферромагнетиками. Подгонкой под результат выглядит и описание “вейссовых областей” (почему вообще тогда существует остаточное намагничение в некоторых веществах, а в других — нет?). Странно, что магнитную анизотропию (существенную) и магнитострикцию оставляют в тысячу раз более слабому магнитному взаимодействию атомов.

Линейные преобразования Лоренца и даже принцип **суперпозиции**, конечно же, не могут быть применимы к реальным нелинейным средам (быть строгими до “принципиальности” и навязывать свои ограничения всем теориям). Самый явный пример — явление гистерезиса в ферромагнетиках. Но и для других сред и явлений в принципиальном плане ситуация ничуть не лучше: любые изменения определяются не только текущим состоянием, но и всей **предысторией** процесса, так как в реальных средах разные возмущения (например, по частоте) распространяются с разными скоростями и по-разному затухают (и проходят сквозь барьеры).

По сути, и уравнения Максвелла принципиально не мо-

гут оставаться строгими и фактически становятся малоинформативными: коэффициенты среды становятся функционалами (функциями самого исследуемого процесса) и число “неизвестных” становится больше числа уравнений. И только если мы искусственно примем коэффициенты среды заданными функциями (то есть либо возьмём модельную математическую задачу, либо уже подсмотрим в искомый ответ), то мы сможем приближённо получить ответ (отсюда, например, возникает модель идеализированных ферромагнетиков).

Странным является понятие однородной среды — когда магнитная проницаемость должна быть постоянной и вне и внутри магнетика, что в реальности никогда не выполняется. Вопреки заявляемому в теории магнетизма единству описания магнитов и токов даже силы ведут себя по-разному: для двух магнитов они обратно пропорциональны μ , для магнита и тока — не зависят от μ , а для двух токов они пропорциональны μ (странная асимметрия). Для $\mu = const$ Тамм [6, параграф 74, с. 338] вводит “новый вариант” теории, где устраняются последние асимметрии и утверждает, что это лишь вопрос терминологии (но это — признание, что в такой постановке величина μ **не имеет физического смысла**). Это последнее утверждение о физическом смысле косвенно подтверждается и для единственно правдоподобного видоизменения этой задачи — случая однородной **внешней** среды [6, параграф 74, с. 342]: **универсальная** зависимость от μ отсутствует и поле определяется как сложная функция геометрической формы магнита и проницаемости магнетика и внешней среды. Таким образом, сразу теряется вообще смысл введения самого понятия

магнитной проницаемости. И ведь это ещё только стационарный случай!

При наличии магнетиков оказывается, что вычислить плотность энергии поля в общем виде нельзя [6, параграф 82, с. 383] и тогда её просто постулируют. Естественно, возникает вопрос о согласованности этого, теперь уже “условия”, с остальными уравнениями. В реальности сложности вызывает учёт самосогласованного влияния процесса (через температуру и магнитострикцию) на свойства среды $\mu_{\text{ср}}$ и самого магнетика $\mu_{\text{Маг}}$ (можно упомянуть нелинейную зависимость μ от поля и частотную дисперсию, а также возможность отсутствия в среде изотропии).

При вычислении пондеромоторных сил [6, параграф 83, с. 386] опять-таки исходят из **постулируемого** ранее выражения для плотности энергии и опять же весьма странно, когда из равенства интегралов делают вывод о равенстве подинтегральных выражений. Таким образом, полученное выражение для “плотности” сил для конкретной локальной точки вовсе не имеет какого-либо смысла (это всё равно, что вычислять среднюю плотность или состав поверхностного слоя Земли: где-то вода, где-то залежи железа, где-то ртуть и т.д., а именно локальные отклонения определяют аномалии гравитационного и магнитного поля, фиксируемые экспериментально). Поэтому любые локальные поведения частиц могут сильно отличаться от поведения, вычисленного по такому “глобальному среднему”. С этой же точки зрения безразлично — вводить ли стрикционные силы (опять вычисленные в грубом приближении) или нет, ведь фактически оказывается в этом подходе μ - неопределённая **подгоночная** функция. Тензор напряжения магнитного поля

[6, параграф 84, с. 391] также верен лишь **в среднем**, а не в локальных местах.

Вряд ли можно теорию магнетизма веществ считать в настоящее время завершённой (хотя известен ряд феноменологических фактов и зависимостей, предсказательная сила теории невелика), скорее речь идёт о создании нескольких разнородных правдоподобных моделей для каждого класса веществ (диа-, пара-, ферромагнетики и др.). Сложности представляет определение магнитных свойств вещества по его составу [4, п.10.1, с. 349]: например, медь — диамагнетик, CuCl — парамагнетик, Na — парамагнетик, но NaCl — диамагнетик; графит обладает аномально высоким диамагнетизмом и др. Обращает на себя внимание, что, несмотря на **относительную слабость магнитных сил**, магнитные проявления в разных веществах **разнообразны** и по диапазону и в качественном плане (диа-, пара-, ферро- и т.п.). Странно, что проявляются как зависимости от напряжённости поля (ферромагнетики), так и от квадрата напряжённости (диа- и парамагнетики). А ведь в учебниках почти всегда подчёркивают, что внутриатомные свойства (тем более для внутренних оболочек атома) практически не зависят от внешних воздействий. В этом плане также совершенно непонятно проявление сильной зависимости магнитных свойств от температуры.

Существуют или нет магнитные “заряды” [4, п.10.2, с. 354] неизвестно (так как возможно с созданием магнитного поля токов участвуют спины электронов и атомов, да и в микрообъём между “полюсами магнита элементарных частиц” нельзя поместить приборы). Например, неудачи их поисков могут объясняться тем, что этим “зарядам” припи-

сываются не те свойства.

Естественно, что определение магнитной восприимчивости (через линейную зависимость \mathbf{M} от \mathbf{B} или \mathbf{H}) имеет приближённый характер. А вот фраза “несмотря на то, что размерность намагниченности \mathbf{M} и поля \mathbf{B} одинакова, было бы неправильно выражать их в одних единицах из-за коэффициента 4π ” [4, п.10.7, с. 376] выглядит просто смешным шедевром (а длину окружности можно выражать в сантиметрах?!).

Магнитное поле \mathbf{B} в образце, конечно же, **неоднородно** в микромасштабах, а его **среднее** зависит от геометрии опыта **в целом**. Для диполей (электрических и магнитных) нельзя по полю в дальней зоне определять выражения в веществе: например, поле вблизи

$$E \sim \frac{q}{r^2}, \quad p = qr = \text{const}$$

и для малого диполя ($r \rightarrow 0$, но $p = \text{const}$)

$$E \sim \frac{\text{const}}{r^3} r^3$$

- конечная величина, а энергия поля $E^2 dV \rightarrow \infty!$

Далее автор учебника [4, п.10.10, с. 386] довольно чётко говорит, что введённые как электрическая индукция \mathbf{D} , так и магнитная индукция \mathbf{B} - это не определяемые в образцах величины. Таким образом, выражения для \mathbf{D} , для намагниченности \mathbf{M} и индукции \mathbf{B} - это просто некоторые **определения** буквенных комбинаций. Введение этих буквенных комбинаций осложняет систему уравнений Максвелла тем, что исчезают граничные условия: в общем случае $\text{rot } \mathbf{D} \neq 0$ и $\text{div } \mathbf{H} \neq 0$.

Стоило бы согласиться, что в формулах должны фигурировать только те величины, которые можно измерять (а ещё лучше — контролируемо регулировать). И с единицами измерения: если размерности нескольких величин одинаковы, то не стоит самих себя запутывать “новыми” названиями и выдумывать несуществующее различие в единицах измерения. А вот с точки зрения **эксперимента** лучше согласиться с существующим определением магнитной восприимчивости через $\mathbf{M} = \kappa\mathbf{H}$, чем с отстаиваемым автором [4, п.10.10, с. 388] определением $\mathbf{M} = \kappa\mathbf{B}$. Непонятно из теории, почему \mathbf{M} не совпадает в общем случае по направлению с \mathbf{H} , ведь если ориентация поликристаллов (доменов) случайна, то в среднем отклонения θ оси наилегчайшего намагничивания от произвольного направления поля \mathbf{H} равновероятны при $\theta = const$ (не зависят от ϕ !).

Вывод Бора о том, что магнетизм должен отсутствовать в классической физике [8, п.75, с. 309], потому что магнитное поле не меняет кинетическую энергию, может относиться только к **отдельной (!) свободной элементарной частице** в вакууме. Поскольку магнитное поле меняет форму движения частиц, то для твёрдых тел всё зависит от их структуры и свойств. **Постулативное** введение в квантовой механике ряда соотношений — это тоже **не объяснение** и оно ничем не лучше теории Ланжевена.

При “объяснении” диамагнетизма в [8, п.76, с. 312] бросается в глаза следующее. Во-первых, ядро считается фиксированным, иначе на него тоже действует магнитная сила и тогда Ω получится для ядра иное, чем для электронов. Во-вторых, рассматривается изолированный атом, а не коллективный процесс (нет ни коллективных сил, ни столк-

новений). В-третьих, слишком упрощён расчёт возникновения ларморовского вращения во время включения магнитного поля (заметим, что параграфом ранее в учебнике **утверждалось**, что классическая система не может обладать магнитным моментом, так как магнитное поле не совершает работы): 1) ориентация атома по отношению к внешнему магнитному полю может быть произвольной; 2) как можно считать для одиночного атома в начальный момент $\mathbf{V} = 0, \mathbf{\Omega} = 0$, ведь сами **движущиеся** (вращающиеся по орбите) электроны и ядро создают магнитное поле (которое никак не может быть тождественно равно нулю во всём пространстве)?

В следующем параграфе [8, п.77, с. 315] при “объяснении” парамагнетизма уже применяется чисто статистический подход и утверждается, что прецессия не может привести к намагничиванию парамагнетика: оно возникает в результате взаимодействия атомов между собой (про процесс включения магнитного поля и вовсе забыли). “Оказывается”, что парамагнетизм некоторых металлов “надо” (после подсматривания в результаты измерений зависимости κ от T !) объяснять спиновыми магнитными моментами электронов проводимости. Замечательно информативная и предсказательная теория!

Необходимость искусственного полуклассического введения короткодействующих обменных сил для количественного объяснения ферромагнетизма [8, п.79, с. 325] также свидетельствует о неточности общепринятых законов электродинамики на малых расстояниях. Остаётся необъяснённым, почему в опыте Дорфмана с фольгой эти обменные силы вовсе не действуют на β -частицы. Но, может быть,

всё-таки это просто некоторый неучтённый коллективный процесс, и именно поэтому образуется доменная структура?

Странно, что для ферромагнетиков коэффициент Холла в 10-100 раз больше, чем для нормальных металлов [8, п.98, с. 438]. А тот факт, что существует множество металлов с положительным коэффициентом Холла, просто означает, что даже в макроскопическом (!) плане не всё в порядке с общепринятой электродинамикой. Есть ещё одна странность: согласно Фейнману, плазма не может быть ни диа-, ни парамагнитной, так как магнитная сила Лоренца не производит работы. Однако это противоречит опытным данным (тогда вовсе не могло бы работать магнитное удержание плазмы!). Также введение в оборот понятия “дырочной проводимости” (псевдообъяснение задним числом путём наукообразного заклинания) перечёркивает всю электродинамику, которая, казалось бы, из “первых принципов” определяла, что же в реальности движется (электроны), как действует на эти частицы сила Лоренца (и использовала всё это во всех последующих доказательствах!) и т.д.

При выводе термодинамических соотношений в магнитном поле [9, п.31, с. 176] один из интегралов для работы преобразуют в интеграл по бесконечно удалённой поверхности. Во-первых, здесь нет никакого физического принципа: этот член будет разным в зависимости от того, где брать ограничивающую поверхность (то есть член - неопределённый), и бесконечно удалённая поверхность ничем не выделена. Во-вторых, даже отдельный возбуждённый атом может излучить энергию (не говоря уже о системе заряженных частиц) и этот импульс электромагнитного излучения улетит в бесконечность, то есть уносимая энергия остаётся одной

и той же конечной величиной. В-третьих, как вообще можно брать бесконечно удалённую поверхность, если процесс происходит здесь, в конкретном месте, а любое воздействие распространяется с конечной скоростью, и если нас интересует результат воздействия за конечное время, то мы не можем ждать бесконечно долго, пока могло бы установиться хоть какое-то подобие причинной связи с этой бесконечно удалённой поверхностью. Такой же переход к бесконечно удалённой поверхности (то есть отбрасывание слагаемого) осуществляется при выводе полной свободной энергии магнетика [9, п.32, с. 179] и энергии системы токов [9, п.33, с. 182].

Далее, вряд ли можно говорить, что распределение токов \mathbf{j} не зависит от создаваемого ими же поля и распределения магнетиков. Просто современная электродинамика формулируется так, что ρ и \mathbf{j} считаются заданными (каждый зарядик “вводится ручками” по заданному с той или иной степенью точности закону), а все остальные величины ищутся (например, поля).

При вычислении сил в магнитном поле [9, п.35, с. 194] представляется непоследовательным вначале при вычислении тензора напряжений полагать $\mathbf{j} = 0$, то есть $\text{rot } \mathbf{H} = 0$, а затем “вдруг” вспомнить, что

$$\text{rot } \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j}$$

при подстановке производных.

Рассуждения о магнитной симметрии кристаллов в [9, п.37, с. 200] кажутся неполными, так как не учитывают наличие у частиц спинов и возможного их упорядочения. В

этом случае замена $t \rightarrow -t$ меняет знак только \mathbf{j} , обусловленного движением частиц как целого. Вначале говорится, что обменное взаимодействие больше по величине, чем магнитное, но для некоторых элементов (например, редкоземельных) это оказывается не так. Опять получается: “теория верна лишь для тех случаев, для которых она верна”, о чём мы можем узнать лишь *post factum*.

Таким образом, с объяснением и описанием всем известного явления магнетизма у современной электродинамики явно не всё так гладко, как хотелось бы.

Глава 11

Сверхпроводимость

В качестве ещё одного применения теории электромагнетизма рассмотрим явление сверхпроводимости.

Явление сверхпроводимости [8, п.80, с. 332] также демонстрирует неполноту общепринятой электродинамики. Например, для объяснения сопротивления переменному току пришлось искусственно изобретать двухжидкостную модель; чисто формально, без явных выражений говорится о “свободной энергии” при определении зависимости от критического поля; в формальной теории Лондонов также множество нестрогих рассуждений и прикидочных расчётов; с помощью “научнообразных заклинаний” рассказывается о доменной структуре; через неизмеримую величину (а это означает *post factum* — для сохранения вида теории) вводится разбиение на сверхпроводники I и II рода; модель БКШ трактуется как квантовое явление и вряд ли может претендовать на понимание реального механизма сверхпроводимости. По крайней мере, электронные пары, для которых размеры существенно превышают среднее расстояние меж-

ду электронами — это из области фантастики, да и бозоны здесь ни при чём, ведь ядра атомов гелия или аргона (бозоны) не летают внутри металла без сопротивления!

Странный “подход” демонстрируют к явлению сверхпроводимости [9, глава 6, с. 271]: реально интересные с точки зрения практических применений вопросы, а именно нахождение T_c , H_c и другие, оказывается не по силам рассмотреть, потому электрические свойства объявляются неинтересными, а лишь следствием магнитных свойств проводника, и далее исследуется качественное поведение магнитных свойств на основе веры в уравнения Максвелла. Также “случайно” (post factum - по необходимости) делят сверхпроводники на сверхпроводники I и II рода (промежуточное состояние, слоистая или вихревая структура и др.). Вначале говорится, что в сверхпроводнике напряжённость \mathbf{H} не имеет физического смысла, как и намагничённость \mathbf{M} , а затем их вводят “формальным образом” и используют (опять “здесь читаем, здесь не читаем, здесь жирное пятно . . .”).

Существует даже мнение, что никакой сверхпроводимости нет вообще (см., например, статью О.Х. Деревенский “Жмурки с электричеством” <http://newfiz.narod.ru/elvoopus.htm>). В данной статье есть много претензий к современной теории электричества, и я, как теоретик, не буду комментировать их (лучше прочесть первоисточник), а вот мнение экспериментаторов по этому поводу хотелось бы услышать.

Заключение

Итак, подводя итог анализу состояния современной теории электромагнитных явлений и признавая реально её определённые успехи в теоретической и экспериментальной сферах, мы, тем не менее, видим следующее. И теоретический фундамент, и математическая реализация теории, и практические методы не могут похвастать хорошей физической, логической или математической обоснованностью; строгость данной теории тоже очень далека от требуемой научной строгости; да и алгоритмичность находится не на высоте. Разумеется, экспериментальные и инженерные достижения в области электромагнетизма останутся незабываемыми. В теории же некоторая часть изобилует частными гипотезами и подгонками задним числом под заранее известный из опыта результат. Поэтому, рискну предположить, что ряд теоретических моментов в будущем будет изменён. Думаю, что новая строгая теория электромагнетизма будет корректно описывать явления на всех масштабах, в том числе и в микромире, и потому полностью “накроет область электромагнитной применимости” нынешней квантовой механики (и “поглотит” её).

Мы, в основном, анализировали электродинамику по

академическим учебникам, но ведь есть целая группа экспериментов, противоречащих современным взглядам (опыты Родина, Николаева, Сигалова, Черникова и многие другие), которые тоже должны будут алгоритмически и последовательно объясняться в новой исправленной электродинамике.



Приложение:

Краткие замечания к родственным и альтернативным теориям

В погоне за формальными количественными показателями человечество наплодило огромное число физических теорий — от высоконучных до высокоабсурдных. Причём, как это ни парадоксально, заметная часть последних поддерживается академической наукой (вспомогательным критерием, разделяющим высоконучные и высокоабсурдные теории, является отношение количества искусственно выдуманного крючкотворства к количеству экспериментально проверяемых результатов; чем меньше этот критерий, тем лучше).

Вследствие огромного потока информации затруднительно провести сколько-нибудь серьёзный обзор всех альтернативных идей в области электродинамики. Да и автор

не является знатоком альтернативных теорий (если кто-то хочет всерьёз разобраться с ними, то лучше читать первоисточники). Поэтому лишь некоторые идеи будут кратко упомянуты для полноты картины, даны некоторые весьма поверхностные замечания и оценки (автор заранее просит прощения, что не в силах проанализировать все альтернативные теории, даже с которыми знаком).

Для начала сделаем очевидное замечание. Если новая теория опирается на прежнюю лжетеорию (например, специальную или общую теорию относительности, релятивистскую космологию, теорию Большого Взрыва и т.д.) или включает её, то сразу понятно, что в итоге получится очередная новая лжетеория. Примером здесь является теория струн (суперструн), пытающаяся синтезировать лжетеорию относительности и квантовую механику (временную конструкцию) в некоторого “генетически повреждённого гибрида”. При этом, чтобы не быть разоблачёнными в обозримом будущем, струнный уровень отнесён на самую глубину — под субатомный уровень. Ну, да! Мы уже все предыдущие уровни “знаем от и до” (согласно лжеучёным близится конец физики!)? Лжеучёным мало сказок про четырёхмерное пространство, чёрные дыры да кротовые норы, тёмную энергию и тёмную материю! Теперь у них есть новые игрушки: 10-ти и даже 26-ти мерное пространство-время! Какая широкая песочница для личных математических игр за государственный счёт! Данные псевдотеории и подобные им (М-теория, петлевая квантовая гравитация) анализировать не имеет смысла.

Следующее замечание. Если новая теория включает в себя неизменными рассмотренную в данной книге теорию

(расширяет её), то она автоматически переносит на себя все обнаруженные в книге “изъяны” рассмотренных теорий (необоснованность, противоречия, проблемы, недостатки). К таким теориям можно, например, отнести квантовую электродинамику, электрослабую теорию. Естественно, что к существующим проблемам добавятся собственные специфические проблемы (бесконечная энергия вакуума и его гравитационное поле, сомнительность перенормировок, расходимость рядов, интегралов, принципиально неизвлекаемые частицы, фантастические цвета и дурные запахи иных выдуманных якобы квантовых чисел и др.), и общее число проблем может только возрасти. Результаты всех этих заматематизированных игрушек нулевые, если не считать результатом шум, поднимаемый вокруг них в СМИ.

Разумеется, оценивать в альтернативных теориях можно только то, что было конкретно сделано авторами, и сравнивать с аналогичными результатами их предшественников по рассматриваемому предмету исследования, а не требовать от них полного знания (“уравнений Бога”). Условно все теории можно разделить на две группы: 1) теории, описывающие только наблюдаемые явления и не углубляющиеся за тот уровень, который сейчас экспериментально может быть исследован, и 2) теории, пытающиеся не только обнаружить закономерности, но и заглянуть внутрь описываемых явлений и найти их причину.

К первой группе (типа “гипотез я не измышляю”) можно отнести, например, работу И.И. Смутьского “Теория взаимодействия” [12], который довольно чётко сформулировал, что в данном случае главный вопрос — вопрос о силе (“истина в силе”). Если считать уравнения Максвелла абсолют-

но строгими, то электромагнитная сила (по сути, замыкающее уравнение, придающее экспериментально обнаружимый смысл всем “буковкам”) должна вводиться не внешним образом, искусственно (как это сделано с силой Лоренца), а автоматически получаться из самих же уравнений Максвелла. Такая процедура была проделана в [12], и получено новое самосогласованное выражение для электромагнитной силы. Конечно, самым главным подтверждением правильности полученного выражения являлось бы получение классическим образом спектров атомов, чего и остаётся пожелать автору данной теории (а до тех пор стоит напомнить по поводу уравнений Максвелла, что извлечь из экспериментальных интегральных законов выражения для элементов токов можно множеством способов).

Ещё одной серьёзной альтернативой современной электродинамике является электродинамика Гаусса - Вебера (вышедшая из идей А.-М. Ампера, оформленная К.Ф. Гауссом и В. Вебером и развитая в дальнейшем В. Ритцем). Эти идеи достаточно серьёзны, и с ними лучше знакомиться по первоисточникам (переводы некоторых статей содержатся на сайте С. Семикова <http://www.ritz-btr.narod.ru/>). В настоящее время существуют предложения корректировки первоначального выражения силы Вебера, что устраняет ранее существовавшие проблемы. Здесь тоже только эксперимент может сказать “своё слово”.

Другой теорией из первой группы является автодинамика (“autodynamics” Ricardo Carezani 1940). Базой для неё послужил детальный анализ “нейтринных” опытов, из которого следует, что нейтрино не существует. В результате было предложено иное выражение для силы (и зависимо-

сти массы от скорости), чем в СТО. По поводу изменения понятия массы можно в качестве возражения привести те же аргументы, что и для (лже)теории относительности (см. [1]), а по поводу силы (и динамики) — “резолюцию” должен ставить эксперимент. Кстати, к выводу об отсутствии в Природе частицы нейтрино в дальнейшем приходили и другие исследователи.

Следующее замечание касается теорий, которые вообще отвергают существование твёрдых объектов, а всё в мире считают порождением волновых структур (волны, вихри, солитоны и т.п.). Помимо естественного опровержения, связанного с ограниченной устойчивостью подобных образований и неспособностью их к самовосстановлению после взаимодействий (частицы же сохраняют свои идентифицируемые дискретные свойства), надо напомнить, что волновые образования проходят друг сквозь друга, а частицы сталкиваются и даже отскакивают друг от друга (отражаются). Возьмите, например, разложение Фурье по всему пространству: гармоники без среды не взаимодействуют, да и как определить, какая гармоника к чему принадлежит в нашей-то огромной Вселенной?

Сделаем теперь замечание по поводу искусственного противопоставления теорий дальнего действия и теорий якобы ближнего действия в полевой версии. Запись выражений (уравнений, законов) в виде дифференциальных уравнений в частных производных вовсе не означает, что перед нами теория ближнего действия! Ведь в современных теориях для того, чтобы найти решение, надо подставить граничные условия, да и сами уравнения получены с учётом определённых граничных условий. А в современных полевых верси-

ях это — условия на бесконечности. В результате вместо теории дальнего действия (на конечном расстоянии) получилась не теория ближнего действия, как рекламируется, а теория сверхдальнего действия! Так что, граждане, вас обманывают. Ну, не может теория потенциала или любая краевая задача выражать теорию ближнего действия (быть локальной). Исключение могла бы составить задача с локальным потоком (в свободном пространстве отражающим нечто вроде присоединённой массы, определяющейся свойствами самой частицы, а для общей задачи — зависящим также и от конфигурации эксперимента). Пока такой полевой версии не наблюдается. Если кто сумеет воплотить такую идею — честь ему и хвала.

Очевидно, что все эфирные теории являются теориями ближнего действия и, вообще говоря, являются именно физическими теориями, пытающимися проникнуть вглубь вещей и понять причины и механизмы явлений (в отличие от псевдоматематического характера многих современных теорий), то есть принадлежат ко второй группе. У эфирных теорий больше всего врагов (и среди высокообразованных полуматематиков-полуфизиков и среди бездумно верящих в околонуучную рекламу специалистов), требующих от этих теорий невозможного: сразу объяснить все существующие в мире явления (закрывая глаза на то, что ведь современные теории не только не объяснили все явления, но и имеют множество проблем и внутренних противоречий). Теории эфира весьма разнообразны, даже перечислить всех авторов было бы сложно, поэтому просто приведём некоторые характерные примеры. Например, это и газовый эфир (В.А. Ацюковский; П.Д. Прусов), и электрон-позитронный, или фотон-

ный эфир (А.В. Рыков), и зернистый эфир (А.И. Заказчиков), и доменный эфир (К.А. Хайдаров), и разноимённо заряженный эфир (Ф.Ф. Горбачевич), и эфир, имеющий заряд одного знака (В.И. Миркин), и твёрдый эфир (Е.В. Гусев), и жидкий эфир (В.М. Антонов), и многие другие. Частички самого эфира тоже могут быть и изотропными, и анизотропными, и нескольких сортов, и обладать рядом сложных свойств, и трансформироваться и т.п. Некоторые теории достаточно хорошо проработаны, какие же направления можно серьёзно анализировать? Очевидно, что только совокупность экспериментально **подтверждённых новых предсказаний** могла бы подтвердить или опровергнуть ту или иную теорию, или заставить отказаться от всех (ясно, что рекламируемые общепризнанной наукой опыты не могут рассматриваться как критические). А пока можно сделать следующие замечания по “внутренним” проблемам подобных теорий. Если частицы эфира способны трансформироваться, то каков механизм самовосстановления и поддержания экспериментально верифицируемой идентичности и дискретности многих объектов нашего мира? Для частиц эфира, обладающих сложными свойствами, опять возникают проблемы объяснения этих свойств (их причин и механизмов возникновения и действия). Например, если мы рассматриваем частицы эфира, обладающие зарядами обоих знаков, то прежние нерешённые вопросы остаются: какие силы удерживают каждый заряд как единое целое, каков механизм притяжения зарядов противоположного знака (то есть вопросы опять переносятся на более глубокий уровень)? Почему заряды не нейтрализуются? и др. Если же эфир — это расталкивающиеся частицы одного знака, то

почему наш мир не является чисто газовым (но он сконденсирован также в твёрдые и жидкие объекты)? Для твёрдого эфира главные “внутренние” вопросы — что удерживает это твёрдое образование вместе, и объяснить механизм движения сквозь него без торможения для совершенно различных по размерам и энергиям объектов от галактик до элементарных частиц (да, фотоны могут проходить через кристалл, а электроны двигаться в металле, но подобное происходит в твёрдом теле только для некоторых объектов и в ограниченном диапазоне энергий).

Чего бы хотелось ожидать от любой теории? По крайней мере: 1) внутренне непротиворечивого, последовательного подхода к явлениям; 2) алгоритмичного описания всего комплекса рассматриваемых явлений единым образом (без частных гипотез для каждого частного случая, без подглядывания в ответ); 3) получения из первых принципов всех экспериментально измеряемых величин, а не заматематизированных игр с искусственно выдуманными штучками; 4) новых экспериментально проверяемых предсказаний; 5) по возможности, объяснения причин и механизмов явлений.

Послесловие

*В спорах нет ни высших, ни низших,
ни званий, ни имён; важна одна лишь
истина, перед которой равны все.*

(Р. Роллан)

Автор рассматривает свою книгу как Программу для обоснования и внесения последующих изменений в теорию электромагнитных явлений. Думаю, многие и ранее сталкивались с некоторыми частными нестыковками и проблемами рассматриваемой теории, но вряд ли были знакомы в целом со всей системой подтасовок, нестыковок, искусственных гипотез и внутренних проблем. Поэтому задача настоящей книги была “снять шоры с глаз”, помочь задуматься самостоятельно над существующими проблемами и отношением к ним. А для этого надо не доставать из памяти когда-то выученные экспромтные заготовки, а научиться смотреть на всё осознанно, “с открытыми глазами”. Знать, почему когда-то “на развилке дорог” были приняты те или иные физические определения, идеи, законы, методики. Уметь с позиции накопившихся к настоящему времени фактов и опытов оценить идеи прошлого и, в случае необходимости, вернуться

на ту же “развилку дорог” и сделать более правильный выбор.

Кто-то может сказать: “Зачем вообще нужны подобные критические книги, тем более что взамен не предлагается готовая теория?” Однако, всякая работа должна быть сделана к месту и во время, иначе это — “Сизифов труд”. В текущее время научное сообщество пока не готово к принятию каких бы то ни было новых идей в области приложений электромагнетизма, считая электродинамику образцом строгости. Но ведь фундамент науки касается каждого физика. Стоит ли ждать очередной революции, или уже стоит научиться быть более зрелыми и вовремя (эволюционным путём) искать разрешения возникающих проблем? Не прятаться, как страусы в песок, а обсуждать трудные моменты.

К сожалению, “великие физические революции” привели к ухудшению ситуации в научном мире. Научное сообщество из честных исследователей (заинтересованных в Истине) стало превращаться в инертную массу, где доля истинных учёных относительно невелика. Процесс самоочищения и самоорганизации практически перестал работать. В научном сообществе в настоящее время условно можно выделить несколько групп: 1) истинные учёные, 2) просто оплачиваемые научные работники, 3) чиновники от науки, 4) идейные лжеучёные.

Число лжеучёных от науки, готовых в корыстных интересах на “чёрное” говорить “белое”, невелико, но они захватили практически всё “рекламное время”. К официально поддерживаемым лжетеориям надо отнести современную космологию и обе теории относительности (само наличие квантовой механики говорит о том, что на малых масштабах

современная электродинамика сталкивается с внутренними проблемами). Академические чиновники поддерживают строгий бюрократический порядок, они “держат нос по ветру”, готовые оказаться “с флагом впереди” господствующего мнения.

Подавляющую же часть научного сообщества составляют просто оплачиваемые научные работники, готовые заниматься чем угодно. Многие готовы честно работать, но в пределах расставленных кем-то “красных флажков”. А значительная часть научных работников даже не задумываются о том, что же такое наука и о нравственных аспектах деятельности учёного (такое впечатление, что в подсознание им внедрён стереотип вечно спешащего копателя, готового любую находку выдать за клад и жаждущего признания, как конечной цели).

Позиция Истинного учёного замечательно сформулирована в следующем высказывании. **Кто хочет выявить истину, тот не менее усердно ищет её и в убеждениях или предположениях противника. . . Он старается помочь противнику найти для его мысли слова, которые наиболее точно выражали бы её. Он пытается понять противника лучше, чем тот сам себя понимает. Вместо того, чтобы использовать каждый слабый пункт аргументации противника для низложения, развенчания и уничтожения того дела, которое он отстаивает, участник предметной дискуссии прилагает усилия к тому, чтобы извлечь из утверждений противника всё то ценное, что поможет выявлению истины.** (Т. Котарбинский)

Многие ли относятся к поиску Истины, к продвижению

своих и чужих результатов и к методам ведения дискуссии, как Истинные учёные? Не стоит воспринимать обсуждение научных теорий в духе животных инстинктов конкуренции “за место под Солнцем”! Давайте, наконец, отойдём от порочной практики “заметания проблем под ковёр”, а, наоборот, станем честно сообщать об имеющихся в физических теориях нестыковках, противоречиях с другими фактами или проверенными теориями, о неалгоритмических приёмах, дополнительных гипотезах *ad hoc*, нерешённых физических, философских, методологических или математических проблемах. Когда эти проблемы будут честно высвечены, то любой исследователь сможет попытаться их решить; и если это не сможет сделать наше поколение, то наверняка смогут сделать следующие поколения. Важно, чтобы каждому новому поколению не приходилось с нуля “подпольно выковыривать эти проблемы из-под ковра”, а можно было бы самые молодые и самые продуктивные годы сосредоточиться на их обдумывании и решении. (Например, математические книги с заглавием, начинающимся словами “Нерешённые проблемы . . .” всегда вдохновляют, в отличие от нытья некоторых “выдающихся” физиков о конце науки.)

Было бы неплохо, если бы государство, как главный спонсор науки, выработало критерий **независимой** оценки нравственных качеств учёного, его честности и справедливости в выполнении своих работ и оценке работ других учёных. По крайней мере, даже сама постановка таких вопросов заставила бы многих задуматься (в отсутствие видимых научных прорывов, искусственно навязываемые извне современные формальные критерии оценки научной деятельности скорее заставляют “гнать план” и “кучковаться бли-

же к властным кланам чем получать стоящие результаты). Необходимо выработать в научной среде адекватное отношение к дискуссиям на самые широкие темы, к готовности признавать допущенные ошибки (нет ничего трагического ни в ошибках, ни тем более в их признании). Может тогда возобновился бы процесс самоочищения науки от реальных лжеучёных, находящихся у власти, от клановости и авторитаризма чиновников от науки. Хотелось бы, чтобы те, кто занимается наукой, искали не “своё место под Солнцем” в этой области деятельности, а занимались действительным поиском Истины. Хотелось бы, чтобы в научной среде было больше Настоящих учёных. На таком поприще не должно быть конкурентов-торопыжек, но лишь честные и добросовестные люди — союзники и единомышленники.

Литература

- [1] С.Н. Артеха, **Критика основ теории относительности**, (М: Едиториал УРСС, 2004, 224 с.), <http://www.antidogma.ru> .
- [2] Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, **Фейнмановские лекции по физике, вып.3**, (Мир, Москва, 1977).
- [3] Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, **Фейнмановские лекции по физике, вып.5**, (Мир, Москва, 1977).
- [4] Э. Парселл, **Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики, том 2**, (Издательство “Наука”, Москва, 1971).
- [5] Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, **Теория поля**, (Наука, Москва, 1988).
- [6] И.Е. Тамм, **Основы теории электричества**, (Издательство “Наука”, Москва, 1966).
- [7] W. Panofsky, M. Phillips, **Classical Electricity and Magnetism**, (Addison-Wesley, Massachusetts, 1962).

- [8] Д.В. Сивухин, **Электричество**, (Наука, Москва, 1977).
- [9] Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, **Электродинамика сплошных сред**, (Наука, Москва, 1992).
- [10] J. Guala-Valverde, **On the Electrodynamics of Spinning Magnets**, (Spacetime & Substance, Vol. 3, No. 3 (13), 2002, pp.140-144).
- [11] Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, **Фейнмановские лекции по физике, вып.6**, (Мир, Москва, 1966).
- [12] И.И. Смольский, **Теория взаимодействия**, (Издательство Новосибирского университета, НИЦ ОИГГМ СО РАН, Новосибирск, 1999).
- [13] J. Guala Valverde, P. Mazzoni, R. Achilles, (American Journal of Physics, V. 70, N 10, 2002, p. 1052).
- [14] R. Axilec, **Again on the Guala-Valverde Homopolar-Induction Experiments**, (Spacetime & Substance, Vol. 3, No. 5 (15), 2002, pp. 235-237).
- [15] С.Н. Артеха, **Критика некоторых аспектов теории относительности**, (Пространство, Время, Тяготение, Материалы IX Международной научной конференции 7-11 августа 2006, "Тесса", Санкт-Петербург, 2007, с. 7-17), <http://www.elibrary-antidogma.narod.ru/bibliography/Arteha2.doc> .

Дополнительная литература

- [16] И.И. Смульский, **Теория взаимодействия**, (Новосибирск: Издательство Новосибирского Университета, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1999, 294с.).
- [17] Е.Б. Ключин, **Лекции по физике, прочитанные самому себе**, (М.: Издательство "Бумажная Галерея 2005, 336с., Изд.2).
- [18] Т.А. Лебедев, **О некоторых дискуссионных вопросах современной физики**, (Ленинградский политехнический институт, 1955, Часть II, 67с.).
- [19] О.Х. Деревенский, **"Жмурки с электричеством"**, <http://newfiz.narod.ru/elvo-opus.htm> .
- [20] Р.В. Фёдоров, **Физика: кризисные проблемы, новые начала**, (Черновцы: Прут, 2005, 400с.).
- [21] Ю.И. Петров, **Парадоксы фундаментальных представлений физики**, (М.: URSS, 2012, 336с., Изд.2).
- [22] В.М. Дрюков, **О чём молчат физики**, (Гриф и К, Тула, 2004, 96 с.).
- [23] Г.В. Николаев, **Современная электродинамика и причины ее парадоксальности**, (Твердыня, Томск, 2003, 149с.).
- [24] Л.А. Шипицин, **Гидродинамическая интерпретация электродинамики и квантовой механики**, (М.: Издательство МПИ, 1990, 49с.).

- [25] А.Л. Шаляпин, Стукалов В.И., **Введение в классическую электродинамику и атомную физику**, (Издательство УМЦ УПИ, Екатеринбург, 2006, 490с.).
- [26] А. Пуанкаре, **О науке**, (Наука, Москва, 1983, 736с.).
- [27] Б.М. Моисеев, **Физическая модель светового кванта**, (М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2011, 80с.).