

Введение

Перед Вами, читатель, второй том книги, посвящённой формулировке описания оснований физики. В первом томе, “Вводные главы” [1], я постарался с самых общих позиций указать причины, по которым нам необходимо описывать мир, и описывать его определённым образом. Роль и рост дерева математических понятий в этом описании, и причины и способы использования таких понятий в физике. А теперь перехожу к формулировке собственно оснований физики, описания мира в наиболее законченной форме. Точнее, к формулировке той части описания, для которой общепринято название “классические приближения”. Чаще говорят просто о “классической физике” или классическом приближении в единственном числе. В тексте я постараюсь остановиться достаточно подробно на причинах того, почему я предпочитаю говорить об этой части теоретического построения физики именно во множественном числе. Как о многих, **существенно разных** приближениях. Сейчас, однако, считаю полезным немного предвосхитить то, что будет подробно обсуждаться в дальнейшем, и остановиться на том общем, что **объединяет** все такие приближения. На том смысле, который я вкладываю в слово “классическое”. В общем-то, он близок к достаточно расплывчатому смыслу, неявно подразумеваемому практически во всех книгах, посвящённых этому вопросу. Отличие только одно. Я заостряю внимание на главном предполагаемом свойстве приближений, определяющем эффективность применения именно таких приближений для описания мира. А главным мне представляется возможность говорить в этих приближениях о траек-

ториях, линиях существования тех частиц, которые мы считаем материальными точками, как о **непрерывных** линиях. Т.е. таких, **каждая точка которых может считаться событием**, и число этих точек на любом отрезке траектории **полагается бесконечным**.

Изложение материала в этом томе отличается во многом от того пути, который я использовал в первой части книги “Измерение и свойства пространства-времени” [2], хотя все основные выводы остаются теми же, и даже существенно расширенными в части привлечения кручения к описанию мира. Надеюсь, что изменения произошли в лучшую сторону. Многие, казавшиеся ранее полезными, и даже необходимыми рассуждения больше не требуются. Ситуация похожа на строительство здания — во время стройки трудно, а может быть и нельзя обойтись без подпорок там и тут, без “лесов”. А когда здание представляется практически законченным, нужда в них отпадает. Более того, их удаление позволяет по-новому увидеть результат, его достоинства, и, может быть, недостатки. И определённую неадекватность и не нужность некоторых ранее использованных аргументов.

Первая глава посвящена обсуждению ряда вопросов, имеющих для дальнейшего изложения самое общее значение. Сначала в ней, по необходимости, рассматриваются условия, при которых классические приближения применимы для описания мира. Потом наше внимание обращено на связь между возможностью выбора репера масштабов *в окрестности точки* (переходами между разными реперами) и ограничениями (или, наоборот, необходимостью принятия во внимание каких-то условий) *на вид функциональной зависимости* коэффициентов аффинной связности от точки мира.

Далее обсуждается один из основных принципов, позволяющих установить базовые уравнения физики. В этой главе в его самой общей форме, производящей структурные тождества для произвольного пространства аффинной связности. Принцип стационарности скаляров, определённых в областях (и в подпространствах меньшего числа измерений тоже) пространств аф-

финной связности при **регулярных** вариациях самой связности, или структур ею порождённых. Соответственно, здесь этот принцип имеет пока сугубо математическое значение, как один из возможных методов получения соотношений между математическими структурами. Т.е. идеальный метод определения идеальных условий на идеальные структуры. Его применение в физике описывается в следующей главе.

Потом я ещё останавливаюсь на необходимости более расширенного понимания свойств функций, которые могут использоваться в качестве коэффициентов аффинной связности для описания реального мира в физике, по сравнению с обычным подходом математиков. Речь идёт о наличии сингулярностей, особенностей в объекте аффинной связности. Не просто как возможность, а как **основное структурно образующее свойство** необходимого нам описания мира. Сингулярности эти ассоциированы с **непрерывными** линиями существования выделенных цепочек событий, в классических приближениях называемых траекториями материальных точек. Т.е. линиями существования массивных частиц. Таких, которые позволяют определить на основе составляющих их событий масштабы времени и рассматриваются в каждом конкретном классическом приближении как **точки в трёхмерном пространстве**. Сингулярности в объекте связности описывают принципиальное отличие таких линий от окружающего их континуума.

Далее приводятся некоторые сведения из теории групп, которые будут полезны в дальнейшем при рассмотрении определённого круга явлений, связанных с кручением.

Заканчивается глава обсуждением соотношения между событиями и действием в классических приближениях.

Во второй главе сначала речь идёт о выборе конкретного пути построения описания мира с помощью идеи пространства аффинной связности. Потом рассматриваются причины появления в нашем описании мира такой структуры, как классическая метрика и отличия способа применения этой структуры в нём от использования метрического тензора как сугубо математической

идеи в чисто геометрической теории. А именно, классическая метрика в нашем описании используется только как **стандартизованный** образ классической системы отсчёта, служащий определением полноценного репера для пространства-времени, состоящего из всех четырёх масштабов, всего лишь на основе единственного масштаба времени. Метрика фиксирует стандартные, заданные нами условия на соотношения между пространственными масштабами и временным. В этом смысле метрический тензор рассматривается как структура, являющаяся полноценным тензором только относительно ограниченной группы преобразований координат. Расширение на более широкую группу преобразований остаётся возможным, но при этом перестает быть необходимым согласование между метрическим тензором и связностью. Это согласование остаётся актуальным только для некоторой **части полной связности** пространства-времени, которую я называю **метрической** частью полной связности. Т.е. метрический тензор описывает не все возможные свойства мира как непрерывности, а только часть этих свойств. Только те изменения в локальных реперах при смещении от точки к точке мира, которые ещё позволяют рассматривать **весь репер как целостный объект, обладающий заданными стандартизованными свойствами**. Свойствами, позволяющими говорить о наборе привелигированных систем отсчёта, в которых описание мира является для нас наиболее простым. И поэтому именно такие системы отсчёта мы принимаем как стандартные, предпочитаемые.

Вводится понятие тензора энергии-импульса как способ описания изменения действия по отношению к четырёхмерному, полному образу системы отсчёта, в общем случае зависящему также и от точки в пространстве-времени. Эта структура является распределённым в континууме аналогом “линейной” характеристики изменения действия, градиента действия, описывающего его изменение вдоль линии существования материальной точки, и поэтому естественным образом сосредоточенного только на таких линиях. Введение тензора энергии-импульса возможно

(и необходимо) только при введённой в описание классической метрике, в отличие от градиента действия, который существует в любом описании мира непрерывным пространством, континуумом. Представлен также и конкретный вид тензора энергии-импульса для самого важного случая, лежащего в основаниях всех классических приближений, для случая изолированной в пространстве материальной точки.

Далее принцип стационарности скаляров применяется к основной ограничивающей наше описание мира характеристике — совокупности имеющихся в той или иной части мира событий. Точнее, к непрерывному образу событий в классических приближениях, такому физическому понятию, как действие. Соответственно, в физике этот принцип ассоциируется с известным уже давно **принципом стационарности действия**. Хотя часто его называют и принципом минимальности действия.

Помимо скаляров самого общего вида, существующих на любом пространстве аффинной связности, рассматриваются дополнительные скаляры, появляющиеся при введённой классической метрике, не обязательно полностью согласованной с имеющейся в пространстве-времени связностью. При этом производится систематическая классификация проявлений тензоров, возникающих из объекта аффинной связности, как отдельных, уже известных физических полей. Сначала таких как гравитация, потом и для проявлений электромагнетизма находится своё описание. С одной стороны, выступающее как часть общего поля, независимая от тех проявлений связности, которые описывают гравитацию. Но с другой стороны, причём явным образом, как часть единой структуры, полного тензора кривизны. В этой главе рассмотрение проводится только в той части, которая касается самих полей. Участие вещества (т.е. материальных точек, как совокупностей всех имеющихся в области пространства-времени событий) пока ограничено только его ролью как источника единого (и каждого частного, инвариантно выделенного) поля.

Помимо хорошо в физике известных и повсеместно употребляемых полей мы рассматриваем также и поле кручения, нали-

чие которого в континууме, объединяющем массивные тела, в настоящее время, в основном, игнорируется. Кручение в классической физике сейчас принимается в расчёт только при рассмотрении деформаций твёрдых тел. Сначала мы обсуждаем те примеры прототипов нелокальных объектов, которые создают идею кручения. И приводим причины, почему кручение, как свойство связности, нельзя игнорировать при описании мира. Однако, далее кручение включается в описание мира пока чисто формальным образом, посредством определения его места в едином поле физики на базе всех тех принципов, которые были применены ранее при описании электромагнитного поля.

В итоге можно сказать, что вторая глава посвящена формулировке именно того, что в физике обычно и называют “теория поля”. Единого поля. Заканчивается она параграфом, в котором это единое поле, его проявления рассматриваются с нескольких разных точек зрения для более полной классификации его свойств. Это рассмотрение позволяет установить, что программу описания всех полей, возможных в пространстве-времени как континууме (в классических приближениях), можно считать полностью выполненной. Все возможные (и необходимые) поля нашли своё место в описании и никаких иных добавить нельзя. Точнее, всё что ещё можно добавить, для полноценного описания мира в классических приближениях не требуется. Это будет не более чем ненужное усложнение описания. Те части поля связности, на которых заострено внимание, описывают все необходимые составляющие физического поля как частные (инвариантно отделимые) проявления единого поля связности. Причём описывают их все единым образом. А всякую аффинную связность, выглядящую (в пределах применимости приближения материальной точки, изолированной в окружающем её пространстве) гораздо сложнее полученных нами решений, можно привести к желаемому виду с помощью калибровки классической метрики и вектор-потенциалов, т.е. с помощью перехода к стандартизованным системам отсчёта.

В третьей главе изучается отдельное влияние тех полей, тех

составляющих в едином поле связности, которые мы выделили ранее, на движение материальных точек в этих полях по отношению, в первую очередь, к стандартизованным системам отсчёта.

Сначала внимание уделено обсуждению общих принципов описания движения материальных точек относительно систем отсчёта, порождённых как самими этими точками, так и другими такими же. Рассматривается связь принятых нами соглашений с основными законами классической динамики материальной точки — законами Ньютона. На этом пути мы приходим к выводу, что необходимости в отдельной формулировке второго закона Ньютона не имеется. Формулировка этого закона возникает естественным образом из расширения наших базовых представлений о существовании систем покоя и порождаемых ими соответствующих групп инерциальных систем для **каждой** материальной точки в отдельности на более широкий круг движущихся друг относительно друга систем отсчёта. И из принятия во внимание возможности для аффинной связности в области отличаться от чисто метрической.

Рассматривается соотношение между двумя способами описывать динамику точки — с помощью изучения результатов стационарности действия (фиксированности набора событий на траектории частицы), и с помощью локализованных уравнений, условий на касательный к траектории вектор и на дуальный ему ковариантный вектор градиента действия. Их эквивалентность, а также достоинства и недостатки в применении к описанию конкретных ситуаций.

В нашем описании динамики материальной точки постулату существования особых, **инерциальных** (локально инерциальных) систем отсчёта соответствуют математическое понятие “геодезичность” траектории материальной точки и **гарантированная возможность построить** “геодезические координаты”, связанные с **каждой** материальной точкой, вне зависимости от того, является ли аффинная связность в области метрической, или нет. В системе законов Ньютона этим понятиям соответствует первый закон, который можно и нужно рассматривать как

декларацию (постулат) существования инерциальных систем отсчёта для всех материальных точек. Только в системе Ньютона ещё предполагается, что эта группа инерциальных систем отсчёта является единственной, **общей для всех материальных точек**. А в нашем описании сразу становится ясным, что для существования такой, общей хотя бы в ограниченном смысле системы отсчёта обязаны выполняться дополнительные весьма жёсткие условия.

Осознание того факта, что **каждая** материальная точка порождает **свою** группу (локально) инерциальных координат, свою группу (локально) инерциальных систем отсчёта, вводит совершенно естественным образом в рассмотрение **силы инерции**. Просто потому, что группа инерциальных систем отсчёта, порождённая системой покоя одной материальной точки, вполне может быть группой **не инерциальных** систем отсчёта для другой такой точки, движущейся относительно первой произвольным образом. С этих позиций рассматривается описание сил инерции (и, фактически, уже **формулировка и применение второго закона Ньютона**) в простейшем виде. Причём, специальной формулировки новых соотношений (т.е. отдельной формулировки именно второго закона) не требуется. Уравнения, утверждающие геодезичность линии существования материальной точки и сохранение на этой линии как касательного вектора (пропорционального вектору масштаба времени), так и дуального ему вектора энергии-импульса (градиента собственного действия материальной точки) естественным образом преобразуются к нужному виду.

Следующий параграф посвящён описанию движения в евклидовом пространстве, но с точки зрения неинерциальных систем отсчёта. В частности, рассматривается проявление сил инерции в системе отсчёта, движущейся поступательно с ускорением, и во вращающейся (локально) системе отсчёта при различном направлении движения материальной точки.

Потом довольно кратко излагаются основы формализма Лагранжа применительно к достаточно простым системам класси-

ческой механики. Делается это при постоянном сравнении классических методов с теми принципами, которые используются в нашем описании мира. В этом параграфе можно видеть, каким образом в классической механике вводятся понятия кинетической и потенциальной энергии, момента импульса и момента сил для сложных механических систем. Как базовые законы сохранения переформулируются в их версии для комплексных, единых для системы понятий. А также обсуждаются границы приближения, в которых эти понятия следует применять.

Далее мы переходим к рассмотрению движения пробной материальной точки в поле гравитации, порождённом другой, выделенной материальной точкой. С точки зрения аффинной связности, в поле метрической связности более общей, чем евклидова. Полученные уравнения являются тем необходимым дополнением к рассмотрению описания гравитационного поля, представленному ранее, в предыдущей главе, которое позволяет определить фигурирующую в решении Шварцшильда произвольную постоянную A . В соответствующем параграфе мы приняли значение для этой постоянной авансом, предвосхищая представленный здесь результат.

Описание движения материальных точек относительно стандартизованных систем отсчёта не может быть завершено без учёта влияния на него неметрической части аффинной связности, присутствующей в области пространства-времени. Этому вопросу посвящён следующий параграф. Главным определяющим все соотношения моментом при этом является утеря пропорциональности действия на траектории частицы локальному метрическому параметру. При том, что масса покоя, как число событий, приходящихся на единицу времени для данной частицы остаётся правильно определённым параметром описания. Так в нашем описании появляется сила Лоренца, причём в виде, едином для электромагнитного поля и поля кручения. А также та модификация действия на линии существования материальной точки, которая учитывает возможность отличия от нуля двух дополнительных к массе покоя параметров классической частицы —

электромагнитного заряда и заряда кручения.

Четвертая глава книги посвящена описанию второго класса фундаментальных классических приближений, который, хоть и базируется на приближениях материальной точки, но исторически был первым шагом в становлении физики. Да и не только физики, а и геометрии тоже. Речь идёт о приближениях сплошной среды. Мы не пытаемся в этой книге дать полное и исчерпывающее на настоящий момент представление о свойствах сплошных сред. Единственной целью этой главы является согласование самых оснований имеющихся в этой области физики классических теорий с построенным нами здесь описанием мира пространством аффинной связности. Чтобы у читателя имелось ясное представление, каким образом, в результате каких именно допущений можно перейти от нашего базового описания к уже существующим и достаточно подтверждённым теориям.

Первым среди этих приближений мы рассматриваем приближение идеального твёрдого тела. Это приближение является источником представлений о евклидовых свойствах пространства и независимом существовании пространства во времени. Обсуждается, каким образом можно прийти к таким выводам, и как их можно совместить с теми представлениями о свойствах пространства-времени как целого, к которым мы пришли в процессе создания нами описания мира, как континуума. Именно на этом этапе происходит разделение единого описания на два взаимно дополняющих — фиксированную (евклидову) геометрию и физику полей и тел, содержащую всё отличие реальной геометрии от фиксированной. Да, как мы сейчас ясно понимаем, разделение это не полноценное. Однако, в силу того, что мы всегда вынуждены строить лишь приближённое описание мира, вполне приемлемое в рамках именно таких приближений.

Рассмотрение вращения абсолютно твёрдого тела в самом базовом приближении его абсолютной жёсткости, вращения как единого целого, позволило нам увидеть, что с изменением направления движения одной материальной точки **относительно** другой, действительно связано и такое геометрическое поня-

тие, как кручение. Мы смогли вычислить все компоненты тензора кручения в этом случае, напрямую воспользовавшись определением связности как коэффициентов, характеризующих изменение локальных реперов при смещении от точки к точке в пространстве-времени. Кроме того, мы также увидели, что наличие кручения действительно связано именно с совместным действием группы вращения и группы сдвигов. Только малость компонент тензора кручения в нерелятивистских приближениях и в случае классических систем не слишком больших размеров, состоящих из материальных точек, позволяет им пренебрегать.

В следующем параграфе очень кратко рассматривается первое отклонение от предположения об абсолютной твёрдости вещества, составляющего тело. Но полная непрерывность этого тела, как сплошной среды, всё ещё предполагается. Т.е. речь идёт о рассмотрении динамических свойств жидкостей и газов как сплошных сред. В этой связи внимание обращено только на уравнение неразрывности среды, являющееся следствием закона сохранения тензора энергии-импульса.

Гораздо больше внимания, хотя, в основном, на качественном уровне, обращено в следующем параграфе на такие разделы физики вещества, рассматриваемого в приближении сплошной среды, как термодинамика и статистическая физика. Это и не удивительно, потому что именно эти разделы стали ареной и инструментами одного из важнейших достижений в физике. Их развитие привело к объединению казавшихся совершенно разными понятий, к формированию в значительной части физики единой системы взглядов на описание мира.

Далее рассматриваются в простейшем виде вопросы описания электромагнитного поля в веществе и частный, но оказавшийся важным для процесса становления физики как науки случай равновесного теплового электромагнитного излучения.

Последняя глава посвящена обсуждению некоторых вопросов, которые в современной физике продолжают привлекать к себе очень много внимания, но часто являются, скорее, мифическими, а не реальными, требующими решения проблемами. Или

наоборот, речь идёт от таких ставших популярными предложениями решения имеющихся проблем в приведении в соответствие теории и опыта, которые превращают вопросы физики в вопросы веры.

В заключении я кратко суммирую пройденный в этой книге путь. Это позволяет посмотреть “сверху” на получившуюся в итоге систему взглядов на физику, как описание мира, на соотношения между классическими приближениями в этом описании. На единство их оснований и своеобразии каждого из рассмотренных приближений. На полезность и удобство сделанных в них выборов опоры на определённые понятия. И на то, что все такие понятия можно соотнести с теми базовыми представлениями о способах сопоставления явлениям и частям реального мира чисел, с которых мы начали наше построение классического описания мира. Соотнести как понятия сложные, комплексные, “синтетические”, но явным образом сводящиеся при упрощении рассматриваемых систем, частей мира именно к базовым результатам измерений. Т.е. к описанию мира геометрическими средствами, пространствами аффинной связности.

И позволяет увидеть как достигнутую степень охвата общей картины мира уже развитыми средствами, так и незаконченность получающегося образа, наличие в нём элементов, не позволяющих считать его полностью самосогласованным. Не только с точки зрения *незаконченности теории из-за наличия большого числа оставшихся без внимания направлений развития* “от малого к большому”, но и с точки зрения присутствия положенных нами вполне сознательно в основания теории базовых соглашений о невозможности определения на классическом уровне таких важнейших её параметров как массы покоя и заряды.