AMERICAN RESEARCH PRESS

Ф. А. Цельник

ИРОНИЯ МЕТОДА

American Research Press

Ф. А. Цельник

Ирония Метода

◊

Метод физики построен не на гипотезах об устройстве Мира, а на аксиомах, вытекающих из требования универсальной воспроизводимости предсказаний. Таким образом, Метод не нуждается в подтверждении экспериментами: эксперименты проводятся в рамках его же понятий и поэтому обречены на согласие с теорией (выводимой исключительно из аксиом). Критический анализ таких конструкций Метода, как промежутки времени, системы отсчёта и расстояния, приводит к довольно непривычным выводам...

Rehoboth, New Mexico, USA
— 2015 —

To order printed copies of the book, contact the Editor, Dmitri Rabounski.
E-mail: rabounski@ptep-online.com

This book was typeset using the LaTeX typesetting system.

Cover image: An SDO/NASA photo image of the Sun. Courtesy of SDO/NASA and the AIA, EVE, and HMI science teams. SDO images and movies are not copyrighted unless explicitly noted: the use of SDO images for non-commercial purposes and public education and information efforts is strongly encouraged and requires no expressed authorization. See http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/rules.php for details.

Titlepage image: Reproduction of an enigmatic woodcut by an unknown artist of the Middle Ages. It is referred to as the *Flammarion Woodcut* because its appearance in page 163 of Camille Flammarion's *L'Atmosphère*: *Météorologie populaire* (Paris, 1888), a work on meteorology for a general audience. The woodcut depicts a man peering through the Earth's atmosphere as if it were a curtain to look at the inner workings of the Universe. The caption "Un missionnaire du moyen àge raconte qu'il avait trouvé le point où le ciel et la Terre se touchent. . . " translates to "A medieval missionary tells that he has found the point where heaven [the sense here is "sky"] and Earth meet. . . ".

ISBN 978-1-59973-399-9

American Research Press, Box 141, Rehoboth, NM 87322, USA
Standard Address Number: 297-5092
Printed in the United States of America

Содержание

Предисловие. В чём вопрос

> Математика даёт нам блестящий пример того, как далеко мы можем продвинуться в априорном знании независимо от опыта. Страсть к расширению знания, увлеченная таким доказательством могущества разума, не признает никаких границ. Рассекая в свободном полете воздух и чувствуя его противодействие, лёгкий голубь мог бы вообразить, что в безвоздушном пространстве ему было бы гораздо удобнее летать.
>
> И. Кант, *Критика чистого разума*

Метод физики считается важной частью нашей цивилизации. Однако само его существование парадоксально. В самом деле, основа основ Метода — повторяемость, *универсальная воспроизводимость* утверждений. Просто воспроизводимость — это ещё не для Метода. Детальное знание своего города не входит в структуру Метода, хотя оно может быть стабильно и полезно при поиске места. Но когда-нибудь город изменится, и такое знание станет бесполезным. Напротив, конструкции и правила Метода, будучи верно понятыми, претендуют на универсальность, на то, что они будут действительны всегда и везде.

Зато и возможный набор универсальных правил по необходимости узок, потому что он образуется за счёт выбрасывания всего неопределённого, ненадёжного, зыбкого, ограничивая полнокровную мысль логикой. Предельная форма *однозначной* воспроизводимости — число: 100 человек — это когда уж совсем неважно, чем эти люди друг от друга отличаются. Даже когда речь идёт о случайных событиях, Метод ищет случаи, когда можно получить — воспроизводимое! — распределение вероятностей, а остальное объявляется “несущественным”. Воспроизводимость необходима тогда, когда — явно или неявно — имеется в виду использование прошлого опыта. Но ведь в жизни нет полностью воспроизводимых ситуаций. Более того, как раз неповторимое волнует нас больше всего. Тогда зачем же и когда он нужен, этот Метод?

С доисторических времён ценились, наряду с мудрыми (иногда) и хитрыми (всегда) вождями, сильными и храбрыми воинами, меткими и ловкими охотниками, также и те, кто умел по едва заметным, а то и вовсе незаметным для других признакам, предсказать погоду, найти зверя, добыть огонь, придумать новое орудие. Часто эти люди руководствовались им самим непонятными ощущениями, интуицией ("мне так кажется" или "кости мозжат к непогоде"), и тогда их умение исчезало вместе с ними; но иногда удавалось своё умение объяснить хоть кому-то, и тогда у него был шанс сохраниться. Так создавался Метод, и уже другие люди — "философы" — старались свести всё это в систему (разные — по-разному), как-то упорядочить для уяснения и запоминания. В развившихся позднее "точных науках" опыт подменил опытность, и сочетание эксперимента и теории стало общепризнанной формой познания. "Чистые" условия экспериментов и последующее использование в применениях только их "правильных" комбинаций призваны как раз обеспечить эту самую универсальную воспроизводимость, избавляясь от неопределённости, "мути" действительной жизни, которая тем не менее как-то ухитряется воспользоваться предсказаниями Метода. Заслуживающий доверия эксперимент обязан предъявить однозначный результат, так же как теория — однозначный вывод. Ведь главная забота и искусство экспериментатора состоят в такой организации эксперимента, чтобы он приводил к однозначным утверждениям, тогда как чаще всего он видит на своих приборах нечто неповторяющееся, из чего вообще никаких определённых заключений не следует, и ему необходимо так видоизменить приборы и саму постановку опыта, чтобы добиться надёжной воспроизводимости. Говорится, что теория проверяется опытом, но ведь и постановка опыта управляется теоретическими представлениями. Всё это потом так или иначе употребляется на практике, но вот вопрос: в чем и в какой мере результат опыта предопределён исходными теоретическими понятиями? А что если эти понятия так тесны, что никакого опыта и не нужно; результат просто не может быть иным, т.е. он следует уже из самой постановки вопроса?

Считается, что по мере совершенствования экспериментальных устройств и при соответствующей изощрённости теории все "разумные" вопросы получат убедительные ответы. Проникая всё глубже в "строение" материи, мы в конце концов узнаем и поймём всё о Природе. В такой формулировке физика, да и наука вообще, предстаёт как нечто существующее само по себе и подлежащее бесстрастному и бескорыстному изучению.

Люди привыкают к такому мнению, приобретающему статус “критерия Бандар-Лог” у Киплинга: “это правда, правда, потому что мы все так говорим”. Тогда даже и очевидная успешность технологий становится зависимой от них самих, подобно тому, как реклама создаёт искусственные потребности. Такое развитие может оказаться чересчур односторонним и чреватым будущими проблемами (кроме тех, что свойственны нам самим), коренящимися именно в Методе. Этикетка “разумность” на том или ином вопросе часто призвана просто запретить несанкционированное самим Методом любопытство.

Желательно поэтому проанализировать саму структуру Метода — его язык, т.к. вопросы всегда задаются на каком-то языке, а потому и ответ отчасти содержится в самом вопросе. Ведь если вам ответят на непонятном языке, вы сочтёте такой ответ “шумом”. Но язык Метода — это все-таки не то, что языки племён. Он — всеобщий, и о нем следует спросить, почему он именно таков: в какой мере вопросы и ответы определены исключительно требованием воспроизводимости. Оказывается, что в фундаментальных вопросах физики это требование столь категорично, что у Природы нечего и ждать её собственного ответа. Он всегда полностью определён самим условием воспроизводимости, так что в принципиальных вопросах нечего и проводить эксперименты.

Единственный ответ Природы на задаваемые теорией вопросы — это: “всякое бывает”. А Метод подобен трафарету, выхватывающим из неограниченного разнообразия Природы то, что сообразно структуре его собственных вырезов, всё более тонких и изощрённых по мере развития Метода. Это уже давно утверждалось Кантом, Бергсоном и др. Пушкинское выражение “однообразная красивость” вполне применимо и к теории в Методе, которая просто объясняется самой организацией этих вырезов.

Однако сам трафарет вовсе не произволен, но, напротив, отвечает главным требованиям пользователя, а скудость конструкций Метода (“неужели всё разнообразие мира подчинено таким простым формулам?”) диктуется жёсткостью условия воспроизводимости и трудностью его соблюдения. Это станет ясно во второй части этой книги после того, как в первой выяснится возможность реализации конструкций Метода, исходя непосредственно из этого условия. Резюмируя, можно сказать, что физики вовсе не открывают законы Природы, да у неё и нет никаких законов — одни только частные случаи, а вот сказать, что пусть то-то и то-то не важно, и тогда можно предсказать то, что останется, — дело науки. Достаточно удивиться, почему это умозрительные построения математиков, поначалу вовсе не отвечающие на запрос физиков, потом оказываются ими востребованными, чтобы обнаружить, что и те, и другие просто одинаково задают вопросы, а именно: что можно однозначно предсказать?

Иными словами, пользователю Методом предлагается “искать под фонарём”, потому что в темноте всё равно ничего не найдёшь — воспроизводимым-то образом. Зато там, где удаётся свести практическую задачу к имеющей решение в Методе, его эффективность гарантируется, и на том основана вся наша почитаемая технология.

То изображение мира, которое доставляет Метод, — это не картина, а скорее чертёж: в проекциях и с размерами. Ведь картины у разных людей и в разное время создают разное впечатление, а стало быть, лишены универсальности. Вот если бы не только сама картина, но и впечатление от неё были всегда одинаковы, то она принадлежала бы Методу, — но не искусству. Продукты Метода играют хотя и важную, но вспомогательную роль. Так, изображение в зеркале может передать мельчайшие детали, но задача Метода — сделать хорошее зеркало — базируется отнюдь не на анализе выражения изображаемого лица.

В первой части книги обсуждается общая, главным образом геометрическая, структура Метода, реализующая его конкретные способы достижения воспроизводимости. Для облегчения понимания большинством читателей, не привычным к расчётам, в нашем изложении никаких формул не будет. Их заменят многочисленные чертежи и качественные пояснения приводимых построений. В тех случаях, когда отсутствие соответствующего расчёта вступает в особенно острый конфликт с убедительностью утверждения, предлагается краткое описание общей схемы расчёта и вспомогательных конструкций.

Во второй части обсуждается само требование воспроизводимости в его отношении к реальности. Это необходимо для установления границ применимости Метода. Основным здесь будет стремление определить такие границы *изнутри* самого Метода, далее анализируя его исходные понятия.

Часть первая. Как и почему

> А для низкой жизни были числа,
> Как домашний подъярёмный скот.
> Потому что все оттенки смысла
> Умное число передаёт.
>
> Н. С. Гумилёв, *Слово*

Глава 1. На шаг раньше

> Я не даю определения времени, пространства, места и движения как того, что всем хорошо известно.
>
> И. Ньютон, *Математические принципы естественной философии*

“Одним из основных понятий механики является понятие *материальной точки.* Под этим названием понимают тело, размерами которого можно пренебречь при описании его движения... Положение материальной точки в пространстве определяется её радиус-вектором **r**, компоненты которого совпадают с её декартовыми координатами x, y, z” (Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц, *Механика*). Предполагается, что у читателя, прошедшего должное обучение и воспитание, здесь вопросов не возникнет. Более осторожный математик начнёт иначе. “В основе классической механики лежит ряд экспериментальных фактов... Наше пространство трёхмерно и эвклидово, а время одномерно...” (В. И. Арнольд, *Математические методы классической механики*).

Ньютон придумал схему решения *некоторых* практических проблем, названную “механикой”, опираясь на найденный несколькими десятилетиями ранее способ Декарта соединить алгебру с геометрией, пользуясь координатами для сопоставления точек числам. Подход Ньютона сохранился в основном до сих пор, хотя и с важным усовершенствованием Эйнштейна. Опишем идеи этой схемы в общих чертах. При этом мы намеренно остановимся на кропотливом разборе элементарной логики схемы, имея в виду построение её альтернативы в дальнейшем.

Выбирается трёхмерная *система отсчёта*, построенная из твёрдых линеек или как-либо иначе образованных конструкций с их использованием для устройства координатной сети, и вводится понятие *материальной точки* как *тела*, перемещающегося вдоль одномерной гладкой структуры — *пути*, каждая точка которого задана тремя числами — координатами — и помечена ещё одним упорядывающим числом — моментом времени. Время течёт монотонно, обеспечивая отсутствие самопересечений в так образованной *траектории*, даже когда координаты повторяются. Такая картина навеяна наблюдениями маленьких или далёких объектов, когда их детали несущественны для предполагаемого пользователя схемой. Столь узкое описание природных явлений выделено своей простотой и доступностью предсказания того, где окажется это тело позже. Тело может менять форму, в нём может что-то происходить, например, химическая реакция или жизненные превращения, всё это не важно. Нас интересует только то, что мы умеем предсказывать, а остальное "несущественно". Как заметил С. Лем в его "Сумме технологии": "Если всё, что вы хотите знать о повешенном, — это период его качаний на верёвке, то вы — физики".

Для реального использования схемы тело нужно "видеть", т.е. знать его начальные координаты, а также иметь правила для нахождения более поздних его положений в тех же координатах. Практика времён Ньютона не могла привести к представлению о конечной максимальной скорости сигнала, доставляющего информацию о координатах, а то его механика, возможно, выглядела бы совсем по-другому. Напротив, тогда казалось, что на всякое движение найдётся более быстрое. Так что где бы тело ни было, его должно быть "видно" мгновенно. Тогда можно за ним следить. А то ведь если сигнал запаздывает, то может оказаться, что тело, ускорившись, обгонит его и будет потеряно из виду, а потом уже другое тело — похожее (если не пометить) подменит первоначальное. Но ведь смысл решения всякой задачи как раз в том, чтобы как-то повлиять на события в желаемом направлении, а это никак не получится при подмене.

Далее в механике Ньютона среди всевозможных траекторий выделяется особое подмножество *равномерных* и *прямолинейных*, т.е. прямых линий в четырёхмерном пространстве-времени. Каждая из них полностью определяется любой парой своих точек. Одной определяющей точки было бы для задачи механики недостаточно. Действительно, если система отсчёта выбрана так неудачно, что любое движение из начальной точки однозначно определяет и конечную, то на такой переход никак нельзя было бы повлиять, и тогда следует просто считать эти точки за одну. В самой схеме выбор именно такого особого подмножества никак не объясняется: можно ведь по-разному выбрать классы линий, каждая из которых определяется любыми парами своих точек. Но в декартовых координатах прямая отвечает простейшему — линейному — уравнению с хорошими свойствами по отношению к линейным, в частности, векторным операциям.

В схеме Ньютона принимается, что равномерные и прямолинейные траектории отвечают "свободному" движению — без внешних воздействий. Конструкция схемы на базе свободных траекторий (хотя в жизни они тогда и не встречались, а представляли собой лишь некий предельный случай) называется "первым законом Ньютона". "Второй закон Ньютона" состоит в том, чтобы представить все достаточно гладкие траектории последовательностями ломаных, составленных из бесконечно измельчающихся в пределе сегментов прямых так, чтобы переход между соседними сегментами — *ускорение* — определялся внешним воздействием — *силой*, а также и индивидуальным параметром тела — его *массой*. Подобное разделение воздействия на силу и массу необходимо в схеме не только для расширения класса доступных ей ситуаций, но и по самому смыслу задачи предсказания будущего положения тела. Ведь в наиболее общей схеме для такого предсказания требуется задать силу во всех точках траектории; но при этом нужно знать эти точки до самого конца, а тогда что уж и предсказывать? Поэтому схему необходимо дополнить понятием *инерции*: какова бы ни была сила, существует последний сегмент, на котором этой силой можно пренебречь и уже считать движение свободным, и это же справедливо и для каждого промежуточного состояния как конечной цели на каждом шаге. На практике в механике рассматриваются различные частные случаи, когда силы заранее известны на всей возможной траектории, но в полной теории необходима гарантия осмысленности исходной постановки задачи при любых силах. Силы порождаются своими источниками, как правило, связанными с другими телами, и ослабевающие по мере удаления от них. Силам различного характера должно отвечать зависящее от этой силы ускорение, а потому кроме массы ускоряемое тело необходимо снабдить еще одним параметром — "зарядом", так чтобы ускорение под действием именно этой силы увеличивалось вместе с ним: в пределе нулевого заряда исчезает и ускорение.

Но как всё-таки найти силу в общем случае, т.е. ничего не зная заранее об её источнике? Ответ схемы: из того же второго закона

Ньютона, но обращённого так, чтобы силу определить по ускорению тела. Это похоже на порочный круг, но дело-то в том, что для определения силы в каждой точке по мере продвижения вдоль траектории интересующего нас тела сила измеряется по ускорению других — *пробных* — тел и потом уже используется в задаче. Но тогда надо быть уверенным, что все пробные тела удовлетворяют единому стандарту измерения. А это сделать совсем не просто, и потребуется дальнейшее ограничение класса допустимых сил; этот вопрос будет специально рассмотрен в главе 6.

Схема допускает распространение и на протяжённые тела, однако ценой некоторого ограничения класса допустимых сил. Если тело меняет форму или размер, то иногда можно его представить составленным из меньших частей, каждая из которых имеет свою траекторию, а все вместе дают полное поведение объекта. Но тогда требуется ещё один — "третий закон Ньютона", который в понятиях схемы представляет движение тела конечных размеров (твёрдого, например) как целого, вводя для этого внутренние силы, аналогичные внешним и удерживающие тело от распада. Поскольку такие силы не должны влиять на движение тела как целого, они должны взаимно компенсироваться; в терминах второго закона Ньютона это звучит: "действие равно и направлено противоположно противодействию". Уже сам Ньютон отмечает, что эти внутренние силы (для твёрдых тел) должны быть весьма велики по сравнению с внешними, так чтобы последние только двигали тело, а не деформировали его. Если источник внешнего воздействия явно указан в задаче, то говорят о взаимодействии тел, и тогда третий закон Ньютона естественно предписывает, чтобы интенсивность источника определялась тем же зарядом. В этом случае заряд называют "константой взаимодействия". Так что если, например, сила происходит только из-за взаимодействия тел, то все вместе они могут рассматриваться как одно целое ("замкнутая система"), т.е. закон допускает только определённый класс сил, для которых это условие выполнено.

Исходное в схеме понятие материальной точки как тела "нулевого" размера, т.е. такого, что его состояние полностью определяется тремя координатами, не зависит от общего понятия размера, но оно может стать исходной точкой для последнего. Если протяжённое тело представить состоящим из столь малых кусочков, что каждый уже практически — материальная точка, то положение каждой из них даётся её координатами в *той же* системе отсчёта. Далее, если любой допустимый путь аппроксимировать сегментами прямых, а каждому сегменту приписать его *длину*, заданную положением обоих его концов в *тех же* координатах (потому что в схеме нет никаких иных чисел), то в определяющем путь предельном переходе эта длина должна стремиться к нулю независимо от ориентации сегмента. Это достигается определением квадрата длины через координаты как суммы квадратов трёх их разностей.

Тогда и для протяжённого тела можно ввести понятие его размера как максимальной длины среди сегментов, которые проводятся между его точками, опять-таки заданных в тех же координатах, что первоначально вводились только для путей. А теперь уже и материальную точку можно переопределить как тело нулевого размера, т.е. не содержащее сегменты конечной длины.

За сотни лет её использования к схеме Ньютона настолько привыкли, что стали воспринимать её как нечто свойственное самой Природе, её внутренней "гармонии" и тогда говорить, что Ньютон "открыл" свои законы, пребывавшие дотоле готовыми, но неизвестными, скрытыми в ней. Альтернативный подход (Кант, Бергсон и др.) отрицает какие-либо законы у Природы, а полагает схему просто полезным в применениях выбором объектов внимания по удобным правилам. Тогда следует говорить о законах Ньютона скорее как об изобретении, а не об открытии. Пользователь скользит отрешённым взглядом окрест, выхватывая лишь ситуации, где он может с пользой действовать. А схема Ньютона предлагает ему указания, на что обратить внимание, а именно, выявить те (редкие) случаи, где ещё возможно гарантированное предсказание. В дальнейшем мы систематически исследуем этот вопрос, а пока посмотрим на упомянутые черты схемы с точки зрения их необходимости.

Конечный продукт схемы — это три числовые функции: зависимость координат от времени. А зачем они нужны? Когда и как ими пользоваться? Возможный ответ: если эти значения координат для одного тела в некоторый момент времени равны значениям координат другого тела в тот же момент, то эти тела могут столкнуться — войти в контакт. Таким образом, эти функции приобретают практическое значение лишь при наличии других тел, а иначе найденная траектория как бы повисает в пустоте. Почему же тогда не рассмотреть полную задачу, включая явно все участвующие тела? Разумно ли такое разбиение задачи на изолированные части, когда сам-то вопрос универсален: столкнутся или нет?

Далее, каноническая (ньютоновская) схема избыточна в том отношении, что равноправных систем отсчёта оказывается много для решения одной и той же задачи, и нужны дополнительные правила переходов между ними при описании того же самого движения.

Ведь траектории заданы числовыми функциями, значения которых различны как для разных траекторий в одной системе, так и для одной траектории, но описываемой в разных системах. Распутывание такой неоднозначности требует отдельных правил — "принципов относительности", образующих из координат "ковариантные" комбинации, "вид" уравнений в которых не зависит от частной системы (в теории относительности в такие комбинации входит и время). В этой связи говорят также о "пассивных" преобразованиях кодирующих чисел-координат, меняющих сам код данной точки и "активных" — когда точка сдвигается *сама* (нужно ещё придать хоть какой-то смысл понятию перехода из одной точки в другую в пустом пространстве: чем же такие точки отличаются друг от друга?). Более того, сами системы отсчёта, призванные фиксировать положения тел, нуждаются в калибровке, производимой посредством стандартных траекторий. Например, прямолинейность стержней проверяется узкими лучами света или свободным падением тел, а часы калибруются стабильными периодическими движениями. В конечном счёте, следовательно, одни движения сравниваются с другими, а роль стержней и часов — промежуточная, нужная лишь для сравнения этих движений. Но всякое промежуточное устройство может, во-первых, привнести в процедуру сравнения нечто своё, а, во-вторых, что-то потерять, скрыть. По большей части это безобидно, а где-то и проявится. В частности, как мы увидим, некоторые опытные факты оказываются необъяснимыми в рамках схемы именно из-за утери части информации в промежуточном переходе. Например, "вечный" вопрос о числе измерений пространства: почему именно три, а не два или семь? В дальнейшем мы обнаружим и иные примеры.

При всей успешности схемы остаётся вопрос об её единственности. А вдруг могут быть какие-то другие схемы, дающие гарантированные предсказания в ещё более широком круге ситуаций? А мы просто привыкли думать только в рамках канонической схемы. Во второй половине XX века многие авторы пытались обойтись без стержней и часов, т.е. построить схему, базирующуюся непосредственно на распространении света и свободном падении тел. Однако сама по себе идея пространства-времени со всеми её атрибутами всё же воспринималась (в духе "суждения априори" Канта) как исходно данная интуитивно. Хотелось бы начать с чего-то первичного, с того, например, что делает очевидной и для непредвзятого взгляда возможность однообразного описания таких вроде бы несхожих явлений как движение небесных тел и полет голубя. Однако многовековая традиция так сильна, что, как свидетельствует опыт, даже само обсуждение исходных положений схемы, без предварительно созревшего ощущения его необходимости, действует угнетающе. Отложив поэтому самое первичное до последней главы, начнём с обсуждения самих способов достижения воспроизводимости, но только чуть раньше чем в цитированных (да и всех других) учебниках.

В них говорится о телах, движущихся по траекториям — одномерным континуумам. А вот это мы хотим рассмотреть как информацию, осмысленную с точки зрения “пользователя”, для которого, в конечном счёте, вся эта наука и предназначена. В отличие от любознательного исследователя с его неизменным вопросом “почему?”, первый вопрос пользователя более прозаичен — “зачем?”. Он ведь ждёт рекомендаций для действий, и именно в них состоит единственная ценность знания, а потому понятия схемы следует соотнести с её ожидаемыми предсказаниями.

Уже само представление о движении зависит от постановки проблемы. Например, орбиту спутника можно представить как изменение его положения, но иногда (например, в атомных процессах) полезнее считать движением только изменение самой орбиты. В каноническом изложении выделяется именно начальное состояние как то, что потом определит, наряду с законом движения, всю траекторию. Уже при этом неизбежно принятие без обсуждения готовой конструкции пространства-времени. Иначе нет никаких оснований для выбора чего-то определённого для предполагаемого изменения состояния: “во что, собственно, исходное состояние должно превращаться?”.

Напротив, конечное состояние есть нечто, известное пользователю ещё до обращения к Методу; это то, куда желательно попасть. Поэтому у конечного состояния имеется его *внешнее* описание, т.е. известное самому пользователю независимо от Метода, которому уже затем поручается (если получится) указать способ достичь желаемого. А если он не может для себя самого сформулировать, чего же он хочет, то и Метод его не научит. И только потом — уже в понятиях Метода — ставится вопрос о подходящей конструкции, внутри которой кодируются и конечное, и начальное состояния, теперь уже применительно к поставленной задаче. Таким образом, в отношении начального и конечного состояний, именно конечное следует выделить как ведущее, оставляя начальному служебную роль. Столь незначительное изменение вроде бы симметричного в готовой схеме отношения важно для изначальной постановки задачи. Точно так же в вопросе о причинно-следственной связи отношение причины к следствию несимметричны для пользователя. Следствие — это то, что для него важно само по себе, а причина существенна лишь постольку, поскольку она способна вызвать данное следствие. Только при такой постановке вопроса и возможно обоснование геометрических конструкций как инструмента для решения практических задач.

Что же касается конечного состояния, то критерий того, достигнуто оно или нет, должен быть сформулирован пользователем заранее. Иначе нет и самой задачи, коль скоро по достижении конечного состояния ещё неизвестно — то или не то требовалось. Но определив это состояние, нужно ещё придумать, как туда попасть. Нужная конструкция призвана как-либо закодировать конечное состояние уже своим, *внутренним* для Метода, описанием, т.е. в терминах его — Метода, как инструмента решения. В таком описании должен, конечно, иметься код и для начального состояния, поскольку оно ещё не есть желаемое конечное. Если этих двух кодов уже достаточно, т.е., если при фиксированном начальном состоянии, конечное с несомненностью достигается, то никакой задачи и нет, как нет её и тогда, когда нужный переход всё равно остаётся неизвестным. Но может оказаться, что в найденной системе кодирования есть *промежуточное* состояние, такое, что известно, как попасть из него в конечное, а в него — из начального. Например, при созревании растения может оказаться, что его цвет в промежуточной стадии определяет его свойства в конце, и тогда следует добиваться нужного цвета в промежуточном состоянии. Дальнейшее развитие схемы включает последовательность промежуточных состояний с переходами между ними. Если снабдить начальное состояние индексом 0, а конечное — индексом 1, то промежуточному присвоим индекс $\frac{1}{2}$. Принимая далее это состояние за конечное на первом этапе, получим состояние $\frac{1}{4}$, а такое же состояние между $\frac{1}{2}$ и 1 получит индекс $\frac{3}{4}$. Продолжая таким же образом, мы получим некую упорядоченную самой постановкой задачи структуру, но она ещё не совсем пригодна в качестве траектории. Структура не может иметь отличного от конечного (его индекс 1) последнего состояния. Ведь если бы таковое существовало, то переход из него в конечное был бы уже необходим, а тогда это состояние — лишнее, и его просто следует отождествить с 1. Это относится и к любому промежуточному состоянию. Таким образом, множество точек траектории по необходимости бесконечно. Однако в такой структуре могут быть и последовательности, не ведущие к определённому состоянию, с которого можно было бы двигаться дальше. В порядковой топологии такие последовательности всюду плотны в построенном множестве состояний (они соответствуют иррациональным индексам). Но ведь такая нумерация выражает только порядок в множестве состояний, а в остальном произвольна. Можно, сохраняя порядок, изменить индексы так, что любой из них, раньше бывший иррациональным, окажется рациональным (однако сделать это сразу со всеми индексами все-таки нельзя). Каждую такую последовательность естественно саму считать определённым состоянием, т.к. последовательность её индексов имеет верхнюю границу по построению, деля всю конструкцию на "до" и "после" (Дедекинд). Вот это и назовём *траекторией.* Пока ещё наши индексы похожи на моменты времени только своим линейным порядком. Впоследствии это сходство получит конкретное физическое наполнение, но это не будет соотнесено с показаниями каких-то часов. Никаких часов в этой книге вообще не будет: как оказывается, для физики они вовсе и не нужны (как и стержни).

В различных областях знаний способ фиксации состояний различен, но физик предлагает свой подход, работающий, правда, только в весьма ограниченной области реальных ситуаций, но зато делающий предсказания универсально воспроизводимыми. Он замечает, что конечное состояние всегда кодируется по принципу "да — нет" в самой постановке задачи. Так вот, в физике предлагается и все остальные состояния кодировать точно так же. Так фиксируемые состояния принято называть "контактами". Контакт — он или есть, или его нет, т.е. он — *точка*, и это определение никак не связано с понятием метрики, с размером или расстоянием. (Если дуэлянт промахнулся, имея единственный патрон, то ему уже не важно, насколько он промахнулся.) Контакту как состоянию отвечает наглядное представление о касании, и тогда участников контакта называют телами, но подчеркнём, что понятие тела имеет здесь чисто информационный, независимый от иллюстрирующей картинки смысл: это то, о чём можно говорить в связи с контактами.

Наглядное изображение помогает пользователю обращать внимание на похожие ситуации, стремиться выделить из Мира тела и искать возможность свести свою проблему к их касанию. Но в общем случае это просто умозрительная конструкция, придуманная в башне из слоновой кости и не имеющая пока что отношения к реальности. Зато она позволяет, как окажется, эффективно строить комбинации переходов между подходяще закодированными состояниями. Это уже потом, выйдя из башни вооружёнными схемой и пользуясь органами чувств, можно искать в окружающем мире что-то похожее на выработанную математическую схему для предсказаний в практических ситуациях. Так во всём разнообразии тогдашней повседневности астроном Галилей, привыкший наблюдать перемещение небесных тел (что было востребовано тогдашней практикой ориентирования на море), стал почему-то бросать камешки с пизанской башни, тем заложив основы экспериментальной (в отличие от чисто наблюдательной) физики. Каким же чудаком он казался окружающим! Люди пашут, воюют, торгуют, а этот — камешки бросает. Но вернёмся к сопоставлению схемы с обыденными понятиями.

Что же интересного в траектории для практики? Только то, что если она "пересекается" с другой, представленные ими тела могут контактировать. Что случится при контакте — это вопрос отдельный и к данной задаче не относится. Суть понятия траектории в том, что этого *не* случится, если траектории не пересекаются, а тогда, зная траекторию, можно предсказать и факт контакта. Если заяц столкнётся с волком, его не обязательно съедят: может быть, сейчас волк сыт. Но владеющий основами геометрии физик-заяц точно знает, что останется цел, если будет избегать контакта с волком. Получит зайчик *гарантию.* Так что для него контакт имеет свой собственный — *внешний* по отношению к задаче — смысл ("съедят или нет"). Но специально для решения собственно Задачи о Контакте (ЗоК) пользователю предлагается построить некую искусственную *внутреннюю* по отношению к Методу конструкцию.

Стало быть, факт наличия или отсутствия контакта можно принять за исходную точку для особого раздела науки — *физики.* Ведь то общее, что по легенде подметил Ньютон между яблоком и звёздами, относится именно к механическому перемещению — траекториям с их контактами, скажем, со светом, поступающим в глаз наблюдателя, а вовсе не с движением как изменением "вообще", не с чем-то общим, например, между эволюцией звезды и созреванием яблока. Вопрос ставится о предсказании контакта на основании подходящих исходных данных.

Развивая Метод "с нуля", мы не можем сразу же принять всю традиционную геометрию как "упавшую с неба". Напротив, мы для начала поставим вопрос о полезности именно такой структуры, хотя, возможно, именно она в той или иной форме возникнет из наших построений. Мы определили предмет схемы как ЗоК. А в ЗоК всегда присутствуют как минимум два тела. Следовательно, вовсе не обязательно с самого начала устраивать внешнюю систему отсчёта с её координатами для фиксирования "положения" тел, опустив поначалу *явное* присутствие других тел, и только потом перенеся взгляд на них. А что если прямо сформулировать ЗоК в их отношениях? Тогда, может быть, координаты и вовсе не понадобятся? Как окажется, так оно и есть, и мы забудем о координатах, об их преобразованиях, о величинах, как-то при этом преобразующихся, о принципах относительности и тому подобном.

Решение ЗоК должно быть однозначным и неограниченно воспроизводимым. Эти требования столь категоричны и ограничительны, что удовлетворяющие им ситуации достаточно редки в жизни. Зато они постоянно выявляются и охотно используются, особенно в технических вопросах благодаря эффективности предсказаний, а потому кажутся широко распространёнными. Предельно упрощённый вопрос ЗоК имеет своим следствием тот факт, что Природе в её бесконечном разнообразии всегда легко дать ответ и на него тоже, так что всем возможным при столь жёстких ограничениях построениям Метода обязательно найдётся соответствие в природе. Так, если Метод предсказывает какую-то частицу как соответствующую его схеме, то она обязательно найдётся в эксперименте, в постановке которого эта схема соблюдена, потому что, воспринимая природу лишь в понятиях Метода, мы в противном случае эту частицу просто не увидели бы, не выделили бы её из целостного мира. Несколько фигурально можно сказать, что, пользуясь правилами Метода, мы как бы "создаём" эту частицу, подобно тому, как построенный по тем же правилам телевизор массово присутствует в мире. Развивая Метод в рамках умозрительной схемы, мы будем постоянно иллюстрировать вводимые конструкции знакомыми примерами. Необходимо, однако, следить и за внутренней логикой построений.

Поскольку в ЗоК имеется представление разных траекторий с их взаимными отношениями типа пересечений, то для их совместного описания нужна некая общая для них структура. Такую структуру, приспособленную исключительно для решения ЗоК, будем называть *пространством контактов* (нечто похожее на пространство-время канонической версии). Его точки — это и есть контакты, образованные пересечением разнообразных траекторий. Условие универсальности, т.е. возможности формулирования любой ЗоК в рамках такой структуры, определяет требования, которые следует предъявить к её, как говорят, *геометрии.*

Сами траектории уже снабжены своей внутренней геометрией. По построению, они подобны отрезкам числовой оси или *простым дугам.* Если изображать их промежуточные состояния как точки, а дуги как *траектории движущихся тел*, то в рамках ЗоК подлежат рассмотрению исключительно ситуации, в которых контакт двух тел A и B, о котором ставится задача, состоится только тогда, когда их траектории пересекаются. В тех же понятиях возможны также контакты тех тел, о которых идёт речь в конкретной ЗоК, с ещё какими-нибудь телами. В частности, такие тела полезны в качестве набора специально приготовленных — *измерительных* — для предсказания искомого в ЗоК контакта. Таким образом, в каждой конкретной ЗоК может фигурировать ещё много (иногда бесконечно много) траекторий тел с разнообразными взаимными контактами или без таковых.

Поскольку пространство контактов как структура вводится специально для решения ЗоК, тела с траекториями, пересекающими траекторию A (например, состояние 1 в его собственном порядке), считаются теперь имеющими с ним контакт в этой точке, т.е. допускаются к рассмотрению комбинации только таких траекторий. Мы хотим предсказать контакт A и B, обозначим его как (A, B), зная их предшествующие контакты с измерительными телами на каких-то кусках их траекторий. Иначе говоря, будем *следить* за телами на этих кусках посредством измерительных контактов. Для этого, прежде всего, нужно убедиться в том, что на каждом куске это *те же самые* A и B. Действительно, зачем, собственно, выделяют перемещение тела из одного положения в другое среди более общих ситуаций, когда в одном месте тело исчезнет, а в другом возникнет "точно такое же"? А потому, что подразумевается возможное воздействие на контакты именно этого тела. Можно представить себе, что тела снабжены индивидуальными опознавательными знаками, что что-то "написано" на каждом. Такой приём часто полезен, но отличительной чертой Метода является как раз допущение также и невозможности такой маркировки, например, если тела такие маленькие, что на них ничего написать не получится. Поэтому в Методе, который по существу есть не что иное как набор всевозможных вариаций ЗоК, для слежения используются сами контакты (ведь ничего другого в схеме и нет) с измерительными телами.

Пусть траектории A и B таковы, что (A, B) осуществляется. Где-то перед (A, B) "выпустим" из A "пучок" измерительных тел, имеющих, стало быть, первичный общий контакт с A и между собой (здесь и далее вплоть до главы 4 предполагается, что все контакты не влияют на движение тел, в наших терминах — и на A и B, и между собой). Постараемся выбрать, если получится, такие измерительные тела из пучка, чтобы они далее контактировали с B, конечно, ещё до (A, B). Каждое из таких тел контактирует с B в некоторой точке, имеющей свой индекс в траектории B. Устройство пространства контактов — это и есть организация подходящих наборов измерительных тел.*

Найдём среди этих измерительных тел такое, что его контакт с B предшествует всем остальным по порядку в B. Напомним, что для выявления предшествования не требуется отдельных "часов". Пусть контакт оставляет "метку" на B. Тогда другой окажется позже, если он "увидит" B уже с меткой. Не всегда такое получится. Как пометить электрон? Но иногда удаётся косвенное мечение — через вспомогательные тела. Было бы естественно считать это — первое — тело самым быстрым, если бы не возможность различия в путях. Однако само по себе условие "предшествует по порядку в B" означает *полный экстремум*: предел достигается перебором и путей, и скоростей. Если ЗоК имеет решение и, стало быть, существует возможность следить за B из A, то такие тела должны иметься в необходимом наборе измерительных тел. А если потребовать возможности решения в рамках единой схемы для *любой* ЗоК, то они приобретают характер универсальных *сигналов* (они будут условно называться *фотонами*, хотя по данному определению никакой непременной связи с электромагнетизмом не имеют). Фотоны должны иметься в каждой точке обеих траекторий. Если бы их не было, то контакт нельзя было бы предсказать, ибо B могло бы оказаться "быстрее" тел набора, избегнув слежения, и такой набор не годился бы для ЗоК. Так как в отсутствие верхнего предела скорости два, например, одинаковых тела нельзя отличить от одного, но "мгновенно" перемещающегося из одной позиции в другую, то в такой ситуации Метод бессилен: невозможно изменить ситуацию, воздействуя на движение определённого тела. Тогда говорят, что это — не физика, имея в виду, что ситуация не допускает соответствующего упрощения, позволяющего применить Метод с использованием понятия тела, *определяемого как то, о чем можно поставить* ЗоК. Таким образом, ЗоК сама выбирает ситуации, где она эффективна. Сколь бы редко таковые ни случались, рекомендуется каждый раз посмотреть: нельзя ли свести проблему к ЗоК, потому что тогда предсказание уж очень надёжно. На практике не всегда нужны фотоны. Если, например, речь идёт о сравнительно медленных пе-

*Забегая вперёд, скажем, что их можно (хотя и не всегда) образно представить состоящими из тел, выпущенных из каждой точки эвклидова пространства-времени со всевозможными направлениями и скоростями (будем описательно пользоваться понятиями скорости, ускорении, массе, заряде и др., хотя всё это ещё надлежит построить исключительно в терминах осуществления и порядка контактов).

ремещениях, то иногда можно ограничиться и почтой как самым быстрым сигналом, придя, в общем, к той же теоретической схеме. Схема взаимных контактов тел может далее использоваться и в более широком контексте. Так, спокойное течение реки незаметно само по себе, т.к. одна часть воды замещается точно такой же. Для обнаружения течения и измерения его местной скорости надлежит искусственно нарушить однородность, помещая туда плавучее тело.

В исходной схеме Ньютона с бесконечной скоростью сигнала понадобилось поместить заранее синхронизированные часы в узлы пространственной решётки. Именно поэтому ему пришлось так трудно рассуждать о природе времени, разграничивая "математическое" или "истинное" время от "нестрогого", берущегося из какого-нибудь периодического процесса (преимущественно, астрономического).

После такого отступления вернемся к ЗоК. Пусть при контакте с B посланного с A фотона мгновенно испускается фотон с B назад к A, затем снова от A к B и так далее. Удобно говорить, что это один фотон, который *осциллирует* между A и B вплоть до их контакта (рис. 1.1). Этот фотон реализует слежение за B с A. Слежение не непрерывно, и кажется, что надёжнее было бы испускать с A фотоны один за другим через более короткие интервалы с тем, чтобы возвращающиеся приносили бы более подробную информацию. Но тогда есть опасность перепутать обратные фотоны. Необязательно же фотон, посланный раньше, и вернётся раньше: и путь может быть иным, и скорость: ведь определение фотона как тела, опережающего других, имеющих общий контакт с A, локально.

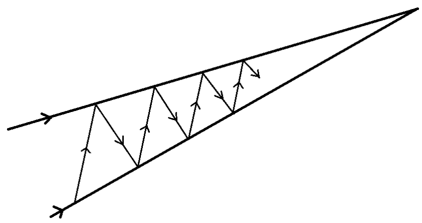

Рис. 1.1: Тонкие линии — траектории осциллирующего фотона.

Откуда бы счёт осцилляций ни начался, их число вплоть до (A, B) по необходимости бесконечно. В противном случае имелась бы последняя осцилляция, так что следующая происходила бы уже после (A, B). Но это противоречит определению фотона как сигнала, опережающего всех, в том числе и самих A и B.

Такую последовательность контактов называют последовательностью Зенона, имея в виду его парадокс об Ахиллесе и черепахе,

Попробуем теперь для решения ЗоК обратить критерий, считая, что заранее неизвестно, будет ли контакт (A, B) (а мы ведь хотим предсказать его), считая осцилляции фотонов. Начав считать их с любой точки, хотелось бы, скажем, заключить, что контакт наступит, если число осцилляций неограниченно возрастает. Но ведь если контакта нет, то это число все равно стремится к бесконечности. Правда тогда это займёт бесконечное время, но понятия времени, выраженного в терминах контактов, у нас нет. Положение можно исправить, введя дополнительные — кратные — контакты. Пусть кроме A и B имеется ещё одно тело — X, заведомо имеющее контакт, скажем, с A (потом мы специально предусмотрим такие в наборе измерительных тел). Так как тело X — одно из вспомогательных, т.е. не о нём спрашивается в ЗоК, его контакты можно назначать по мере надобности. И тогда мы изменим саму постановку ЗоК: спросим не о контакте "вообще", а о тройном контакте (A, B, X). В такой постановке задачи критерий формулируется следующим образом. Испустим, скажем, с A два фотона вместе (рис. 1.2) — один к B, а другой к X (тройной контакт A с этими фотонами) и будем считать числа контактов таких осциллирующих фотонов *только* с A.

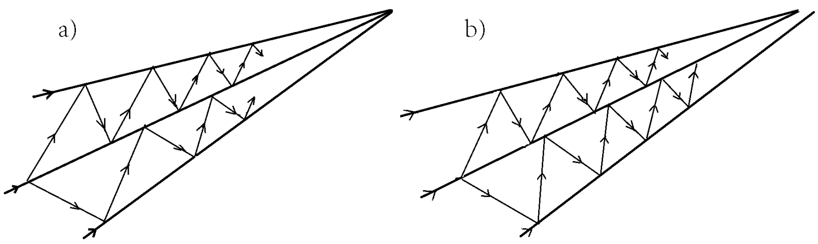

Рис. 1.2: a) Контакт (A, B) есть. b) Контакта (A, B) нет.

Если (A, B, X) нет, то *отношение* чисел осцилляций между A и B к числу осцилляций между A и X стремится при приближении к — фиксированному — контакту (A, X) к нулю, и это будет критерием отсутствия (A, B). Если же это отношение стремится к какому-то ненулевому пределу, то (A, B) состоится. Так как оба числа стремятся к бесконечности, то этот предел не зависит ни от того, когда именно начать отсчёт, ни от взаимного расположения контактов с A фотонов, отражённых от B и X, внутри отдельной осцилляции. В канонической версии это отношение можно выразить несложной формулой через мгновенные значения скоростей A, B, и X в точке контакта. Однако важно, что измерение чисел осцилляций — это сама по себе настоящая физическая процедура, и её не следует мыслить как нечто, скрытно симулирующее "настоящее" понятие скорости как результата деления длины на время. Мы увидим далее, что фундаментальные процедуры Метода естественно выражаются именно через сами числа осцилляций, когда они конечны, и через их отношения, когда они стремятся к бесконечности.

Именно тут — в необходимости дополнительного контакта с телом из измерительного набора — понятие времени, проявлявшееся выше только в отношениях порядка (исходных уже в двух книгах А. А. Робба, написанных в самом начале XX века), начинает приобретать конкретный смысл в измерениях. Заметим, что определение фотонов как быстрейших тел-сигналов не подразумевает ни численной величины их скорости, ни даже её одинаковости в разных точках пространства контактов, поскольку для каждой пары траекторий фотоны находятся независимо от всех прочих траекторий. Сама по себе величина предельной скорости в принятом способе измерений вообще несущественна, а возможное её изменение от точки к точке позволяет, как выяснится в главе 5, включить в общую схему контактов также и гравитацию с её кривыми (по понятиям канонической версии) траекториями фотонов.

Сопоставляя осцилляции фотонов движениям, мы получим идеальную реализацию Метода, а именно, "измерение движения движением" без посредников вроде часов и/или линеек. Тем самым вкладывается чёткий смысл в само понятие движения в физике (конечно же, за счёт ограничения области определения) — это уже не неопределённое "изменение вообще", а лишь то, что выражаемо в терминах контактов. Так, рассматривая движение макроскопических тел в электромагнитном поле, пренебрегают их внутренним строением, в котором такого рода силы тоже участвуют. Зато столь узкий подход позволяет надеяться, что всё, что может быть описано в рамках Метода, когда-нибудь найдёт практические применения.

Отношения чисел осцилляций в кратном контакте будет в дальнейшем одним из главных инструментов в наших конструкциях. Однако в ситуации, показанной на рис. 1.2, такое отношение может оказаться равным нулю и при наличии тройного контакта. А именно, при "неудачном" выборе X в виде касательной (в понятиях канонической версии) к траектории B в точке контакта. Следует поэтому доопределить данное прежде условие требованием к набору измерительных тел: в нём должны иметься такие X, как говорят, *в общем положении*, чтобы нужное отношение стало ненулевым. Более того, выбирая X подходящим образом, можно образовать ненулевые отношения для "разных порядков касания". Как будет показано в следующей главе, при должном выборе собственной схемы пересечений в наборе измерительных тел нужные касательные находятся регулярным образом, а не просто перебором тел из набора.

Две произвольно взятые траектории могут пересекаться неоднократно и даже бесконечно много раз. В частности, они тоже могли бы касаться друг друга или даже иметь общий интервал. Предсказание контакта с использованием чисел осцилляций фотонов предполагает наличие на траекториях имеющих контакт тел интервалов (у каждого по его порядковым индексам), содержащим точку контакта и свободных там от иных взаимных контактов. В этих-то интервалах и осуществляются измерительные осцилляции фотонов. Если бы имелись столь "плотно" лежащие контакты, то отсчёт осцилляций начался бы перед некоторым (A, B), предшествующим (A, B, X), ложно показав отсутствие контакта вообще.

Дальнейшая задача состоит в формулировании требований к схеме взаимных контактов в наборе измерительных тел, пригодном для решения ЗоК. Из-за конечности предельной скорости не любая пара контактов может быть соединена траекторией. Для того, чтобы ЗоК могла иметь решение, в траектории каждого тела должны иметься "достаточно длинные" интервалы вокруг возможного контакта, чтобы в них нашлись точки, достижимые фотонами, испущенными с других тел в задаче (рис. 1.3). Иначе некоторые тела были бы "невидимы" для других, и ЗоК не могла бы быть поставлена.

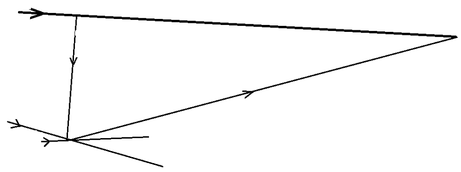

Рис. 1.3: Тела в ЗоК должны "видеть" друг друга.

Взаимные отношения тел в измерительном наборе определяют "геометрию" в пространстве контактов. Начнём с простейшей структуры близости — *топологии*. Назовём *окрестностью* точки этого пространства такое множество контактов, что любая траектория извне, оканчивающаяся в данной точке, обязательно проходит также и через какие-то другие точки этой окрестности. Более того, потребуем, чтобы множество точек, общих у каждой такой траектории с точками этой окрестности, образовывало в этой траектории открытый (т.е. без концевых точек) интервал по её собственному порядку. Так в окрестности возникает близость, наведённая совокупностью всевозможных траекторий, ведущих к её точкам снаружи (рис. 1.4).

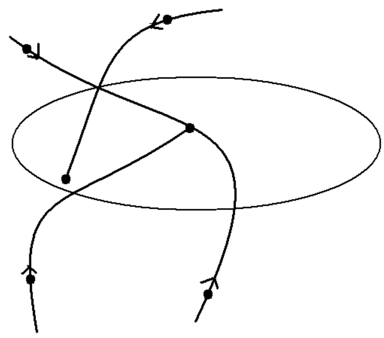

Рис. 1.4: К определению окрестности посредством траекторий (граница окрестности обозначена прерывистой линией).

Принятое определение отвечает интуитивному представлению: места, близкие к данному, — это те, которых не миновать, приближаясь к нему издалека. Практическое значение такого определения состоит в том, что для предсказания конечного контакта бывает достаточно зафиксировать только сам факт стремления к нему, неважно по какой конкретной траектории. Сам факт прохождения траектории сквозь сходящуюся последовательность окрестностей гарантирует конечный контакт, а для установления только этого факта требуется меньше исходной информации, чем для полного знания траектории. В самих траекториях естественная близость определяется её собственным порядком, возникающим при первоначальной постановке задачи. Хотя из принятого определения отнюдь не следует, что любые две точки окрестности соединимы траекторией, но если для некоторой точки окрестности среди всех проходящих сквозь эту окрестность траекторий выбрать только те, что проходят через эту точку, то найдётся окрестность этой точки, целиком содержащаяся в исходной. Таким образом, окрестность каждой точки пространства контактов хотя и не является окрестностью также и каждой своей точки, как это имеет место, например, в эвклидовом пространстве, всё же содержит некоторую окрестность этой точки.

Отдельный интерес для ЗоК представляют так называемые *пространственноподобные гиперповерхности*, определяемые как состоящие из точек, никакая пара из которых не соединима никакой траекторией, тогда как любая другая точка любой траектории, проходящей через некоторую точку гиперповерхности, соединима какими-то траекториями с некоторыми другими её точками.* Последнее условие индуцирует собственное отношение близости на гиперповерхности, наведённое траекториями, проходящими через неё, но отсутствующими в ней самой. А именно, выберем некоторую траекторию в данной точке гиперповерхности и содержащий эту точку интервал на ней. Примем за окрестность этой точки *относительно* содержащей её гиперповерхности все её точки, соединимые траекториями с точками выбранного интервала (рис. 1.5).

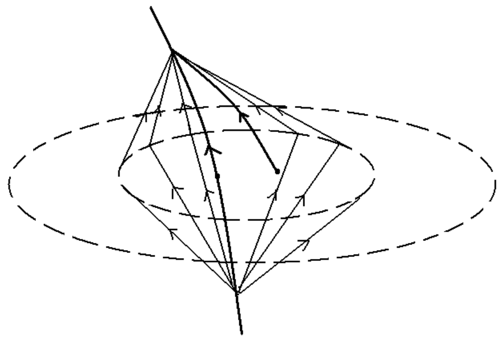

Рис. 1.5: Определение окрестности в пространственноподобной гиперповерхности.

Границу этой окрестности, образуемую посредством фотонов, исключим из самой окрестности, чтобы она оказалась, как говорят, *открытым множеством*, каждая точка которого имеет содержащуюся в нём окрестность. Образующую границу совокупность фотонов называют *световым конусом*. В отличие от обычных в геометрии поверхностей, задание светового конуса автоматически определяет и его разбиение на линии — траектории фотонов, поскольку никакая иная “линия” в нём не есть траектория какого бы то ни было тела.

*В этой связи сами траектории называют также “времениподобными” линиями; мы всё же будем пользоваться исключительно термином “траектории”, тем подчеркивая их первичность по отношению к пространству-времени в целом.

Рассмотрим столь малый интервал на траектории, проходящей через одну из точек (следовательно, только эту) некоторой пространственноподобной гиперповерхности, что соответствующая ему окрестность лежит целиком внутри данной гиперповерхности. В соответствии с порядком во взятом на траектории интервале в гиперповерхности образуется множество вложенных друг в друга окрестностей, что позволяет задавать *непрерывные отображения* выбранного на траектории интервала в гиперповерхность посредством траекторий, проходящих через точки этого интервала, в точки соответствующей окрестности (рис. 1.6). Образованное таким образом множество точек гиперповерхности назовём *путём*. Пути — не траектории! Они ведь не определяются непосредственно через числа фотонных осцилляций. В частности, они не обязаны быть простыми дугами и могут иметь в гиперповерхности разнообразные самопересечения. Они являются линиями, непрерывными по отношению к структуре окрестностей в пространственноподобной гиперповерхности.

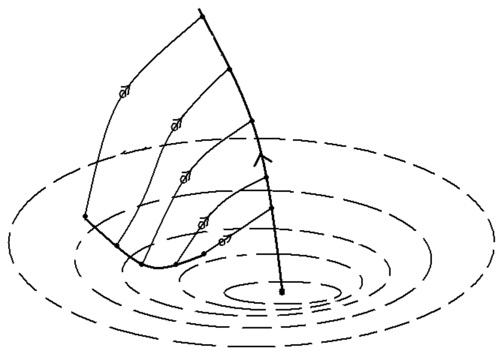

Рис. 1.6: Малый интервал траектории A непрерывно отображается семейством траекторий (тонкие линии) в путь на пространственноподобной гиперповерхности.

Назначение пространственноподобной гиперповерхности как вместилища всех конфигураций путей, которые могут понадобиться в ЗоК, состоит в том, чтобы предоставить им свободу пересечений. Если пути пересекаются, отвечающие им траектории могут иметь или не иметь контакт. Но если пути *не* пересекаются, контакт невозможен. Какова же должна быть *минимальная* геометрическая структура гиперповерхности, так чтобы свобода пересечений была соблюдена? Ответ: трехмерное топологически эвклидово (т.е. включающее, например, и риманово) пространство. Оно допускает разнообразные комбинации одномерных континуумов — линий, поскольку в нём всегда можно обогнуть одну линию другой. А в двух измерениях ограничения для ЗоК существуют не из-за характера действующих сил, а сами по себе: линия не может выйти из области, ограниченной другой замкнутой линией. С другой стороны, четыре измерения были бы уже избыточны, так как для адекватного изображения пересечений, что только и нужно для ЗоК, достаточно было бы его трёхмерного подпространства.*

Однако такой ответ подразумевает готовые понятия вроде размерности (числа измерений), а потому может споткнуться в более тонких обстоятельствах, где всё ещё можно было бы пользоваться эффективными методами ЗоК. Может оказаться, что не всякие пути допустимы или понадобятся сложно устроенные бесконечные множества путей. Бывают ведь ещё и протяжённые тела, которые в схеме Ньютона как бы “состоят” из материальных точек, а это представление содержит априорные геометрические образы и может не всегда быть уместным, например, в микромире. Необходим критический анализ используемых понятий, который мы и проведём с позиции ЗоК.

Начнём опять-таки с анализа понятий канонической версии, где точки считающегося готовым пространства определяются своими координатами. Как измеряются координаты? Линейкой. Линейка — это нечто сделанное из атомов, твёрдое и прямое, а деления на ней наносятся операцией прикосновения, т.е. контактами. Что такое “твёрдое и прямое” — об этом позже. Обсудим прежде принципиальное устройство системы координат — что, собственно, от неё требуется и зачем. Что же такое пространство, и как связаны числа с его точками? В соответствующей области математики — топологии — эти вопросы собраны в разделе “теория размерности”. Приведём краткие извлечения из результатов этой теории применительно к ЗоК. Итак, каждая точка n-мерного пространства кодируется n числами так, чтобы по этим числам можно было бы точки друг от друга отличать, иными словами, точки и числа нужно поставить во взаимно однозначное соответствие. Но ещё в XIX веке Кантор понял, что для этого хватит и одного числа. Для наглядности ограничимся двумя измерениями ($n = 2$).

*Дорожные развязки обеспечивают отсутствие столкновений, тогда как перекрёстки нуждаются в светофорах.

Каждой точке единичного квадрата с координатой ($0.a_1\,a_2\ldots$, $0.b_1\,b_2\ldots$) поставим в соответствие точку единичного же отрезка с координатой $0.a_1\,b_1\,a_2\,b_2\ldots$. Это соответствие взаимно однозначно, т.е. в одной стороне квадрата "столько же" (такая же бесконечность!) различных точек, что и во всем квадрате. Тогда зачем же две координаты? Оказывается, затем, что такое соответствие не взаимно непрерывно: близким точкам отрезка не всегда соответствуют близкие точки квадрата. Например, две точки отрезка $0.500\ldots$ и $0.499\ldots$ сколь угодно близки, тогда как образованные из них по приведенному правилу точки квадрата ($0.500\ldots$, $0.000\ldots$) и (0.499, 0.999) попадут на его противоположные стороны. А вот соответствие, которое было бы и взаимно однозначным, и взаимно непрерывным, никак не получится (Брауер).

Но зачем же нужна непрерывность? А тогда, может быть, и ещё что-то понадобится. Разве недостаточно получить нужные числа, что-то где-то измерив или сосчитав, и по ним сделать однозначное предсказание о контакте? И что такое "близко" в ЗоК? Ответ в том, что неограниченное возрастание числа осцилляций при контакте уже само по себе предполагает непрерывность (и даже своего рода гладкость, смотри ниже) траектории, ибо нарушение непрерывности грозит потерей слежения, т.е. идентификации, и тогда возможность подмены делает ЗоК бессмысленной. Часто приводимые примеры позволяют почувствовать опасность.* В том же квадрате выделим, например, его центр и примем за расстояние между любой парой точек сумму их обычных расстояний от каждой из них до центра (так называемый несчётный "ёжик"). Если точки квадрата кодировать, как обычно, парами координат, то близкие по координатам точки, не лежащие на одном луче, не близки по метрике ёжика (рис. 1.7).† Но положение точки по-прежнему даётся парой чисел. Что же, этот ёжик тоже двумерен?

В 1912 году А. Пуанкаре предложил индуктивное определение размерности, позволяющее найти вполне определённое целое число даже для необычных геометрических образований и равное для обычного эвклидова пространства его числу измерений. По идее Пуанкаре, "... чтобы разбить пространство, необходимы множества, называемые поверхностями; чтобы разбить поверхности, необходимы множества, называемые линиями; чтобы разбить линии, необходимы множества, называемые точками; мы не можем двигаться

*Близкие номера телефонов не обязательно означают соседство абонентов.

†На пересечённой местности в обход бывает ближе.

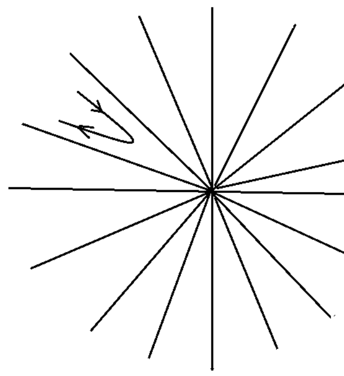

Рис. 1.7: В ёжике попасть с одного луча на другой можно только через центр.

дальше, и точка не может быть разбита...” (такие разбивающие множества в теории размерности называют перегородками).*

Впоследствии были предложены для разных применений и другие определения размерности, и популярной темой стало выявление типов пространств, для которых те и иные определения дают одинаковые числа. Так, определение Лебега, приспособленное к проблемам интегрирования, исходит из кратности пересечений множеств определённого топологического класса (“открытых” либо “замкнутых”), в своей совокупности покрывающих пространство. Так, если открытый квадрат (стороны исключены) покрыть мелкими открытыми квадратиками, то непременно найдутся точки исходного квадрата, входящие не менее, чем в три мелких, так что размерность Лебега — число, на единицу меньшее такой кратности покрытия, будет равно двум. Все подобные понятия базируются на отношениях близости, заранее назначенных в точечном множестве для придания ему статуса “топологического пространства”. Для определённого класса пространств размерности n справедлива теорема Нёбелинга-Понтрягина, утверждающая, что оно может быть топологически включено в качестве подпространства в эвклидово

*Сама идея, впрочем, была известна несколько ранее, “Тело, по словам Аполлодора в Физике, есть то, что имеет три измерения: длину, ширину и глубину; такое тело называется объёмным. Поверхность — это зримый предел тела, она имеет длину и ширину, но не имеет глубины... Линия — это зримый предел поверхности, она не имеет ширины, но только длину. Точка — это предел линии, то есть самый малый знак.” (Диоген Лаэртский, *О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов*).

пространство размерности $2n+1$, т.е. так, что отношение близости окажется сохранённым: пересечение окрестностей объемлющего пространства с объемлемым образуют в последнем ту же систему окрестностей, которая там была первоначально, и все окрестности этого n-мерного пространства образуются таким образом. В частности, для совместного представления конечных и бесконечных, но не слишком сложно устроенных, совокупностей одномерных путей годится эвклидово пространство размерности три. А вот ёжик из рисунка 1.7, хотя и тоже одномерный везде кроме центра, в трёхмерное эвклидово пространство включить нельзя — его лучи уж чересчур "слиплись". Правда, его окрестности тоже могут быть получены как пересечения с ним, скажем, открытых трёхмерных шаров, но не все: у ёжика окрестностей больше. Мы задержались на геометрии ёжика потому, что в дальнейшем будут встречаться похожие конфигурации, и надо было очертить их допустимые пределы.

Приведённый пример показывает, что накладываемые топологией ограничения не так уж и тесны для ЗоК. Комбинации бесконечных множеств путей, равно как и сложность самих путей, с которыми мы встретимся в приложениях, окажутся ещё менее изощрёнными, и потому трёхмерного эвклидова пространства будет всегда достаточно. Базирующаяся на осцилляциях фотонов схема нуждается, по существу, в ещё более ограниченных требованиях насчёт близости. Различного рода сингулярности, возникающие, в основном, вблизи точек контактов, где числа осцилляций неограниченно возрастают, автоматически сглаживаются самим измерительным процессом счёта осцилляций, сужая требуемую для слежения непрерывность вплоть до дифференцируемости. В конечном счёте, именно существование предельной скорости сигнала является причиной гладкости конструкций Метода.

Подобные ситуации встречаются, в основном, в теориях распространения различных полей, где используются разложения по регулярным функциям. Пример конструкции показан на рисунке 1.8. Прежде всего, для каждой из траекторий находятся соседние, для которых числа осцилляций максимальны, а затем всё распределение траекторий устраивается так, чтобы наименьшее из этих максимальных чисел было как можно меньше. Если к тому же для каждой траектории отношение чисел осцилляций между нею и её соседями равно единице, то так достигается *равномерное* распределение траекторий по *сфере* постоянного, по понятиям канонической версии, модуля скорости. В терминах той же версии, сфера на рисунке 1.8 изображена в системе покоя её центра. Отношения чисел осцилляций, разумеется, не зависят от системы отсчёта, но система покоя центра наглядно симметрична и позволяет пользоваться удобным искусственным приёмом: ввести фиктивное тело в центре, и отсчитывать осцилляции между ним и телами сферы. Тогда сфера определяется тем, что равны единице отношения чисел так отсчитываемых осцилляций для любых пар тел сферы. В дальнейшем мы будем неоднократно пользоваться этим приёмом без особых пояснений. В тех же терминах можно определить *шар* как набор сфер с общим центром, но с различными отношениями чисел осцилляций между телами из разных сфер с центром.

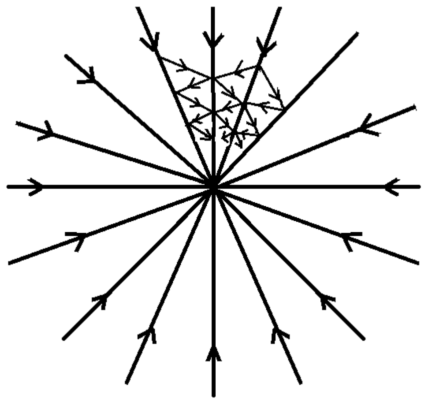

Рис. 1.8: Определение двумерной “сферы” через осцилляции фотонов.

В двумерном варианте количество тел, участвующих в сфере, может быть любым. В пределе бесконечного увеличения этого количества может возникнуть деликатная проблема из-за параллельного нарастания и числа осцилляций. В отличие от двумерного пространства, в трёхмерном возможны только пять равномерных распределений: дополнительное измерение порождает дополнительные зависимости. Эти пять сфер соответствуют пяти “телам Платона”. А именно: четыре траектории, образующие в совокупности тетраэдр; шесть — октаэдр; восемь — куб; двенадцать — икосаэдр и двадцать — додекаэдр. Эти *звёзды* траекторий имеют важные применения в Методе, которые будут рассмотрены в связи с теорией элементарных частиц в главе 6.

При других количествах тел строгая равномерность невозможна, но если траекторий много, то остаточные неравномерности относительно малы и распределение стремится к равномерному по мере увеличения количества тел, что тоже подлежит учёту при стремлении к пределу. В таком пределе сфера типа ёжика останется не более, чем счётной, и по условиям теоремы Нёбелинга-Понтрягина этого достаточно, чтобы её пути уже можно было бы топологически включить в трёхмерное эвклидово пространство.

В понятиях канонической версии, шар состоит из концентрических сфер со всевозможными абсолютными скоростями. Совокупность шаров во всех точках пространственноподобной гиперповерхности является исходной для дальнейших конструкций ЗоК. Индуцированную траекториями окрестность в полном пространстве контактов, топологически эквивалентном пространству-времени канонической версии, удобно изобразить диаграммой на рисунке 1.9 как пересечение внутренности светового конуса с эвклидовым шаром. Вершины конусов заполняют трёхмерное эвклидово пространство. Такая топология однородна во всём пространстве, и она естественна для ЗоК, однако она мало похожа на стандартную эвклидову. В ней нельзя ввести обычное понятие метрики — расстояния между любыми двумя точками, близость которых давалась бы малостью этого расстояния. В частности, обе упомянутые размерности равны единице, а пространственноподобные гиперповерхности оказываются нульмерными (дискретными), если рассматривать их как подпространства полного пространства контактов в том обычном смысле, что окрестности на гиперповерхности суть пересечения с ней окрестностей полного пространства (рис. 1.10).

Заметим в этой связи, что определённая выше посредством траекторий близость на пространственноподобных гиперповерхностях нужна исключительно для адекватного изображения совокупностей путей, и сама по себе она отнюдь не превращает автоматически сами гиперповерхности в подпространства полного пространства контактов. Напомним, что весь смысл введения близости, т.е. топологии в гиперповерхности состоит только в том, чтобы придать путям власть устранять контакты как пересечения траекторий независимо от их полных комбинаций, а для этого достаточно и трёхмерной эвклидовой структуры.

Дальнейшие конструкции Метода будут появляться на страницах этой книги по мере необходимости для приложений. Каждый раз это будет означать дополнительное сужение круга ситуаций, допустимых в рамках Метода. Зато каждая новая конструкция даст и новую возможность эффективного предсказания, и каждый раз мы будем точно приводить условия применимости в терминах соот-

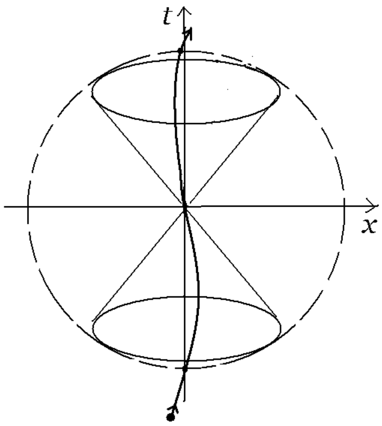

Рис. 1.9: Диаграмма окрестности в “пространстве-времени”; x представляет три пространственных оси.

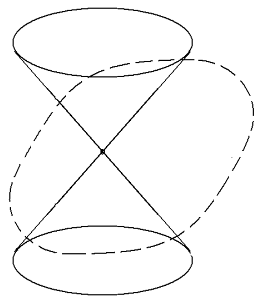

Рис. 1.10: Пересечения световых конусов с пространственноподобной гиперповерхностью индуцирует в ней лишь дискретную топологию.

ветствующих схем контактов. Баланс между скромностью исходной информации и широтой применений будет постоянно в центре внимания, и в конечном счёте мы убедимся в том, что реальное содержание Метода — это как раз “библиотека” частных случаев, а вовсе не “теория всего”, как иногда мечтают. Единственное требование к любой предлагаемой конструкции — это её реализация подходящей схемой контактов. Выход за эти рамки будет уже какой-то другой наукой — не физикой. Столь жёсткое ограничение на язык Метода позволяет зато ожидать, что всё, что можно придумать с соблюдением его правил, обязательно найдёт воплощение в бесконечно разнообразной Природе. Требуется "всего лишь" обратить внимание, выделить из мира, присмотреться с ожиданием, заранее вооружённым Методом. Так, мы установили необходимость и достаточность трёхмерного эвклидова пространства для универсального представления путей. Этот подход может показаться следствием слишком узкого представления о Мире. Ведь существуют же сами по себе протяжённые тела, вроде бы без всякой связи с путями. Но ведь протяжённость тела проявляется как раз в ограничениях на возможные пути. Например, трёхмерность здания — это всего лишь препятствие для прохода сквозь его стены — нужна дверь. Прозрачная для фотонов стена не создаст ощущения протяжённости, пока об неё не стукнешься на своём *пути*.

Глава 2. Силы в терминах контактов: предсказание звена

> Слабость принципа инерции — наличие замкнутого круга в аргументации: масса движется без ускорения, если она достаточно далека от других тел; мы знаем, что она достаточно далека от других тел только из факта, что она движется без ускорения.
>
> А. Эйнштейн, *Сущность теории относительности*

Приведённые в предыдущей главе конструкции определяют лишь общие рамки ЗоК, фиксируя набор инструментов, достаточный для её постановки и в то же время свободный от лишних элементов. Однако, как было сказано, предсказание основного — конечного — контакта (A, B) по известным "полным" траекториям лишено смысла, т.к. при этом результат становится известным только в момент (A, B), когда ничего изменить уже нельзя. *Динамические законы*, позволяющие *иногда* найти траекторию, зная только какие-то её части, представляют особый интерес, будучи основанием для действительного предсказания. Так что даже если найдено, что в данной ситуации ЗоК применима, то лишь ценой дальнейшего сужения области применимости Метода достигается его подлинная эффективность.

В идеализированной схеме с материальной точкой под контактом понимается *точное* пересечение траекторий: если они не пересекаются, то уже не важно, насколько. И тогда достаточно топологии:

общая схема теории, претендующей на универсальность, не может пользоваться каким-либо фиксированным масштабом точности и потому должна пользоваться только строгими конструкциями предельных переходов. При этом подразумевается, что в *практическом* ЗоК такой масштаб обусловлен самим применением, и предсказание должно делаться уже по (небольшому) начальному участку траектории. Возможный подход состоит в аппроксимации всего разнообразия траекторий некоторыми комбинациями из специального набора *стандартных* траекторий, взаимные контакты которых должны быть известны заранее, ещё до обращения к конкретной ЗоК. Ведь удобно строить дома из стандартных кирпичей, как и функции из синусоид.

В канонической версии в качестве стандартных фигурируют траектории, которые свободны от внешних воздействий. В плоском пространстве-времени — это траектории равномерно и прямолинейно движущихся тел. Мы будем постоянно обращаться к такому описанию как к наглядному изображению, при этом всё же имея в виду, что и в этих изображениях существенны исключительно схемы взаимных контактов тел.

Набор стандартных траекторий должен обеспечить представление любых траекторий последовательностями стандартных таким образом, чтобы в подходящим образом устроенном пределе они приводили бы к искомому контакту, если таковой существует в действительности. В канонической версии такой последовательностью служит цепь отрезков прямых, касательных к данной траектории (рис. 2.1). Предвидя использование в качестве касательных измерительные тела, будем обозначать их теми же буквами X, Y, ... В действительности, конечно, предсказание основного контакта просто переносится таким образом на не менее трудную задачу определения касательных и их сопряжения.

Если контакт (A, B, X) существует, то касательные Y к A и Z к B в теперь уже их точке общего контакта (X, Y, Z) представляют последние (инерционные) звенья цепи. Это значит, что теперь уже ставится ЗоК относительно контакта (X, Y, Z); при этом контакт (X, Y) считается заданным. Решение возможно лишь при условии, что в некоторой окрестности (X, Y, Z) контакт между любой парой измерительных тел, если он существует, — единственный, а иначе требовалась бы дополнительная информация для выбора нужного. А поскольку такая информация тоже должна быть представлена в терминах контактов, мы просто вернулись бы к исходной проблеме. Поэтому и вообще (в пределах каждой конкретной ЗоК) первое

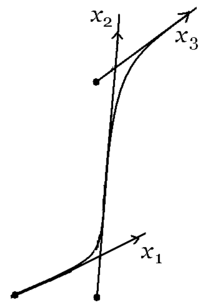

Рис. 2.1: Аппроксимация траектории цепью касательных X_1, X_2 ...

требование к находящемуся в нашем распоряжении выбору измерительных траекторий состоит в том, что любые две из них либо вовсе не пересекаются, либо имеют единственный контакт. Отсюда следует, что если некоторая пара точек-контактов может быть соединена измерительной траекторией, то эта траектория — единственная в измерительном наборе, иначе соединяющие эти точки траектории имели бы больше одного контакта между собой. Кроме этого требования, есть ещё и очевидное требование полноты — существование контакта хотя бы с одной измерительной траекторией в каждой точке любой траектории. Потребуем дополнительно, чтобы всякая пара контактов, соединимая какой-либо траекторией, могла также быть соединена и некоторой измерительной — единственной в силу первого требования к измерительному набору. Это условие выражает отсутствие априорного универсального масштаба расстояния, иными словами, принципиальную возможность для каждого интервала каждой измерительной траектории оказаться заключительным звеном в некоторой ЗоК.

Совокупность равномерных и прямолинейных траекторий канонической версии, разумеется, удовлетворяет этим требованиям. Но может возникнуть мысль, что равномерные и прямолинейные траектории обладают ещё какими-то особыми преимуществами по сравнению с остальными, что и обсуждает Эйнштейн, как цитировано в эпиграфе к этой главе. В терминах контактов только указанные требования существенны, и они определены ничем иным, как самой постановкой ЗоК — безотносительно к “удалению других тел”. Просто в решениях ЗоК предсказания делаются при начальных условиях, включающих не только прямые источники воздействия на искомые контакты, но и возможный “фон”. Если фон таков, что нельзя найти измерительные тела с требуемыми свойствами, то ЗоК не может быть решена. Например, можно поставить ЗоК для тел, двигающихся под действием электрического поля в присутствии гравитационного. Траектории измерительных тел и фотонов уже не будут равномерными и прямолинейными, но ЗоК по-прежнему решается посредством счёта чисел осцилляций безо всяких изменений, коль скоро указанные условия выполнены. А вне пределов конкретной ЗоК измерительные траектории могут, конечно, пересекаться неограниченное число раз.

Только траектории из самого набора измерительных тел между собой должны иметь не более одного пересечения. Их пересечения с траекториями, не входящими в набор, могут быть многократными, и именно такие пересечения служат базой для динамики. Всё же последовательные контакты не должны неограниченно "сгущаться", чтобы ещё оставалось место для — также бесконечных — осцилляций фотонов. Следовательно, отношение числа таких контактов к числу фотонных осцилляций в интервалах между ними должно стремиться к нулю в сходящейся последовательности аппроксимирующих цепей. Это соответствует понятию дифференцируемости в терминах канонической версии, которое вместе с аппроксимацией траекторий цепями принадлежит аналитической геометрии.

После такого отступления вернёмся к предсказанию (X, Y, Z). Конечно, можно предсказать этот контакт, обнаружив, как и ранее, стремление чисел осцилляций между ними к бесконечности при конечных отношениях этих чисел. Но ведь теперь речь идёт о контакте среди тел самого измерительного набора. Нельзя ли тогда, опираясь на особые свойства этого набора, получить предсказание ранее? Опишем сначала возможную процедуру в канонических терминах, т.е. полагая траектории равномерными и прямолинейными и с некоторым (обсуждаемым ниже) определением параллельности между ними, понимая под параллельностью траекторий идентичность векторов скоростей, а не одних лишь направлений.

Задав контакт (Y, Z), будем искать опережающее его построение (рис. 2.2), дающее критерий осуществления (X, Y, Z). Для этой цели проведём вспомогательную траекторию U между X и Y и параллельную ей U', также имеющую контакт с Y. Треугольник из траекторий U, X и Y определяет плоскость, содержащую все рассматриваемые далее траектории (если U' не пресекается с X, то ЗоК сразу решается в отрицательном смысле, так как тогда U', X и Y не лежат в одной плоскости). Выберем некоторую точку на U и построим между X и Y и U' два семейства траекторий, параллельных:

одно — X, а другое — Y так, чтобы в обоих семействах — в каждом со своей стороны от этой точки — числа осцилляций между соседними траекториями ("элементами") были всюду одинаковы. Пусть будет n элементов между (U, Y) и (U, Z) и m элементов между $(U,)$ и (U, Z). Варьируя m при фиксированном n, можно достичь (X, Y, Z), устремляя m и n к бесконечности при заданном m/n. При этом пределы отношений соответственных чисел осцилляций в точках (U, Z) и (X, Y, Z) одинаковы. Таким образом, подходящее определение параллельности траекторий было бы достаточным для решения ЗоК в этом случае.

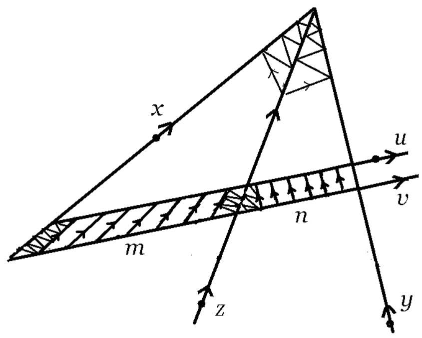

Рис. 2.2: Эффективное предсказание (X, Y, Z), делаемое с некоторым опережением.

На рисунке 2.3 в некоторой точке исходной траектории принимается и испускается фотон, который где-то отражается, возвращается на ту же траекторию во второй точке, и там вновь испускается. В плоскости пересекающей все три возникших при этом световых конуса проводится вторая траектория, пересекающая все эти основные фотонные траектории. Требуется найти условия параллельности исходной и второй траекторий. Для этого в некоторой опережающей точке исходной траектории проводятся четыре сходящиеся в ней вспомогательные траектории, соединяющие эту точку с точками пересечений второй траектории с основными фотонными. Задаются три отношения (бесконечных) чисел фотонных осцилляций между исходной траекторией и тремя вспомогательными к таковому между исходной и четвёртой. По этим трём отношениям определяют с помощью системы трёх линейных уравнений моменты испускания и возвращения пары средних из четырёх основных фотонов, а также точки пересечения второй траектории со всеми четырьмя фотонными. Когда вторая траектория параллельна исходной, то есть одинаковы все четыре расстояния между ними, то эти уравнения однородны, и равенство нулю определителя системы даёт связь между её коэффициентами, однозначно определяемыми отношениями чисел осцилляций фотонов. Существенно, что эти числа дают всю конструкцию целиком, а не одно лишь условие параллельности траекторий при наперёд заданных моментах испускания и приёма фотонов на исходной.

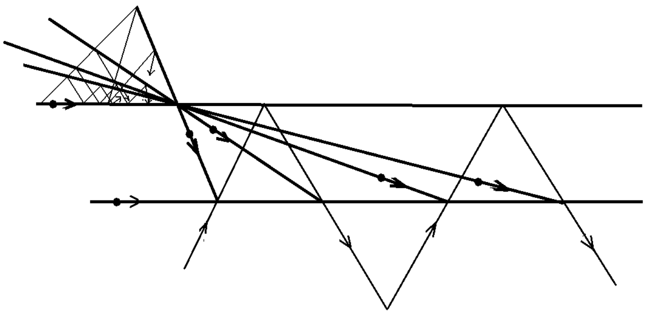

Рис. 2.3: Построение на плоскости траектории параллельной данной с использованием только отношений чисел осцилляций.

Такие построения — исключительно в терминах контактов — сводят для плоского пространства-времени понятие параллельности с равномерностью и прямолинейностью траекторий в единое условие. Существенно, что отдельных определений для каждого из них не даётся, и та или иная схема контактов представляет всю ситуацию как единое целое. Будучи включённой в конструкцию на рисунке 2.2, схема из рисунка 2.3 непосредственно определяет как траектории U и U', так и пару семейств, нужных для предсказания основного контакта. Как окажется, для ЗоК и нет надобности в раздельных определениях прямизны, равномерности и параллельности: они всегда входят в единой комбинации.

Схема контактов на рисунке 2.3 выделяет одну из траекторий среди параллельных данной: они различаются между собой числом осцилляций (рисунок 2.4).

Тот же набор измерительных траекторий, выделенный своей особой схемой пересечений, может использоваться и как база для аппроксимации траекторий общего вида. Полезно ещё больше сузить эту базу, представив одни её элементы комбинациями из других.

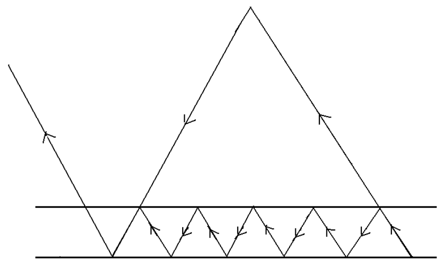

Рис. 2.4: Выделение одной из линий, параллельных данной.

С этой целью рассмотрим общий контакт тройки траекторий с заданными отношениями их трёх чисел осцилляций. Если эта тройка не вырождена, т.е. если два таких отношения не определяют третье, то любая четвёртая траектория с тем же общим контактом может быть задана отношениями её чисел осцилляций с тремя базисными. Однако существует ещё одна траектория с теми же отношениями. В этом легко убедиться, представив ситуацию в системе отсчёта, в которой одно из тел базисной тройки покоится. Тогда для каждой траектории её “зеркальная” траектория относительно плоскости (в общем случае — поверхности), образованной двумя остальными траекториями базисной тройки, будет иметь те же отношения чисел осцилляций, а поскольку таковые не зависят от системы отсчёта, как и все вообще схемы контактов, то ясно, что данное представление двузначно.*

Вернёмся к вопросу об аппроксимации траектории общего вида цепью, состоящей из стандартных траекторий. Согласно сформулированному выше условию применимости ЗоК, для каждой точки произвольной траектории должна иметься предыдущая точка по её порядку, такая, что эти две точки суть единственные точки пересечения этой траектории с некоторой (и тогда — единственной) стандартной (X_1 на рис. 2.5). Если на всём промежутке между этими точками траектория совпадает с измерительной, то аппроксимация тривиальна. В противном случае найдётся такая точка внутри промежутка, что траектория между ней и конечной отлична от измерительной. Соединим её стандартной траекторией с конечной и т.д. Как уже отмечалось в главе 1, отношение числа осцилляций между X_i и измерительной общего положения Y к числу осцилляций между X_i и A стремится к нулю при приближении к конечной точке. Это

*Эта двузначность будет важна в дальнейшем в связи с понятием спина.

и есть определение измерительной траектории, касательной к A в этой точке в терминах контактов. Однако касательные в различных точках произвольной траектории, вообще говоря, не имеют взаимных контактов, и потому их последовательность не есть ещё искомая цепь. Однако обратная операция — построение траектории по аппроксимирующей последовательности цепей всё же выполнима, так как в такой конструкции каждое звено каждой цепи само определит приближённую касательную к предельной траектории. Иными словами, последовательность аппроксимирующих цепей включает тогда и последовательность аппроксимирующих касательных.

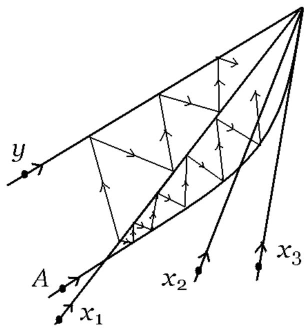

Рис. 2.5: Касательная к A стандартная траектория — предельная (если предел существует) для последовательности: X_1, X_2, ...

Таким образом, располагая набором измерительных траекторий, всё, что ещё нужно для построения цепи, — это подходящий механизм их перехода с одной на другую в точке излома. Соответствующий механизм следует приписать некоторому внешнему воздействию на движение тела, считая при этом, что сами измерительные траектории этому воздействию не подвержены. Возможность подобного разделения есть очередное ограничение на область применения Метода. В каноническом изложении внешнее воздействие — сила — определяет ускорение тела, обратно пропорциональное его массе. А как измерить саму силу? Как объяснено выше, сила измеряется по ускорению пробных тел из специально устроенного для этой именно силы набора; эти тела отличны от тех, о которых поставлена ЗоК. Траектории тел из этого набора не нуждаются в особом механизме кодирования, так как их ускорение всегда можно измерить, пользуясь тем же набором измерительных тел.

Тривиальное решение предписывало бы иметь на каждом изломе цепи пробное тело, тождественное тому искомому, о котором ставится ЗоК. Ясно, что тогда никакое предсказание невозможно, и остаётся только пассивно наблюдать за тем, как это тело движется. На следующем шаге разрешим пробному телу отличаться от искомого, но лишь настолько, чтобы сопоставление их переходов между звеньями цепи ещё можно было бы выразить какой-то схемой контактов.

Обозначим траектории искомого и пробного тел A и P на предыдущем звене как A_i и P_i, а их продолжения за точку излома как A_f и P_f (рис. 2.6; стандартные касательные к траекториям A и P обозначены теми же буквами). Выберем начальную траекторию P_i совпадающей с A_i, что устанавливается равенством нулю отношения числа осцилляций между любой из них и какой-нибудь траекторией общего положения X к числу осцилляций между ними. В (общей) системе покоя A_i и P_i траектории A_f и P_f, вообще говоря, расходятся, оставаясь, однако, коллинеарными. Для нахождения A_f по известному P_f зададим отношение r числа осцилляций между P_i и P_f к числу осцилляций между P_i и $A_{f'}$. Однако одной величины r недостаточно для однозначного определения A_f, поскольку любое $A_{f'}$, принадлежащее сфере с центром в точке общего контакта $(A_i, P_i, P_f, A_{f'})$ имеет то же значение r. Измерим поэтому ещё и отношение числа осцилляций между P_i и P_f к числу осцилляций между P_f и $A_{f'}$. Наименьшее значение этого отношения при фиксированном значении r как раз и выделит A_f, коллинеарную P_f. Число r, выражающее в ЗоК отличие A от P, зависит как от внешней силы, так и от свойств самого A (в терминах канонической версии это было бы отношением заряда к массе).

Не уменьшая общности, можно теперь вместо набора пробных тел со всевозможными значениями r ограничиться набором, соответствующим в канонической версии набору траекторий тел со всевозможными скоростями, поскольку его схема пересечений идентична схеме для набора стандартных траекторий. Для этого нужно зафиксировать значение r в ранге универсального стандарта для всех ЗоК. Вопрос о том, как установить такой стандарт через отношения чисел осцилляций будет главным в главе 6. Более того, практическое применение схемы рисунка 2.6 налагает определённые ограничения на гладкость распределения силы в пространстве контактов. Если сила меняется скачком на масштабе звена, то здесь следует выбрать звенья помельче. А в точках сингулярности, например, на непрозрачной для движения перегородке, ЗоК и вовсе теряет непосредственный смысл, и тогда говорят о движении со *связями*, спо-

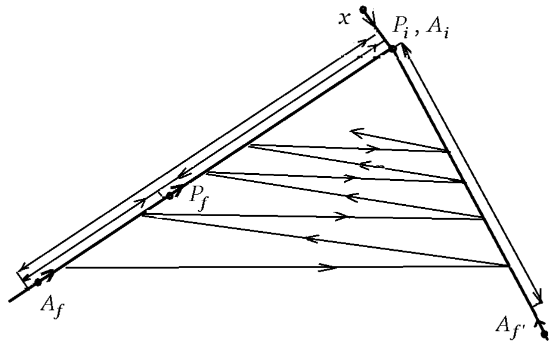

Рис. 2.6: Счёт осцилляций ведётся между: 1) P_i и P_f; 2) P_i и $A_{f'}$; 3) P_f и $A_{f'}$.

собными в некоторых случае уменьшить даже размерность допустимой для движения области пространства контактов. Корректный предельный процесс предполагает согласование входящих в него операций исключительно в терминах контактов, и необходимая мелкость звена по отношению к некоторому воздействию должна быть оценена по отклонению от нуля отношения чисел осцилляций между P_i и некоторой стандартной траекторией общего положения к числу осцилляций между P_i и P_f. При интегрировании вдоль цепи следует обеспечить стремление к нулю наибольшего из таких отношений среди звеньев цепи. Категорическое условие иметь свободные участки для осцилляций сигнала позволяет во многих случаях находить корректные согласования нескольких предельных последовательностей, тогда как в канонической версии таковое нуждается в дополнительных, часто искусственных, гипотезах.

Нельзя ли ещё более сократить необходимый набор пробных тел? В главе 1 было дано определение сферы из траекторий всевозможных направлений с равными модулями скоростей, естественно представимое схемой контактов. Это определение можно использовать для того, чтобы — опять-таки за счёт дальнейшего сужения класса допустимых сил — найти с помощью некоторой схемы контактов переходы между звеньями, зная таковые только для конечного (желательно, небольшого) их подмножества.

Зафиксируем в сфере три траектории в качестве базисных, для определённости пусть это будут траектории с одинаковыми отношениями чисел осцилляций между двумя их парами. Тогда, как мы знаем, произвольная траектория из сферы имеет определённые отношения таких чисел осцилляций с каждой из траекторий базиса к фиксированному числу осцилляций внутри самого базиса. Такие отношения предлагаются в качестве *координат* данной траектории. Как и должно быть на двумерной сфере, достаточно задать только две координаты с точностью до пары зеркальных (рисунок 2.7).

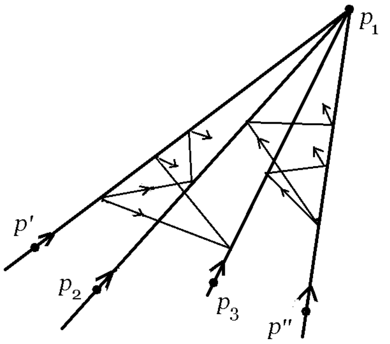

Рис. 2.7: В системе отсчёта канонической версии, где покоится P_1, наглядно представлено зеркальное расположение P' и P'' относительно базисной пары P_2, P_3.

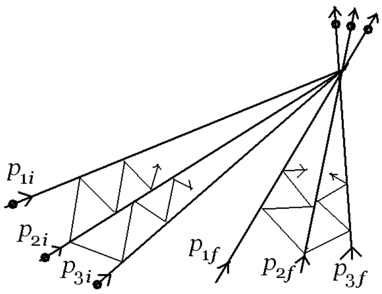

Рис. 2.8: Как и на рис. 2.6, последующее звено образуется продолжениями изображённых траекторий за точку их общего контакта.

Определим теперь класс внешних воздействий условием сохранения отношений чисел осцилляций между траекториями произвольной сферы (рисунок 2.8). Это условие следует дополнить вспомогательной схемой контактов, запрещающей, если это требуется в данной ЗоК, спонтанные перескоки на зеркальную траекторию в переходах цепей.

Стремясь выразить через схемы контактов всё, что возможно, мы ввели, таким образом, некоторое условие на силу. Интересно проверить, какие же силы в канонической версии удовлетворяют этому условию. Оказывается, что такова, например, сила Лоренца. В канонической версии трёхмерные силы представлены двумя трёхкомпонентными алгебраическими объектами — векторами электрического и магнитного полей. При обсуждении фундаментальных вопросов их полезно скомбинировать в единый 16-ти компонентный объект (тензор). Такой объект в алгебре представляется матрицей, которая может иметь, соответственно, только 6 независимых элементов: три для электрического поля и три — для магнитного. Это достигается её антисимметричностью: четыре диагональных элементов равны нулю, а недиагональные — это компоненты полей, причем каждая входит дважды — с противоположными знаками. Именно антисимметричность силы является причиной сохранения отношений чисел осцилляций в сфере при изменении её траекторий под действием электромагнитного поля. Это с позиции канонической версии. Но в ЗоК следует обратить аргумент: как раз условие сохранения отношений чисел осцилляций ограничивает допустимые силы требованием их антисимметричности. А само это условие естественно как единственно возможное в качестве однородного, т.е. независимого от точки пространства контактов. Как мы увидим в главе 6, антисимметричность свойственна не только электромагнитному взаимодействию, но и носителям сильного и слабого взаимодействий (бозонам — частицам с целым спином) — глюонам и тяжёлым промежуточным векторным бозонам, поскольку и те, и другие естественно представляются своими схемами контактов.

Глава 3. Поля и их распространение: предсказание цепи

> Но свойства тел могут быть измерены количественно. Отсюда мы получаем численное значение некоторого свойства среды, такого как скорость, с которой возмущение может распространяться через неё.
>
> Дж. К. Максвелл, *Трактат об электричестве и магнетизме*

Для построения траектории тела по локальным данным было бы достаточным задание силы только в точках самой траектории, а именно, в ближайших последующих точках по мере продвижения вдоль неё. Альтернативный подход состоит в том, чтобы с самого начала расширить набор пробных тел, несущих информацию о силах и измерять силу не только в точках траектории, а везде, но зато и не заботиться на этом этапе о том, какова в действительности будет траектория. Будучи известна из независимых измерений во всём пространстве контактов, сила окажется известной и в точках траектории, где бы та ни проходила. Если сила сама по себе не зависит от траектории (а такая зависимость может возникнуть, например, из-за влияния данного тела на положение источника силы), то задача удобно разбивается на два независимых этапа: нахождение распределения силы и нахождение траектории по найденной на первом этапе силе. В действительности расширения набора пробных тел и не требуется, поскольку эффективное решение ЗоК возможно только, если алгоритм нахождения силы известен заранее. Нахождение распределения в пространстве контактов "предсилы" — *поля* — должно находиться универсальным, независящим от заряда самого тела в ЗоК способом. Затем уже это поле вместе с зарядом определяет силу. В этом отношении заряд входит только в воздействие поля на траекторию данного тела, и он пока ещё не определяет обратное влияние самого этого тела на поле, оказываясь также его источником. Сама возможность представления силы в виде произведения поля на заряд достигается в ЗоК ценой введения набора пробных тел в дополнение к набору измерительных.

Наша задача в этой главе будет состоять в выделении тех случаев, когда предсказание распределения поля в некоторой области пространства контактов можно сделать по его известному распределению в какой-то другой его части. В соответствии с общим подходом, всякий способ предсказания считается пригодным, коль скоро он приводит к однозначному результату, опираясь исключительно на исходно заданное распределение контактов. Опять и опять: ввиду примитивности постановки задачи, Природа вряд ли откажет в ответе.

Поскольку всё полагается закодированным посредством траекторий пробных тел и заданным в целых областям пространства контактов, нам придётся иметь дело с бесконечными совокупностями траекторий, и их совместимость с построенной геометрией пространства должна проверяться. В этом отношении особая роль принадлежит фотонам, насколько конструкции с их участием оказываются однозначно определёнными. Ради прозрачности самой конструкции речь будет идти о поле, заданном только одной величиной, как говорят, о скалярном поле. Впоследствии, конечно, и самой этой величине следует сопоставить некоторую схему контактов. Но в предварительных геометрических построениях выражающих значение поля в одних местах через значения того же поля в других, всё, что понадобится, — это алгебраические векторные операции: сложение значений поля и их умножение на действительные числа. До тех пор, пока сами эти операции не определены соответствующими схемами контактов, допустим, что таковые существуют.

Выясним прежде всего, значениями поля в каких областях пространства может быть однозначно задано его значение в данной точке наблюдения. Такие области могут состоять только из точек, соединимых с точкой наблюдения хоть какими-то траекториями, в частности, фотонами (рисунок 3.1). Эти последние образуют границу *области влияния* данной точки, её "световой конус". Как упоминалось выше, световой конус — это не простая гиперповерхность, а определённая вместе со своим единственно возможным разбиением на линии — фотонными траекториями: каких-либо иных траекторий не нём быть не может.

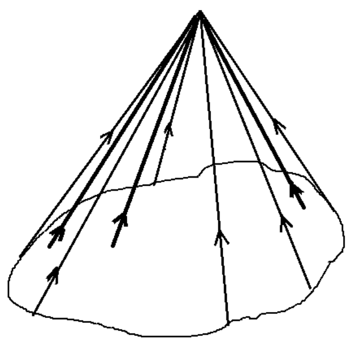

Рис. 3.1: Пограничные фотонные траектории формируют световой конус.

Рассмотрим поначалу частичную задачу, когда величина поля в точке наблюдения определяется только его произвольно заданными значениями в некоторой части области влияния, но не их приращениями при её деформациях. Сама точка наблюдения не может, конечно, принадлежать этой области, иначе поле было бы исходно задано в ней самой, и искать было бы нечего. Среди всевозможных траекторий, приходящих из области влияния в точку наблюдения рассмотрим, прежде всего, их предельное подмножество — фотоны, их вклады в значение поля в точке наблюдения независимы друг от друга, так как не может быть траекторий, пересекающих две сходящиеся в одну точку фотонные и не проходящих через неё (рис. 3.2).*

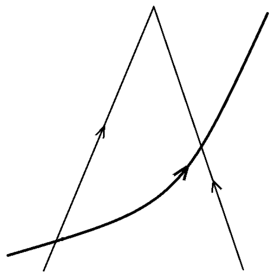

Рис. 3.2: Таких траекторий быть не может, а иначе фотоны не были бы быстрейшими.

Далее, на каждой фотонной траектории свободно задать значение поля можно только в одной точке. Если бы таких точек было две, то в той из них, которая ближе по лучу к точке наблюдения, значение поля было бы зависимо от такового во второй. Действительно, если можно изменить поле в точке наблюдения, меняя его значение в дальней точке и оставляя неизменными все остальные исходные данные, то при этом должно измениться поле и в ближней точке, ибо, принимая её саму за точку наблюдения и ничего не меняя в остальных, мы в ней тоже получим изменённое поле, а ведь здесь оно задаётся произвольно. По той же причине на нефотонных траекториях значения поля вообще нельзя задавать независимо, поскольку на них есть точки, соединимые и другими траекториями, а потому неизбежно влияние одной на выбор в другой. Таким образом, исходные значения поля можно задавать независимо друг от друга только на световом конусе прошлого и притом непременно на каждой его траектории (*луче*), дабы не оставлять неопределённости, иначе возникшей бы из-за вклада от первоначально неучтённого луча. Предполагаемый закон *распространения* поля призван выразить его значение в точке наблюдения исходя из полного набора независимых друг от друга значений — по одному на каждом из (несчётного) множества лучей светового конуса прошлого.

Важный частный случай — фотонная сфера, образуемая как предел последовательности сфер из их общего шара. Если снова вос-

*Напомним, что все стандартные траектории, включая фотонные, пересекаются не более, чем в одной точке.

пользоваться искусственным приёмом отсчёта осцилляций от фиктивного тела в центре, то нужный предел можно наглядно представить как результат стремления к нулю отношения чисел осцилляций между общим центром и текущим членом последовательности к числу осцилляций между центром и некоторой произвольно назначенной сферой из того же шара (рисунок 3.3).

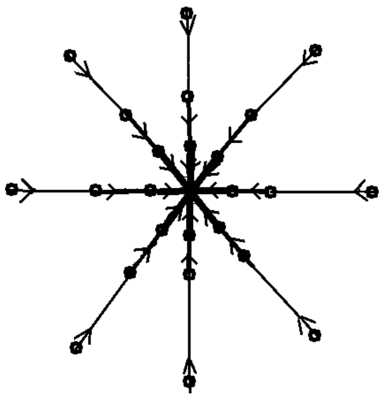

Рис. 3.3: Чем толще линии, тем медленнее тела; тонкие пунктирные линии — фотоны.

Все исходные значения дают вклад в результат равноправно. Будь множество лучей конечным, естественной конструкцией было бы определить значение поля в центре как среднее арифметическое его значений в точках фотонной сферы. Расширение понятия среднего арифметического на бесконечное множество значений подразумевает предельный переход при неограниченном увеличении количества лучей. При этом для получения определённого результата необходимо задать на фотонной сфере некую универсальную *меру*. Она призвана обеспечить равномерность ("демократичность") распределения плотности количества луче по сфере, а иначе вклад в определяемое значение поля в её центре будет зависеть не только от самих заданных значений на конусе, но и от того, сколько лучей добавит к сумме то или иное значение.

Если бы речь шла не о фотонной сфере, то равномерное распределение носителей исходных значений можно было бы задать в терминах контактов с помощью конструкции рисунка 1.8. Для фотонной же сферы непосредственное применение такой конструкции, очевидно, не подходит, и нужно снова образовать кратный предел, включающий совместное стремление к бесконечности полного количества лучей, выравнивание на каждом шаге их распределение равенством чисел осцилляций и стремление последовательности самих сфер к фотонной (рисунок 3.4).

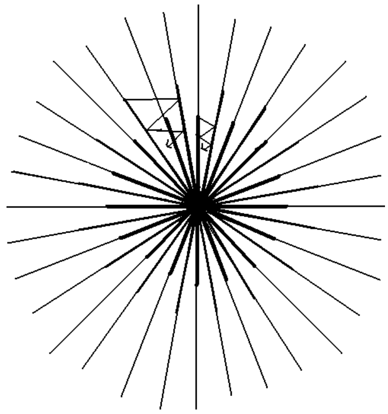

Рис. 3.4: Количество тел в сферах увеличивается вместе с выравниванием их распределения и ростом скорости.

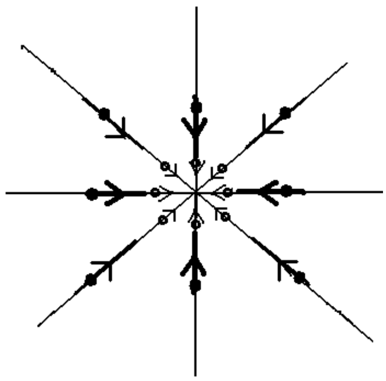

Рис. 3.5: Распределение фотонов последовательно копирует распределения на сферах массивных тел, следующих друг за другом по мере увеличения их скорости.

Наглядное изображение конструкции представлено на рисунке 3.5. Для перехода к пределу момент общего контакта фотонов условно показан на рисунке как предшествующий моменту общего контакта массивных тел. При построении предельного перехода такое опережение, в пределе стремящееся к нулю, позволяет индуцировать равномерное распределение фотонов по сфере их воображаемыми контактами с массивными телами.

Последовательное увеличение количества массивных тел в их сферах может производиться посредством их угловых подразделений — раз занятые углы в ближайших к центру сферах сохраняются и в более дальних, где добавляются промежуточные. Всё это контролируется отношениями чисел взаимных осцилляций: между телами одного луча они сохраняются при переходах к всё более быстрым сферам, и добавляются новые, заполняющие промежутки. При равенстве углов между лучами для всех сфер процесс осцилляций всегда можно устроить так, чтобы осцилляции, начавшиеся в некоторой сфере, совпали с таковыми в более медленных.

Так завершается построение решения, если исходные данные суть только значения поля. Однако этим возможности схем контактов ещё не исчерпаны. Оказывается, можно в качестве исходных независимо задать ещё и некоторые разности значений поля, но для этого понадобится определённым образом согласовать алгебраические операции в близких точках. Нельзя, как мы знаем, независимо задавать разности значений поля вдоль луча, так как это было бы эквивалентно независимому заданию значений самого поля в двух его точках. Остаются две возможности: разности между значениями в соответствующих точках на близких лучах и разности значений в близких точках на световом конусе и вне его, — разумеется, если найдётся подходящая схема контактов, определяющая близость точек. Рассмотрим такие возможности по отдельности.

Для того, чтобы найти вклад в значение величины в точке наблюдения от разностей её значений на разных лучах, нужно опять-таки взять средние значения этих разностей вокруг всего конуса, т.е. прежде всего их сложить. Но такая сумма всегда равна нулю, потому что, обойдя весь конус, мы вернёмся в исходную точку. Ведь на каждом луче разрешается брать только одну точку, а тогда в сумму разностей на этом замкнутом контуре все значения войдут попарно с противоположными знаками (рисунок 3.6).

Остаются разности с участием точек вне конуса — наружные разности (рисунок 3.7). Их тоже надо будет усреднить по лучам, но прежде найдём подлежащую усреднению величину на одном луче. Она должна — в пределе — служить *дифференциалом* поля и для этого иметь возможность быть отличной от нуля и конечной, а иначе при усреднении ничего кроме нуля или бесконечности не по-

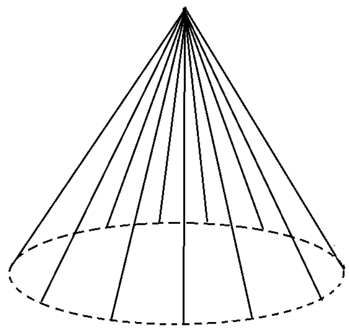

Рис. 3.6: Вклады от разностей на замкнутом контуре взаимно уничтожаются.

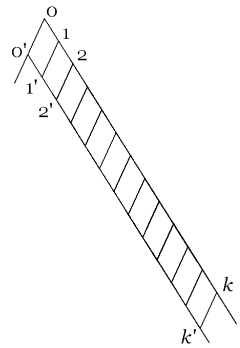

Рис. 3.7: Наружные разности в точках на луче берутся вдоль противоположных лучей конуса.

лучится. В отличие от самой величины поля, значения её наружных разностей можно назначать независимо друг от друга в разных точках одного и того же луча. Даже и в самой точке наблюдения эта разность может быть априорно задана: ведь не о разности, а лишь о самой величине спрашивается в задаче. Поэтому есть возможность иметь на каждом луче зависящую от дифференциалов конечную величину, складывая наружные разности вдоль луча таким образом, чтобы в предельной — интегральной — последовательности по мере стремления разностей к нулю соответственно увеличивалось бы и количество точек на луче, в которых эти разности берутся.

Займёмся сначала простейшей задачей, когда разность задана только в одной из точек каждого луча, а именно там же, где прежде задавалось и исходное значение самого поля, так что речь идёт о разности между этим значением и значением в "близкой" точке вне конуса. Для того, чтобы получить конечную величину при неограниченном сближении этих точек, необходимо умножить эту разность значений на некоторое число, стремящееся к бесконечности согласованно со стремлением разности к нулю. С другой стороны, это число само должно стремиться к нулю при приближении той точки, где величина поля исходно задана, к точке наблюдения. Действительно, при этом значение поля, полученное каким-либо построением из исходных данных, должно стать равным самому исходному, и никакого дополнительного вклада, способного изменить это значение, возникнуть уже не может. Поэтому искомое число должно также отражать близость точек вдоль луча, да к тому же быть одинаково определённым на разных лучах, чтобы последующее усреднение дало однозначный результат.

Если бы мы нашли единую схему контактов, реализующую также и подразделение луча на куски, которые одинаковы (в том же смысле) как с тем куском сопряжённого луча, вдоль которого берётся разность, так и с аналогичными кусками на других лучах конуса, то подходящим числом могло бы стать само число точек деления.

Вспомним в этой связи, что и сам световой конус — это всего лишь вспомогательная конструкция, имеющая смысл исключительно для решения ЗоК. Разбивая ЗоК на отдельные этапы, мы рискуем впасть в излишнюю абстракцию, когда изначально служебные понятия начинают "жить своей жизнью, притворяясь самостоятельными ценностями". Таковы, в частности, понятия пространства и времени, систем отсчёта и координат, разнообразные "принципы" инвариантности, ищущие обоснования в эксперименте, самоочевидность которых как изначального языка Метода декларируется в канонической версии. Для защиты от неоправданных абстракций полезно по ходу изложения снова и снова возвращаться к первичным понятиям. Напомним поэтому, что световой конус — это не что иное как инструмент для нахождения значения поля; поле — инструмент для нахождения силы; сила — инструмент для нахождения перехода между звеньями в цепи. Таким образом, начальное звено такого перехода всё время присутствует, хоть и неявно, во всех построениях. Настал ему черёд и непосредственно участвовать в общей схеме. Сама по себе зависимость конструкции, определяющей поле, от частного выбора измерительной траектории не вызывает вопросов, коль скоро *алгоритм* решения от такого выбора не зависит, предлагая универсально определённую схему операций, пусть и явно опирающуюся на конкретный выбор начального звена перехода.

Итак, возьмём произвольную измерительную траекторию, проходящую через точку наблюдения — вершину её светового конуса прошлого. На этой траектории выберем точку перед точкой наблюдения и в ней построим вспомогательный световой конус прошлого (рисунок 3.8). Проведём ряд траекторий параллельно начальной $00'$ так, чтобы последняя из них попала в точку, где задано исходное значение. Образуем подразбиение луча на k кусков под условием, чтобы (конечные) числа осцилляций, отсчитанные от одного конуса до другого между соседними траекториями, все были одинаковыми. Ещё одну траекторию $k_e k_e'$ проведём параллельно kk' между световыми конусами прошедшего и будущего в этой точке и с тем же числом осцилляций от одного конуса до другого между $k_e k_e'$ и kk'.

Поскольку положение начальной точки фиксировано, число осцилляций зависит как от k, так и от относительного сдвига световых конусов. Устремим k к бесконечности, а относительный сдвиг конусов к нулю так, чтобы число осцилляций между траекториями всё же неограниченно увеличивалось. Умножая на каждом шаге разность значений исходной величины поля на k, получим в пределе вклад в значение поля в точке наблюдения от этого луча. Полный вклад всего светового конуса от внешних дифференциалов получается затем усреднением по лучам точно так же, как это делалось ранее для значений самой величины.

Рассмотренный случай имеет самостоятельный интерес, исчерпывая, как выяснится далее, все геометрически возможные вклады для "свободно" распространяющегося поля. Однако развитый применительно к нему способ равномерного подразделения луча пригоден и в более общем контексте, когда внешние разности исходно заданы не в одной лишь точке каждого луча, но и на всём световом конусе. Здесь тоже можно сделать конечными величины, подлежащие усреднению по лучам, складывая внешние разности во всех точках подразбиения луча и строя в каждой из них свой вспомогательный конус (рисунок 3.9). В пределе эти разности становятся

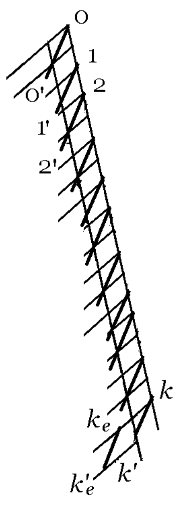

Рис. 3.8: Параллельные траектории для построения внешних разностей.

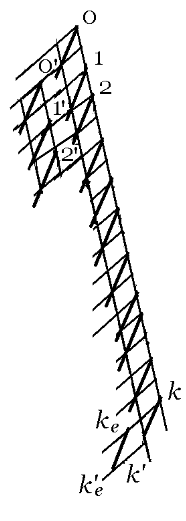

Рис. 3.9: Вместо умножения на k складываются внешние разности от 0 до k.

сколь угодно малыми, но зато их количество соответственно увеличивается. Результат окажется конечным, если поле достаточно быстро спадает вдоль лучей от точки наблюдения (это условие есть очередное ограничение на допустимые Методом поля).

Интегральная сумма вдоль луча может быть представлена также и в несколько ином, более употребительном, виде. Заменим наружные разности первого порядка разностями второго порядка, т.е. разностями разностей первого порядка, взятыми между соседними точками на луче. Однако, просто сложив эти разности вдоль луча, мы снова получим нуль из-за их взаимной компенсации, как это было для точек на разных лучах. Для того, чтобы получить отличную от нуля величину, умножим разность второго порядка в каждой точке разбиения луча на число точек его разбиения от точки наблюдения до этой точки и лишь затем сложим результаты на всём луче. Полученная сумма — это то же самое, что и непосредственная сумма разностей первого порядка, но такое представление иногда удобно, если, например, внешние дифференциалы исходно заданы лишь в изолированных точках на каждом луче: в сумме следует тогда положить эти разности равными нулю во всех остальных точках. Использовать аналогичный приём для разностей величин в точках, лежащих на соседних лучах, нельзя, потому что там нет начала отсчета подобного точке наблюдения для отдельного луча.

Этим исчерпывается дозволенное геометрией пространства контактов разнообразие исходных данных на световом конусе. Все остальные дают либо дают в сумме нуль, либо выражаются через уже известные. Обратимся теперь к анализу возможности дополнительных исходных данных *внутри* светового конуса. Как мы уже видели, произвольно задавать здесь сами значения поля нельзя. А вот разности, как и на самом конусе, — можно. Однако в плоском пространстве контактов* сумма таких разностей, взятая по всей внутренности конуса, равна нулю всё из-за того же взаимного их уничтожения: для какой бы пары соседних точек ни взять разность, она повторится, с обратным знаком, в другой (рисунок 3.10). Лишь на границе — на конусе — нет компенсации снаружи. Казалось бы, можно нарушить компенсацию и внутри конуса, используя тот же приём, который был применён на нём самом, т.е. умножив ещё до суммирования каждую разность на соответствующее число точек деления. Ведь, как видно на рисунке 3.10, здесь тоже есть от чего эти числа отсчитывать, а именно от первичного конуса вдоль

*Что значит "плоское" в терминах контактов — об этом в главе 5.

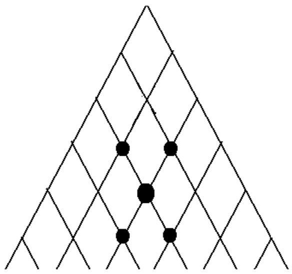

Рис. 3.10: Сеть внутри конуса можно образовать из одних только фотонных траекторий, отвечающих уже готовому подразделению конуса, показанному на рисунке 3.9; разности между значениями в узлах сети (выделены на рисунке) взаимно уничтожаются.

лучей вспомогательных конусов. Действительно, сумма разностей уже не будет равна нулю, но зато в пределе она окажется бесконечной. Такой скачок — из нуля сразу в бесконечность — происходит из-за числа измерений пространства: внутри конуса оно на единицу больше, чем на нём самом, а тогда уже конечную саму по себе сумму разностей на каждом луче придётся ещё умножить на число точек деления, бесконечное в пределе. Поэтому в плоском (и только в плоском) пространстве справедлив принцип Гюйгенса, допускающий к участию в решении только исходные данные на самом световом конусе.

Так геометрия пространства контактов, будучи сама порождённой требованием максимального разнообразия допустимых к описанию траекторий, жёстко ограничивает взамен разнообразие допустимых полей. Оказывается, что построенное выше решение есть не что иное, как решение *волнового* уравнения канонической версии. В обычном для этой версии координатном описании исходные значения самой функции и её дифференциалов свойственны уравнению второго порядка. Конструкция же с исходно заданными значениями только самой функции и притом в единственной точке на каждом луче известна как решение Кирхгофа задачи Коши для однородного волнового уравнения, описывающее свободное поле — без источников. А конструкция, в которой исходно заданы ещё и дифференциалы функции на каждом луче есть решение неоднородного волнового уравнения, описывающее поле с заданными источниками.

Ввиду асимметрии отношения порядка на траекториях схемы контактов автоматически выбирают только одно — *запаздывающее*

— решение волнового уравнения, тогда как второе — опережающее — решение привносится канонической версией уже как “паразитное” прибавление. Формально можно, конечно, построить это второе решение по той же схеме, обратив порядок на определяющих траекториях. Но тогда нарушился бы сам смысл ЗоК. Ведь с тем же основанием можно было бы изменить порядок только на некоторых траекториях, а то и произвольно менять его на частях одной из них. Подобные конструкции (“фейнмановские” пути) и в самом деле используются в квантовой теории поля. Однако там речь идёт уже не об изолированной ЗоК, но о вероятностной схеме, построенной на её базе. В этой схеме частица как бы одновременно присутствует в разных точках, к тому же частицы рождаются и уничтожаются, хотя и регистрируются индивидуально посредством неисчезающих (как всегда надеется экспериментатор) классических измерительных приборов. Они-то и устроены согласно схемам ЗоК.

Таким образом, в собственной постановке ЗоК половина решений фиктивна. Само по себе это не является какой-то ущербностью ЗоК. Вот если бы она сама предсказывала неоднозначно, тогда другое дело. Похожим образом можно круг описать квадратным уравнением, второе решение которого даёт “круг” отрицательного радиуса; паразитное решение исключается отдельным правилом. Зато наша конструкция естественно включает и такие решения, когда из-за недостаточной гладкости исходного распределения значений поля волновое уравнение не существует, потому что нет нужных производных. Известное обводящее построение — решение в “обобщённых” функциях — реализует эквивалентный метод интегрирования, используя вспомогательные семейства достаточно гладких “основных” функций для образования аналогов обычных производных. Однако, эта конструкция лишь имитирует гладкие решения, предполагая само волновое уравнение “упавшим с неба”, тогда как приведённые выше схемы непосредственно вытекают из самой постановки ЗоК.

Вспомним теперь, что и само значение поля нужно выразить подходящей схемой контактов. Сила проявляется в изломах цепей (рисунок 2.6), и для данного тела она определяется полем. Поэтому исходные данные для значений поля должны тоже выражаться переходами между звеньями, но теперь уже для пробных тел. Для нахождения значения поля в точке наблюдения, где впоследствии и должна быть определена сила для самой ЗоК, необходимо все исходно заданные изломы для задающих поле пробных тел перенести в точку наблюдения и там уже усреднить. В схеме контактов для такой процедуры должно быть реализовано всё то, что до сих пор мы лишь предполагали присущим понятию значения поля, а именно, её алгебраическая структура: сложение значений и их умножения на числа.

Используем для этого конструкцию параллельных траекторий (рисунок 2.3) и построим ориентированный траекториями параллелограмм из двух таких пар (рисунок 3.11). Число осцилляций между траекториями одной из пар, отсчитанное от одной до другой траектории второй пары, сравним с аналогичным числом, поменяв пары местами в процедуре. Пусть, в частности, эти пары таковы, что полученные числа равны друг другу. Назовём тогда диагонали параллелограмма *суммами* первоначальных траекторий.* В частности, при равном единице отношении чисел осцилляций между суммой и компонентами пар в точках их тройных контактов, эти пары взаимно ортогональны.

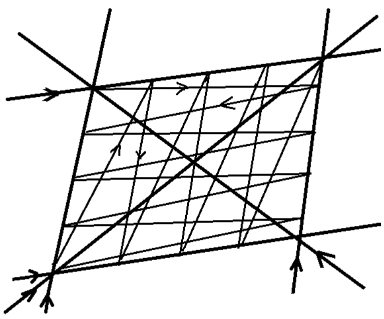

Рис. 3.11: Ориентированный параллелограмм определяет операцию сложения для стандартных траекторий.

Теперь уже можно образовать сумму вкладов от отдельных лучей в точке наблюдения, тем получая в пределе измельчения всех подразбиений значение поля, а, стало быть, и силу, действующую на тело из ЗоК. Исходные данные — это теперь уже не абстрактное число, служившее ранее моделью для описания самой процедуры решения, но определённый схемой контактов объект, а именно, изломы траекторий пробных тел. Для нахождения излома пробной траектории в точке наблюдения нужно усреднить параллельно перенесённые в эту точку исходные данные. Усреднение производится по схеме, которая уже использовалась для нахождения излома тра-

*Если же эти числа осцилляций не равны, то можно говорить о взвешенной сумме.

ектории тела ЗоК по излому пробного (рисунок 2.6). Для получения числа осцилляций, определяющего усреднённую траекторию, следует разделить число осцилляций между найденной суммой и первой траекторией излома в точке наблюдения на число точек разбиения. Перенос обоих звеньев исходного излома вдоль луча осуществляется построением параллельных траекторий по рецепту, приведённому на рисунке 2.3. Внешние дифференциалы образуются как пределы разностей после параллельного переноса обоих звеньев излома вдоль соответствующих конусов (рисунок 3.12). Как показано на рисунке, для образования искомой разности нужно дополнить конструкцию рисунка 3.8 третьим световым конусом. Искомая разность строится в четыре этапа. На первом этапе второе звено излома параллельно переносится вдоль противоположного луча; на втором строится внешняя разность по “правилу параллелограмма”, которая затем в два этапа — вдоль противоположного, а потом вдоль основного конусов — параллельно переносится в точку, где должны быть заданы исходные значения разности.

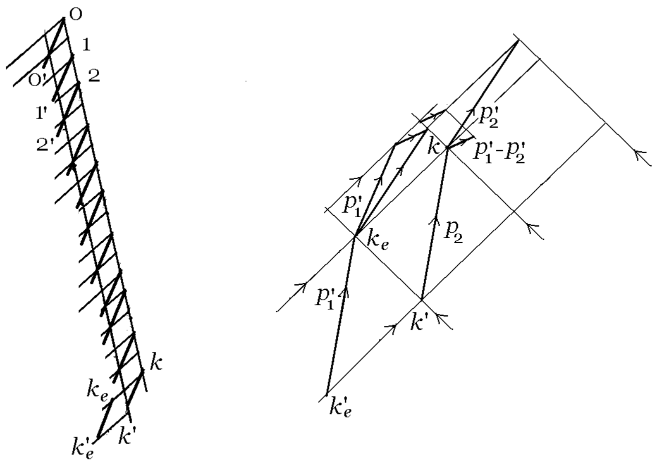

Рис. 3.12: Конструкция внешней разности изломов на луче с параллельным переносом второго звена показана справа. Эту разность следует подставить в качестве исходного данного на соответствующее место в диаграмме слева.

Имея представление всех нужных операций и величин в терминах схем контактов, можно теперь фактически построить решение для свободного поля. Однако в более общей ситуации поля с источниками, т.е. когда дифференциалы задаются на всем луче, решение всё ещё остаётся призрачным, по-прежнему требуя измерений вплоть до конечного контакта. Удовлетворительное решение достигается только тогда, когда нужные дифференциалы известны заранее, будучи представлены некоторой отдельной схемой контактов. Можно представить себе, например, ситуацию, когда источниками, определяющими дифференциалы, служат известные траектории каких-либо сторонних по отношению к данной ЗоК тел. В других случаях самосогласованная ЗоК может включать взаимодействие, в частности, запаздывающее, двух или более тел. Электромагнитная сила Лоренца — важнейший пример воздействия, допускающего подобную формулировку. С одной стороны, эта сила выражается однородной схемой в пространстве контактов как сохраняющая отношения чисел осцилляций, что уже само по себе даёт её описание в этих терминах. Поэтому она может быть представлена, как упоминалось выше, антисимметричной комбинацией производных от потенциалов. С другой стороны, её распространение (с предельной скоростью) тоже даётся описанными выше схемами, а потому в канонической версии она удовлетворяет волновому уравнению. В канонической версии именно из-за антисимметрии силы Лоренца её пространственно-временные производные (соответствующие дифференциалам значений поля в схемах контактов) не могут быть назначены произвольно, но должны быть связаны дополнительным условием — уравнением непрерывности. Но точно такое же уравнение выражает и условие неисчезновения генерирующих поле заряженных тел, составляющих, например, некоторый поток. Потоки неисчезающих зарядов могут поэтому играть роль источников в конструкции решений волнового уравнения, причём в схеме со вторыми разностями последние тоже выражаются через антисимметричные комбинации производных от потоков тел-источников. В канонической версии именно антисимметричность порождает расщепление системы волновых уравнений второго порядка для компонент поля, локально определяющих траектории пробных тел, в систему первого порядка — уравнений Максвелла. Эти уравнения элегантно записываются как в аппарате антисимметричных тензоров, так и в аппарате внешних дифференциальных форм.

Осталось найти схему контактов, пригодную для представления дифференциалов в конструкции рисунка 3.12 уже не как траектории пробных тел, представляющие известные внешние поля, а как функции самих источников поля. В такой схеме источник должен быть представлен непосредственно траекториями составляющих его тел.

Но тогда в предельном переходе с увеличением числа лучей (рисунок 3.4) эти траектории должны на каждом этапе контактировать с лучами, включёнными на этом этапе, а иначе часть источников может потеряться. В то время как пробные тела мы могли по произволу размещать в нужных для нахождения решения местах, источники принадлежат условию самой данной ЗоК. Действительно, на каждом шаге предельного перехода в конструкции интегральной суммы от точек, в которых заданы исходные данные, фиксированы самими процедурами равномерных подразделений как вдоль лучей, так и между ними. Эти точки расположены дискретно. Поэтому траектории тел-источников, минующие точки разбиения, не учитываются схемой. Требуется специальная схема контактов для сглаживания распределения источников, реализующая идею о средней траектории вокруг данной точки подразделения. Для этого нужно в каждую точку светового луча параллельно перенести "ближайшие" к ней траектории из потока источников, но тогда потребуется отдельное определение близости траекторий для подобного случая.

В основной схеме, изображённой на рисунке 1.2, в случае отсутствия одного из контактов (рис. 1.2b) соответствующее отношение чисел осцилляций обращается в нуль. Добавим в эту схему ещё одно тело (рис. 3.13) и определим отношение чисел осцилляций для этих двух "промахивающихся" тел, измеряя числа осцилляций вплоть до опорного контакта (A, X), фиксирующую одну из точек общего подразбиения, одно из них между A и B, а другое — между A и C.

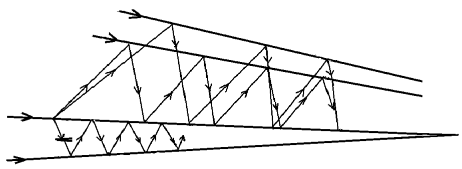

Рис. 3.13: К определению относительной близости траекторий к данному контакту.

Теперь уже можно недвусмысленно задать источники в полной схеме интегрирования, параллельно перенося траекторию каждого тела-источника для векторного сложения в ближайшей точке подразделения. Такая процедура даёт схему контактов, эквивалентную понятию плотности потока в канонической версии.

Однако не всегда обязательно знать траектории тел-источников полностью. Часто существенен только общий поток таких тел (особенно когда их много), так что, например, перестановка одинаковых тел не изменяет их общего поля, даже если она не является результатом их фактического перемещения. В сущности, важен даже не поток самих тел, а поток их активного фактора, т.е., действующего заряда.

Подобное представление тесно связано с процедурой “калибровки” заряда — установления его универсального стандарта сразу во всех точках пространства контактов посредством специальной схемы, которая будет представлена в главе 6.

Таким образом, вся электродинамика, равно как и механика, может быть выведена из единственного условия: “всё, что движется” должно иметь представление какой-либо схемой ЗоК. А всё остальное не относится к Методу, потому что тогда мы бы просто не различали и не искали в мире такие вещи как пространство, тела, силы, поля и прочие. Априорные понятия, с которыми мы обращаемся к природе, должны соответствовать цели обращения, дабы её ответ не был воспринят как бессмысленный “шум”. Этот язык обращения отнюдь не условен, но опирается на главное условие универсальных предсказаний — их неограниченную воспроизводимость.

Глава 4. Квантовая теория: воспроизводимость невоспроизводимого

> ...следует допустить, что существует предел тонкости наших средств наблюдения и малости сопровождающего возмущения — предел, который присущ природе вещей и никогда не может быть превзойден совершенствованием техники или искусства экспериментатора.
>
> П. А. М. Дирак, *Принципы квантовой механики*

Существенное условие применимости вышеописанных схем контактов к чётко изолированным телам состоит в пренебрежении воздействием измерительных контактов на траектории всех тел — как тех, о которых спрашивается в ЗоК, так и вспомогательных. Для первоначального построения Метода такая стратегия вполне естественна, поскольку она всего лишь предлагает надёжный способ предсказания для ограниченного круга проблем, признаваемых важными для потенциального пользователя. Иными словами, изобретатели Метода начинают с анализа существующей практики, выясняя, что же именно желательно. Однако уже в ходе обсуждения основных конструкций важен и вопрос о границах применимости Метода. Целесообразно проанализировать эти границы изнутри него самого, раз уж он оказался таким успешным, и, даже встретившись с новыми задачами, не хочется отказаться от него совсем. Тем более, если таковые возникли в рамках самого Метода и выглядят его естественным продолжением и уточнением.

Схемы решения ЗоК, описывая движение под внешними воздействиями, уже сами по себе приводят к вопросу о том, что же будет с их предсказаниями по мере ослабления таких воздействий. Ведь измерительный контакт — это тоже некое взаимодействие, и может оказаться, что не удастся его далее ослабить, сохранив надёжность регистрации самого факта контакта. Если ЗоК ставится относительно очень лёгких тел или очень тонких деталей движения хотя бы и тяжёлых тел, то воздействие измерительных контактов, возможно, уже нельзя игнорировать. Но ведь измерительные контакты неизбежно присутствуют в самой постановке ЗоК, и даже само понятие пространства и его свойства установлены исключительно через посредство таких контактов как инструментов для решения ЗоК.

Казалось бы, Метод окажется непригодным, как только возмущение движения даже предельно деликатными измерительными контактами станет сравнимым с внешним воздействием. Вот меру этой деликатности и надо определить — опять-таки в схемах контактов, то есть выделить те случаи, когда Метод ещё применим, пусть и не в полной своей форме.

В практике уже имеется пример того, как можно до некоторой степени расширить рамки применения Метода, отчасти пожертвовав однозначностью предсказаний, — это статистическое описание механических по своей природе явлений. Правда, в таких случаях речь идёт не о возмущении актом измерения, а лишь о сложности самих траекторий, в принципе описываемых средствами ЗоК, но подверженных воздействиям определённого характера. Это могут быть процессы, где наряду с регулярной внешней силой на тело действуют многочисленные добавочные столкновения, относительно слабо влияющие на его траекторию по отдельности, но производящие значительный совокупный эффект. Например, броуновское движение как усреднённый результат воздействия многочисленных ударов молекул газа на движение макроскопической частицы. Возможность описания в виде диффузионного случайного процесса обусловлена в этом случае достаточно гладкими средними параметрами среды, когда можно ограничиться вторым моментом случайного (марковского) процесса. Методы усреднения оказываются полезными и при описании движения тела в ограниченной области под действием полей вполне регулярных и достаточно просто задаваемых посредством схем контактов пробных тел, когда накопление малых отклонений из-за многочисленных резонансов высокого порядка оставляет лишь средние характеристики траектории в ЗоК доступными практически значимому предсказанию. В этом случае статистическое описание пригодно для достаточно гладких распределений начальных условий, если воздействия имеют определённые свойства, обеспечивающие эргодичность и перемешивание траекторий.

Все такие случаи выделяются тем, что сама ЗоК в её изначальной постановке оказывается не более, чем вспомогательной, поскольку важно не столько то, как детально устроено воздействие, а лишь то, как оно ведёт себя в среднем. Это означает новую постановку задачи, когда либо непредсказуемо, либо неважно то, что происходит в отдельном случае, и речь идёт о многократном повторении ситуации в отношении как результата, так и точности воспроизведения начального состояния.

Квантовая механика тоже предлагает статистическую постановку вопроса, но на сей раз обусловленную самими измерительными контактами. При этом статистический подход затрагивает и базовые понятия Метода. Действительно, само понятие траектории было реализовано в рамках Метода схемами контактов тел в ЗоК (именуемых *частицами* в квантовой механике, основные приложения которой относятся к микромиру) со специально выделенными измерительными телами — как с фотонами, так и с массивными телами, входящими в измерительный набор со своей собственной схемой взаимных контактов. Следует ожидать, что квантовая механика будет применима, если регистрацию измерительных контактов организовать так, чтобы возмущение ими траектории частицы было минимально, хотя бы уже и сравнимо с внешним воздействием, найденным из измерения траекторий макроскопических пробных тел.

В отличие от двух приведённых выше примеров, где специфические свойства среды и пространственного распределения действующей силы непосредственно входили в условия задачи, здесь само устройство измерительных приборов подлежит соответствующему видоизменению с тем, чтобы сохранить воспроизводимость хотя бы статистических предсказаний посредством подходящей измерительной процедуры. Это означает совершенно иную постановку опыта: мы отказываемся от предсказания конечного контакта в каждом отдельном случае, ограничиваясь лишь предсказанием его вероятности для многих ситуаций с идентичными исходными данными.

Отвлекаясь от возможности рождения и исчезновения частиц, заметим, что конечный контакт частицы регистрируется недвусмысленно: "да или нет", поскольку дальнейшие события предполагаются происходящими уже вне пределов задачи. Так что здесь возмущение от измерения уже несущественно по самой постановке ЗоК, где на протяжении всей эволюции имеется в виду одна и та же частица. Сама же эволюция, так же как и её прежняя реализация в виде траектории, нужна лишь как инструмент для предсказания конечного контакта. Если промежуточные контакты не влияют на такое предсказание, можно говорить об определяемой ими траектории, но если имеется в виду предсказание только вероятности конечного контакта, то и эволюцию необязательно сводить к траектории. Проводя все рассуждения исключительно в терминах контактов, мы должны и измерения модифицировать соответственно. Для этого вместо несколько неопределённого понятия "макроскопический прибор", который либо напрямую, либо через подходящую калибровку сводится к контакту с тем или иным измерительным телом, мы попытаемся расширить понятие измерительного прибора ещё приемлемым для механики образом. Для этого следует проанализировать саму структуру ЗоК более детально. Действительно, при построении решений предполагалось, что измерительные тела, неявно образуя вакуум, заполняют пространство контактов достаточно плотно, чтобы тело, о котором ставится ЗоК, встречало некоторое тело из измерительного набора в любой точке своей траектории. Это не вызывает трудностей, если измерительный контакт не возмущает траекторию.* Мы уже видели, однако, что для построения траектории тела не требуются его измерительные контакты всюду. Напротив, такие контакты не должны располагаться чересчур плотно, оставляя место для фотонных осцилляций, что определяет дифференцируемость самой траектории и делает возможным её аппроксимацию цепью, состоящей из отдельных звеньев. Для предсказания контакта посредством построения траекторий необходимо, чтобы и сам набор измерительных траекторий имел некоторую регулярную структуру, определяемую числами осцилляций фотонов между составляющими его телами. Однако этот набор должен быть достаточно плотным с тем, чтобы, допуская дифференцируемость, он всё же был таков, чтобы траектории не терялись, то есть,

*В противном случае тело вообще не могло бы двигаться, проталкиваясь между измерительными телами!

требуется, чтобы отсутствие контакта с одним из тел набора непременно означало бы контакт с каким-то другим. Но при статистическом предсказании для процессов, аналогичных броуновскому движению, вызывающие которого удары молекул среды распределены хаотично. По существу, здесь возникают два отдельных случайных процесса: случайное положение молекулы в момент удара и случайную же передачу импульса при её рассеянии. Элемент случайности предсказания будет ослаблен, если хотя бы один из этих факторов устранить. Для этого взамен измерительного прибора, состоящего из единичного тела набора, мы предложим новый измерительный прибор. А именно, будем использовать контакты частицы с тем же набором измерительных тел, но регистрировать теперь каждый измерительный контакт не с одним только телом из этого набора, как раньше, а с их *ордером*, так или иначе упорядоченным, *не определяя, с каким именно телом из этого ордера произошёл контакт.* Последовательность таких измерений не образует траектории в прежнем смысле, но при подходящей организации ордеров иногда ещё можно делать предсказания относительно конечного контакта в ЗоК, хотя воспроизводимой теперь будет лишь его вероятность. Предлагаемое расширение понятия траектории состоит в том, чтобы затем, при изучении эволюции под действием внешних сил, сопоставить именно ордерам звенья и их цепи, заимствованные из макроскопических схем контактов для траекторий, так, что и сами ордеры можно было бы определить в терминах контактов.

Рассматривая прежние траектории в новых понятиях, можно сказать, что там контакт с определённым измерительным телом происходит с вероятностью единица. Так как набор измерительных тел заполняет всё пространство контактов, то неравная единице вероятность контакта частицы с некоторым измерительным телом означает и наличие её контакта в тот же момент с какими-то другими телами набора. Минимально расширяя прежние схемы, скажем, что теперь имеет конечную вероятность только контакт частицы с ордером, а не с одним определённым из составляющих его тел. Если по постановке ЗоК частица не исчезает, а пространство взаимных контактов тел из измерительного набора оставлено прежним, то, если бы речь шла о макроскопической траектории, любое промежуточное состояние можно было бы назначить конечным, соответственно переформулировав ЗоК. Поэтому и за пределом чувствительности можно зарегистрировать сам факт контакта частицы с некоторым измерительным телом, но теперь уже эта регистрация станет для ЗоК конечной.

Таким образом, мы по возможности сохраним конструкцию пространства ценой того, что траектория частицы в её представлении измерительными контактами с различной вероятностью окажется как бы "размазанной", допуская одномоментный (в понятиях канонической версии) контакт с более чем одним измерительным телом без их общего контакта. Строго говоря, теперь необходимо соответственно изменить и саму геометрию пространства контактов как минимальной структуры, объемлющей всевозможные траектории. Эта геометрия остаётся справедливой для усреднённых траекторий в предположении их многократных повторений, допуская решение ЗоК лишь с некоторой вероятностью, то есть, с флуктуациями относительно таких средних.

Избегая усложнений уже на начальной стадии изложения, будем пока что считать внешние воздействия на траекторию частицы заданными посредством траекторий пробных тел в полях, определяемых теми же схемами контактов, что и ранее. Тогда можно разложить полное воздействие на частицу на часть, обусловленную независящим от эволюции частицы полем, и часть, связанную с её измерительными контактами.*

При таком описании движения следует заменить в цепях стандартные траектории-звенья, которые аппроксимировали действительные траектории частиц в пренебрежении измерительными взаимодействиями, на звенья, составленные из ордеров измерительных тел, специально организованных, а не составляющих, подобно броуновскому движению, хаотически распределённые тела, воздействующие на движение частицы. Такой процесс можно было бы обозначить как "полуслучайный". Соответственно видоизменяется и сама постановка ЗоК. Если в макроскопическом измерении спрашивается "чему равна измеряемая величина?", то в квантовой теории в каждом индивидуальном измерении вопрос формулируется иначе: "равна ли измеряемая величина такому-то значению?". Взаимодействие с ордерами также приводит к случайному процессу диффузионного типа при рассеянии частицы на измерительных телах. В отличие от броуновского движения, это будет рассеянием лёгкой частицы на относительно тяжёлых телах. В такой картине нет никакой гипотезы о природе: теория просто ограничивает круг достойных рассмотрения явлений случаями, когда она ещё пригодна для предсказаний.†

*В дальнейшем и значения внешнего поля будут скорректированы для применения в вероятностных схемах.

†Если найдутся другие интересные ситуации, где описание не сводится к регистрации лишь самого факта контакта, то для них будет нужна другая теория.

В достаточно густом потоке измерительных тел рассеяние частицы может преобладать над внешним взаимодействием по своему влиянию на конечное положение частицы в пространстве контактов. Как раз такая пограничная ситуация составляет в канонической версии предмет квантовой механики, в которой представляющие интерес ордеры измерительных тел выбираются в соответствии с теми, которые определяли бы траекторию в случае, когда возмущение измерением несущественно. Рассмотрим сначала процесс измерения в понятиях канонической версии в той мере, в какой они выражают исходную постановку ЗоК и соответствуют своим схемам контактов, т.е. используя такие величины, как скорость, ускорение, угловой момент и прочие. Желательно сохранить, насколько возможно, эти понятия при расширении области применения Метода, лишь приспособив их к статистическому описанию. В канонической версии эти величины определяются как операторы, действующие на амплитуды состояний. Эти операторы копируют формы, заимствованные из макроскопической ЗоК, и притом таким образом, чтобы средние значения их величин удовлетворяли классическим соотношениям. Именно сохранение самой постановки ЗоК, хотя бы в вероятностном виде, как непосредственно выражающей интерес пользователя, объясняет известный парадокс: почему квантовая теория с иным, статистическим, характером предсказаний не создала также и своих собственных форм для динамических переменных.

На рисунке 4.1 изображён ордер измерительных тел с параллельными траекториями и частицей внутри: удобно представить себе вертикальные на рисунке и такие же в перпендикулярном ему направлении ряды измерительных тел, которые покоятся или двигаются все вместе и без искажений самого ордера в направлении, перпендикулярном этим рядам. Такая схема соответствует показанной на рисунке 3.11 структуре для случая взаимно ортогональных систем параллельных траекторий.

Положение каждого тела относительно его соседних определяется числом фотонных осцилляций, которые отсчитываются так, чтобы начальные и конечные контакты для отсчёта у соседних промежутков совпадали в пределах их наибольшего периода. Полное число таких периодов следует выбрать достаточно большим во избежание значительного накопления ошибки из-за разницы в положении пограничных контактов в пределах одного периода. Само по себе движение частицы внутри ордера есть чисто измерительная процедура, зависящая не от внешней силы, а только от столкновений внутри ордера. Поскольку регистрируется только факт контак-

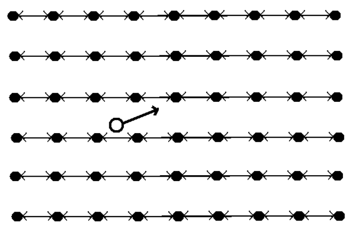

Рис. 4.1: Частица внутри ордера измерительных тел. Тонкими линиями со стрелками показаны осциллирующие фотоны.

та с ордером как целого, эту процедуру не следует понимать как развёртывающуюся в том же “времени”, что и движение частицы во внешних полях. Для простоты изложения будем рассматривать процесс регистрации контакта в системе покоя ордера как целого. Поскольку все измерительные тела считаются одинаковыми, сам факт регистрации измерительного контакта не зависит от того, с каким именно телом из ордера он случился. В частности, вероятности такого контакта одинаковы для всех рядов.

Если ордер однороден, то есть все числа осцилляций одинаковы, и состоит из бесконечного числа рядов, то вероятность регистрации контакта не зависит от положения испытавшего контакт ряда внутри ордера, и потому сам факт регистрации ничего не говорит о месте частицы внутри него. Если к тому же скорость ордера точно равна скорости частицы, то однажды попав на свободное место в нём, она и вовсе бы не регистрировалась. Обращая аргументацию, хотелось бы заключить, что из того, что ордер не испытал измерительного контакта с частицей, следует точное равенство их скоростей. Но ведь то же самое наблюдалось бы, если бы и вообще никакой частицы не было. Поэтому некоторое остаточное взаимодействие всё же необходимо сохранить для регистрации измерительного контакта. В канонической версии это взаимодействие естественно характеризовать величиной порогового импульса частицы, передаваемого телу ордера в акте регистрации, то есть её пороговой скорости относительно ордера.

Однако однократное рассеяние ещё не обязательно означает регистрацию измерительного контакта, и только многократные независимые друг от друга столкновения частицы с измерительными телами ордера приводят, в конце концов, к контакту регистрации. Поскольку при упругом рассеянии лёгкой частицы на “бесконечно” тяжёлом измерительном теле абсолютная величина импульса не из-меняется, то в силу минимальности порогового взаимодействия такой контакт мог бы происходить только при рассеянии частицы в направлении, обратном её движению до столкновения. Но в среднем частица рассеивается при каждом столкновении лишь на малый угол. При равном пороговому значению полной скорости частицы относительно ордера, передаваемый импульс в основном будет меньше минимально регистрируемого, и только диффундируя при многократных столкновениях, частица имеет некоторую вероятность в одном из них изменить направление движения на противоположное. Если речь идёт о построении траектории только одной частицы, то сам измерительный контакт непременно должен быть неупругим столкновением. В противном случае были бы возможны повторные измерительные контакты, и акт измерения не различал бы количество участвующих в нем частиц. Такое неупругое взаимодействие можно истолковать как передачу энергии, соответствующей пороговому импульсу, от частицы к фотону, а от него — к измерительному телу. Если под осциллирующими фотонами понимать гармонические сигналы, то эта скорость естественно связана с локализацией частицы внутри ордера, то есть длина волны сигнала должна быть порядка минимального расстояния между рядами, чтобы ещё имело смысл считать осцилляции между ними. Эквивалентом пороговой скорости частицы в канонической версии для представления в терминах ЗоК естественно назначить наибольшее число межрядовых осцилляций.

В предельно точном измерении с бесконечным по числу рядов ордером частица имеет относительно него только эту пороговую скорость. Конечно, частица с иной скоростью тоже может иметь контакт с этим ордером, но тогда следует подобрать другую скорость ордера, для которой относительная скорость частицы станет равной пороговой. Ведь то же самое фактически делается и в макроскопических измерениях (рисунок 2.5), где касательная траектория из измерительного набора подбирается в соответствии с соответствующей траекторией тела в ЗоК.

Измерительный контакт состоит в передаче порогового импульса от частицы к ордеру. Если частица имеет относительно ордера только эту пороговую величину, то потеряв импульс в измерительном взаимодействии, она оказывается в покое относительно него, становясь неразличимой. Для бесконечного ордера это не представляет трудности, потому что частица уже обнаружена. В окрестности акта регистрации по углу, где ещё невозможно её обнаружение вследствие минимальности импульса, частица должна была бы отразиться почти назад, а такое событие имеет малую вероятность в диффузионном процессе углового рассеяния. Это обстоятельство не является препятствием для измерения в бесконечном ордере с неограниченным числом испытаний, однако идеализированный бесконечный ордер не пригоден в динамике, требующей локализации частицы в пространстве контактов.

Для локализации измерительного контакта могли бы использоваться ордеры с конечным числом рядов опять-таки при всюду одинаковом числе межрядовых осцилляций. Но в таком ордере измерительный контакт частицы с относительной скоростью больше пороговой, но зато рассеивающейся на малый угол при передаче порогового импульса, гораздо более вероятен, чем изменяющий направление её скорости на обратное. Зато теперь уже исчезает критерий для подстройки скорости под скорость частицы, и возникает неопределённость в измерении её скорости прибором-ордером. На самом деле и локализация неопределённа, поскольку даже при фиксированном количестве рядов можно ещё варьировать остающееся свободным число межрядовых осцилляций. Так что если зарегистрирован измерительный контакт частицы с таким ордером, то остаётся неопределённым и то, в каком именно месте она столкнулась с одним из его тел, и какова была их относительная скорость.

Неопределённость измерения может быть уменьшена, хоть и не устранена совсем, если сконструировать измерительный прибор-ордер в виде неоднородной последовательности рядов. Такой ордер тоже может быть полностью определён числами межрядовых осцилляций, которые начинаются и заканчиваются одномоментно. Только теперь эти числа уже не будут равными. Например, в некоторой части ордера число межрядовых осцилляций может быть максимальным, убывая по обе его стороны по какому-либо закону так, чтобы на крайних рядах число осцилляций равнялось единице.* Так возникает привязка измерения к предельной скорости. Теперь можно ввести величину среднего по ордеру числа осцилляций Q как отношение их полной суммы S к числу рядов K, назначив какой-либо закон убывания чисел межрядовых осцилляций q в виде некоторых функций номера ряда k, отсчитываемого, например, от ряда с максимальным значением $q = q_{max}$ относительно его соседей. В обоих поперечных направлениях достаточно положить $q = q_{max}$ независимо от k. Эти самые густые ряды претендуют на преобладающую

*Поскольку скорость частицы не может превышать предельную, полное число рядов оказывается конечным.

роль при локализации частицы, а относительные числа осцилляций в разных частях ордера нормируются на среднее значение.*

Удобно сопоставить такой способ локализации с измерением положения частицы в терминах канонической версии, фиксируя число рядов, для которых $q > Q$ и задавая q_{max} исходя из пороговой скорости, как это делалось выше для случая однородного ордера. В качестве модели рассмотрим ордер с единственным густым участком и допускающим простое описание законом убывания межрядовых чисел осцилляций в виде геометрической прогрессии.† Такой ордер удобно изобразить функцией типа $q(k) = q_{max}\exp(-a\,|k|)$ при $q(0) = q_{max}$ и, возможно, различными значениями a как для её левой и правой продольных ветвей. так и в поперечных направлениях. Достаточно рассмотреть только одну из продольных ветвей, например, правую (при $k > 0$). Здесь $K = a^{-1}\ln q_{max}$ (поскольку $q(K) = 1$). Отсюда немедленно получаются значения для S и Q. Величина a определяет локализацию рядов в ордере: при стремлении a к нулю ордер стремится к однородному и, соответственно, K — к бесконечности.

Подразделим весь ордер на густой участок с $q > Q$ и редкий — с $q < Q$ с соответствующими числами рядов, в сумме дающих K. Вероятность регистрации измерительного контакта естественно нормировать на среднее число осцилляций Q. Для марковского случайного процесса, приближённо сводящегося к диффузионному при числе рядов столь большом, что скачкообразный процесс можно аппроксимировать непрерывным, числа рядов заменяются их плотностью по отношению к теперь уже непрерывной переменной k. Тогда плотность вероятности регистрации в густом участке будет относительно высокой, и если (в терминах канонической версии) скорость частицы относительно ордера близка к пороговой, то с большей вероятностью измерительный контакт придётся на густой участок. Однако в упорядоченном ордере остаётся только рассеяние частицы по углу, и поэтому вероятность контакта зависит только от числа пересечённых ею рядов. Но если редких рядов много больше чем густых, то частица со скоростью, отличающейся от пороговой, также может иметь значительную вероятность контакта с ордером.

---

*В понятиях канонической версии, на участках ордера, где число межрядовых осцилляций относительно мало, промежутки между рядами длиннее, и медленная частица не сможет пройти достаточное их количество за среднее число осцилляций, чтобы с высокой вероятностью быть зарегистрированной.

†Мы не рассматриваем здесь квантовую теорию поля с более сложными ордерами.

При этом скорость (а, стало быть, и импульс) частицы должна быть здесь обратно пропорциональна относительному числу осцилляций, чтобы за Q осцилляций она могла пересечь требуемое для регистрации число даже редких рядов.

В приведённой модели отношение числа густых к числу редких рядов $w = \ln(f \ln q_{max}) / \ln q_{max}$, где $f = [1 - \exp(-a)] / a$. При изменении a от нуля до бесконечности f монотонно уменьшается от единицы до нуля. Большие значения a соответствуют малому полному числу рядов, и, во всяком случае, должно быть $f \ln q_{max} > 1$, чтобы количество густых рядов было действительным числом. Полагая q_{max} столь большим, что и $\ln q_{max} \gg 1$, а также величину a не слишком большой, можно положить $f \sim 1$ под знаком логарифма, получив $w \sim \ln(\ln q_{max} / \ln q_{max})$, так что даже и повторный логарифм, определяющий количество густых рядов, должен быть много большим единицы. Тогда величина w практически зависит только от величины q_{max}, полностью определяемой, в свою очередь, минимально регистрируемым измерительным контактом. Таким образом, в ЗоК величина w является аналогом универсальной константы $\hbar$ канонической версии, так как *отношение* числа густых к числу редких рядов ордера аналогично *произведению* интервалов длин и импульсов в каноническом соотношении неопределённости.

Важная модификация неоднородного ордера, полностью определяемая отношениями чисел осцилляций, представлена на рисунке 4.2. Она представляет собственный момент импульса частицы — её спин, и может быть понята как своего рода комбинация неоднородного ордера и двумерной звезды. В перпендикулярном плоскости рисунка направлении оставим в ордере равные числа межрядовых осцилляций, а в азимутальном направлении и вдоль радиальных рядов этим числам предпишем убывание по такому же закону $q(k) = q_{max} \exp(-a\,k)$ при $q(0) = q_{max}$ и с k равным радиальному номеру измерительного тела.

Наибольший "радиус" соответствует одной осцилляции независимо от углового количества рядов: при увеличении этого количества он увеличивается, также как и начальный, имеющий $q(0) = q_{max}$.

Аналогом углового момента в схеме контактов снова будет отношение количеств густых и полных рядов, только теперь уже истолкованное как реализация схемой контактов спина частицы, наличие которого было упомянуто в главе 2 лишь как необходимое условие для базисного представления траекторий, но не дана его реализация схемой контактов. Для сравнения с канонической версией рассмотрим, как обычно, представление спина в терминах рассто-

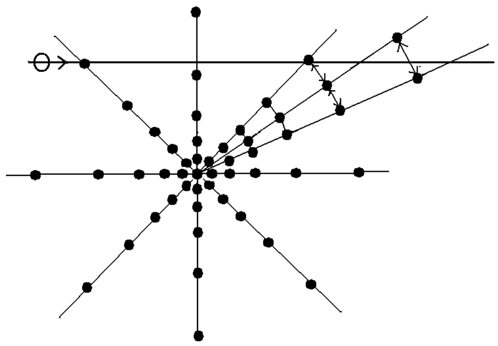

Рис. 4.2: Частица внутри ордера из центрированных рядов. Штрихами со стрелками обозначены фотонные осцилляции между телами из соседних рядов.

яний и импульсов. При начальном радиусе r_i полное число рядов K определяется величиной q_{max}, в свою очередь характеризуемой пропорциональным r_i расстоянием $d\,(q_{max})$ между рядами при угле между ними π/K, На своём пути вдоль ордера частица пересекает один за другим ряды с числами осцилляций $q(k)$. С увеличением r_i при заданном $d\,(q_{max})$ растёт K и потому пропорционально уменьшаются все $d\,(q(k))$. Поскольку угловая диффузия частицы определяется только числом рядов, необходимых для её средневероятного рассеяния в одиночном столкновении при заданной исходной скорости на угол, отвечающий передаче порогового импульса, то с увеличением K пропорционально уменьшается скорость, для которой вокруг каждого k наберётся достаточное количество пересечённых рядов, и наступит измерительный контакт. Тогда произведение r_i на среднюю по ордеру скорость не зависит от r_i, представляя таким ордером собственный угловой момент частицы — её спин. Так введённый спин полностью определяется величиной q_{max}, в отличие от орбитального момента с его не связанными друг с другом радиусом и скоростью.

Обсуждавшаяся в главе 2 двузначность в кодировании траектории в сфере её разложением по базису оказывается безобидной в пренебрежении сопровождающей измерение диффузией, так как в любой ЗоК её можно устранить определённым выбором ориентации базисных траекторий. Непрерывность траектории позволяет сохранять ориентацию в изломах цепей, приписывая последующему звену ориентацию предыдущего. Однако в квантовой теории неустранимое измерительное рассеяние создаёт неопределённость в ориентации. Спин позволяет устранить эту неопределённость, образуя своего рода “метку” на частице.

Ещё один пример, иллюстрирующий схемы регистрации, относится к экрану со щелью (рисунок 4.3). Термину “экран” здесь сопоставляется в качестве его определения особый ордер измерительных тел, которые здесь, как и везде, следует рассматривать как принадлежащие “вакууму” ЗоК. Действительно, как узнать, что в экране имеется щель? Её “видно”. Это проверяется пропусканием тел (в частности, света). При этом нельзя сначала всё проверить, а затем потоки таких тел “отключить”: а вдруг экран “зарастёт”? Да и занимающий место в пространстве экран надлежит, как мы выяснили, рассматривать как схему контактов: она определяет ограничения, накладываемые на взаимные контакты тел, следующих вдоль своих траекторий. Так, экран на рисунке 4.3 пропускает одни тела и блокирует другие.

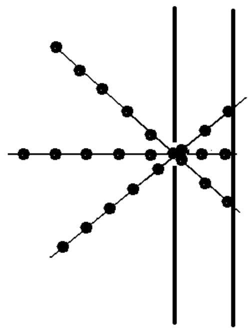

Рис. 4.3: Экран со щелью задан образуемой им конфигурацией измерительных тел.

Рассмотрим в этой связи явление интерференции при пролёте частицы через экран с двумя щелями (рисунок 4.4).

Прохождение частиц сквозь щели нужно рассматривать на фоне измерительного ордера, отвечающего такому именно экрану и такой постановке опыта: ордер должен иметь ту же скорость, что и частицы. Если к тому же этот ордер приблизительно однороден в масштабе опыта, то рассеяние частицы на нём образует интерференционную картину в распределении частиц в плоскости детектора. При рассмотрении рассеяния частицы на измерительных телах естественно сопоставить периодичности однородного ордера гармо-

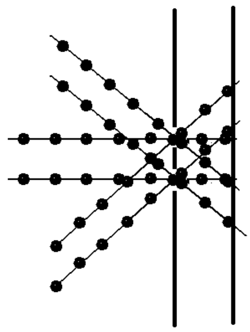

Рис. 4.4: Интерференционный опыт с двухщелевым экраном.

ническую функцию с периодом, определяемым числом межрядовых осцилляций. Совместный ордер для двух щелей характеризуется общим значением таких чисел. Поскольку щели экрана вырезают часть общего потока частиц, полный представляющий экран ордер включает также косые потоки, как показано на рисунках. В пренебрежении толщиной экрана* числа осцилляций в продольных и поперечных рядах примерно одинаковы и равны скорости частицы, делённой на расстояние между щелями.

Регистрируемая схемой контактов со стандартными телами траектория частицы остаётся непрерывной линией, поскольку частица не исчезает и, следовательно, может быть обнаружена в любой окрестности точки, в которой она была обнаружена перед тем. Однако траектория уже не будет дифференцируемой кривой. Действительно, сопоставляемая траектории последовательность измерительных контактов не аппроксимируема локально куском траектории одного из измерительных тел, потому что в диффузионном процессе рассеяния из-за измерительных контактов смещение пропорционально не самому временному интервалу, а только квадратному корню из него, и потому скорость как отношение смещения к интервалу времени стремится к бесконечности при стремлении этого интервала к нулю. Подчеркнём, что было бы совершенно неверно полагать "действительную" траекторию частицы гладкой и только кажущейся "шероховатой" вследствие несовершенства измерительной процедуры. Единственно доступная информация о траектории — это последовательность измерительных контактов и только она. В этом смысле можно говорить о квантовой механике как о структуре

*Экран — не коллиматор!

над базовой геометрией, определяемой классической схемой взаимных контактов только измерительных тел. При этом даже свободно, т.е. в отсутствие внешних сил, движущаяся частица всё равно имеет негладкую диффузную траекторию из-за столкновений с измерительными телами, так как, если столкновения отсутствуют, то нет и никаких сведений о траектории.

Однако измерительная диффузия имеет свои особенности: именно полуслучайный процесс измерения с рассеянием на упорядоченных ордерах порождает такие явления как дифракция и интерференция, чуждые движениям типа броуновского.

Многократные измерения с одинаковыми по распределению чисел осцилляций ордерами образуют статистическую картину движения частицы. Тогда измерительное взаимодействие частицы с ордером удобно описывать посредством функции, связанной с распределением вероятностей её траекторий. А именно, каждый ордер, соответствующий какой-либо классической величине, принадлежащей траекториям, и используемый в качестве измерительного прибора, представляется выделяющим из этой функции своё собственное значение этой величины в зависимости от того, зарегистрирован или не зарегистрирован контакт частицы с ним. В понятиях канонической версии, например, факт регистрации контакта частицы с одним из равномерно и прямолинейно движущихся неоднородных (со всевозможными значениями a) ордером даёт её положение и вектор скорости с вероятностями в пределах соотношения неопределённости. Средние значения по результатам многих измерений должны совпадать с движением самих ордеров ввиду симметрии рассеяния на них. Поскольку частица предполагается неисчезающей, а набор ордеров полным, то вероятность её регистрации хоть каким-то ордером, равная сумме вероятностей по всем ордерам при независимых измерениях ими, должна равняться единице.

Переходя к описанию в терминах контактов квантовых процессов под внешним воздействием, мы ограничимся здесь классическим представлением действующих полей как измеряемых без рассеяния макроскопическими пробными телами. При этом переходы между звеньями в цепи описываются как переходы от предыдущего ордера к последующему с теми же отношениями чисел осцилляций. Ордеры как измерительные приборы двигаются так же как отдельные измерительные тела без возмущения их движения контактами. Частица в ЗоК следует — в среднем — за изломом траекторий ордеров в согласии с траекториями пробных тел.

Однако из-за неопределённости импульса частицы внутри ордера отдельный её импульс в вероятностной выборке в звене до излома зависит от того, в каком именно месте ордера произошёл измерительный контакт. Так, в области ордера со сравнительно малыми числами осцилляций частица с недостаточной скоростью не будет зарегистрирована за среднее по ордеру число осцилляций, ибо не сможет пересечь нужное для этого количество рядов. При усреднении по вероятностному ансамблю возникает своеобразная квантовая зависимость изменения среднего импульса в изломе, не зависящая от внешнего воздействия, а целиком определяющаяся в каждом изломе вероятностным распределением скоростей частицы по отношению к ордеру.

В терминах канонической версии, средний вектор скорости можно найти, разбивая данное распределение на куски, а уж затем усредняя всё распределение по этим кускам. Если эти куски достаточно малы, то на каждом из них регистрируемая скорость почти постоянна, и при окончательном усреднении каждый кусок должен учитываться с весом, равным доле вероятности в нем от всего распределения (рисунок 4.5). Именно с этой скоростью должен двигаться соответствующий ордер.

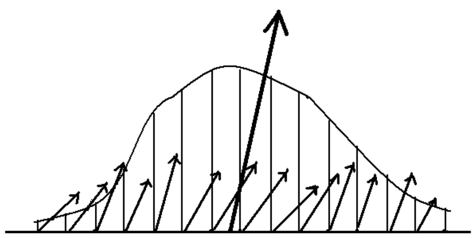

Рис. 4.5: Операция усреднения скорости.

Для того, чтобы найти излом в цепи из звеньев-ордеров, адекватный локальному изменению распределения вероятностей для частицы (рисунок 4.6) нужно сначала в точке излома на оси x_2 в момент t_2 сложить с вероятностным весом вектора скорости приходящих в эту точку долей от распределения вдоль x_1 в момент t_1, так образуя среднюю в этой точке скорость начального звена.

На начальном звене частица рассеивается измерительным ордером с вектором скорости V_i. На конечном звене средняя скорость V_f отличается от V_i вследствие ускорения от внешней силы на интервале между t_1 и t_2, и вклад от данной точки на оси x_2 на участке между t_2 и t_3 в распределение вдоль x_3 зависит от рассеяния на

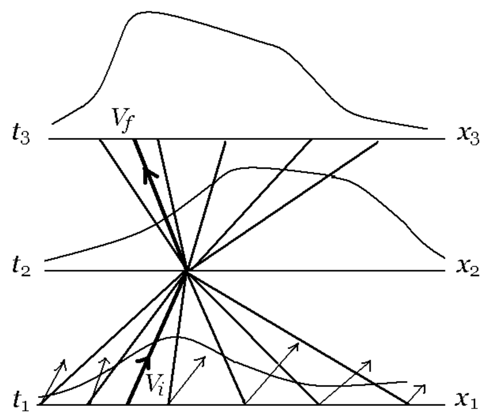

Рис. 4.6: Функции распределения вероятностей положения частицы в трёх близких моментах времени. Под осью x подразумевается совокупность всех координат.

ордере со скоростью V_f.

Таким образом, диффузия на ордерах — на начальном и конечном звеньях излома — существенна даже на сколь угодно малых временных интервалах. Из-за этого средние скорость и расплывание распределения не являются более предписанными функциями как в диффузионном процессе типа броуновского движения, но оказываются зависящими и от самого распределения. Более того, даже в отсутствие внешнего воздействия, мысленно разбивая отдельную траекторию частицы на малые части, мы получим эффективное её возмущение, как если бы действовала некая сила, также вызывавшая бы изменение импульса в данной точке траектории за данный промежуток времени.*

Удобное описание так образующегося квантового процесса доставляется формализмом “жидкости Маделунга”, где подстановкой волновой функции в показательной форме уравнение Шредингера сводится к представлению совокупности микроскопических траекторий в виде классического уравнения Гамильтона-Якоби, но с добавлением так называемого “квантового потенциала”, зависящего от амплитуды самой волновой функции. В конструкции ордера этот потенциал непосредственно связан с соотношением неопределённо-

*Таково, например, размывание волнового пакета при свободном его движении.

сти, так как зависящая от распределения вероятности средняя по ордеру прибавка к скорости самого ордера вызывает сдвиг усреднённого по ордеру импульса за данный промежуток времени, а это эффективно изменяет переход в изломе траектории так же, как если бы изменилась внешняя сила. Комплекснозначная и, возможно, многокомпонентная (“волновая”) функция точки в пространстве контактов достаточна для вероятностных предсказаний ЗоК, если сумма квадратов модулей её компонент в некоторой точке пространства контактов интерпретируется, как вероятность частице быть в этой точке.

Однако конструкция ордера исключительно посредством счёта фотонных осцилляций соответствовала бы в канонической версии релятивистской квантовой механике, в которой уравнение Шредингера заменяется уравнением Дирака. При этом зависимость полного потенциала от амплитуды волновой функции в формализме Маделунга сохраняется, только теперь диффузионная добавка к вероятности перехода между звеньями в цепи пропорциональна не просто второй производной от этой амплитуды, как для уравнения Шредингера, а более сложной комбинации из этой амплитуды и внешнего поля, а также их производных. В представлении ордерами такая добавка обусловлена не только усреднением по разбросу скоростей в ордере, но и сдвигом средней силы, если таковая неоднородна в его пределах. Таким образом, схема оказывается нелокальной. В зависимости от конкретной постановки ЗоК нелокальность может проявиться и в макроскопическом измерении, коль скоро оно может быть представлено подходящим ордером.

Решения этого уравнения определяют возможные распределения состояний частицы. В частности, если две или более *тождественные* частицы заключены внешним полем (типа поля ядра в атоме) в области порядка квантовой неопределённости в фазовом пространстве, то поскольку они одновременно могут контактировать с одним и тем же ордером, уже нельзя отнести их к определённому распределению вероятности для одной частицы. Измерительное рассеяние маскирует их состояние внутри области. Обнаружив измерительный контакт с ордером, нельзя даже сказать, сколько частиц в этой области содержится, и нужен отдельный “принцип Паули”, запрещающий такую ситуацию.* Даже расположив частицы по отдельным друг от друга, но всё же частично перекрывающимся состояниям, нельзя исключить перестановку их местами. Такую перестановку

*Пару частиц ещё можно различить ориентацией их спинов.

можно рассматривать как дополнительное “обменное” взаимодействие, потому что подобно внешнему потенциалу оно отбирает стационарные состояния из тех, что были бы определены только самим потенциалом.

Глава 5. Тяготение: бессиловая сила

> Предложение 7, ч. III:
> О том, что существует сила тяжести, проникающая во все тела и пропорциональная отдельному количеству материи, которое они содержат.
>
> И. Ньютон, *Математические принципы естественной философии*

Необходимая составляющая для решения ЗоК — внешняя сила — подлежит представлению через траектории из набора пробных тел, в свою очередь выраженные в терминах контактов посредством траекторий из измерительного набора. Возникает вопрос о существовании наиболее обшей схемы *свободных* контактов, т.е, без отдельного набора пробных тел, ещё допускающей возможность обойтись без построения цепей из звеньев с их изломами.

Если нет набора пробных тел, то нет и никакой константы связи типа заряда для определения траектории посредством силы. Следовательно, такая сила должна выражаться непосредственно через числа осцилляций фотонов. Сохраняя понятие инерции, необходимое для самого предсказания контакта из решения ЗоК, мы должны сохранить и соответствующее понятие массы, а тогда единственная возможность исключить константу связи состоит в том, чтобы положить и заряд пропорциональным массе. Тогда их отношение станет универсальной константой, и движение уже не будет зависеть от индивидуальных свойств тел, тем обобщая понятие свободного от внешних воздействий движения.

В конструкциях двух предыдущих глав постоянно использовалось понятие параллельности траекторий. В плоском пространстве-времени канонической версии это понятие реализуется прямолинейными траекториями с равными векторами скорости. Совокупности прямых линий обладают, кроме прочего, тем особо отмеченным выше свойством, что любая пара их либо не пересекается, либо имеет единственную общую точку. Однако не все присущие множествам прямых линий свойства этим исчерпываются. Достаточно представить себе прямые, нарисованные на листе, который затем деформируется неоднородно, но без разрывов или склеиваний. Прямые превратятся в кривые, но схема их пересечений останется той же: если первоначальные прямые пересекаются или не пересекаются в единственной точке, то их искривлённые образы ведут себя так же. Однако конкретный способ построения параллельных траекторий, например, описанный в главе 2, не гарантирует всех свойств их последовательностей. Пусть последовательность, состоящая из параллельных стандартных траекторий, такова, что для каждой входящей в неё траектории последующая ближе к ней, чем предыдущая. В терминах контактов это означает, что число осцилляций в схеме типа показанной на рисунке 5.1, между нею и последующей больше, чем между нею же и предыдущей.

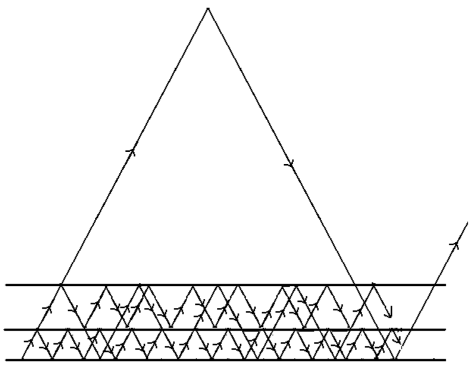

Рис. 5.1: Сходящаяся последовательность параллельных траекторий.

При стремлении таких чисел к бесконечности определится предельная для этой последовательности траектория. В плоском пространстве-времени имеет место простая транзитивность: если задать числа осцилляций между первой и второй и между второй и третьей траекториями, показанными на рисунке, то число осцилляций между первой и третьей определится их линейной комбинацией. Однако в искривлённом пространстве-времени для совокупности траекторий, задаваемой теми же отношениями чисел осцилляций, такая связь окажется нелинейной. Можно охарактеризовать такое изменение как вызванное кривизной локальное нарушение транзитивности параллелизма — разное в разных местах пространства контактов.

Отличная от изображённой на рисунке 2.3 схема контактов для построения параллельной траектории предложена в статье Мэрцке и Уилера (Märzke, Wheeler, 1964). Эта схема представлена на рисунке 5.2. Доказательство параллельности X_1 и X_2 основано на рассмотрении подобных треугольников, образующихся при пересечении Y_1 и Y_2. В кривом пространстве-времени они, вообще говоря, не имеют контакта, и доказательство уже не будет справедливо. Такая схема не допускает обобщения на кривое пространство, потому что с утратой указанного контакта она уже не выстраивает определённую траекторию, непрерывно стремящуюся к параллельной данной по мере уменьшения кривизны. Поэтому указанным авторам понадобилась конструкция цепи из кусочно-плоских звеньев. Но в последовательной схеме контактов траектория без внешней силы должна быть единым звеном без переходов. Схема на рисунке 2.3 в этом отношении удовлетворительна.

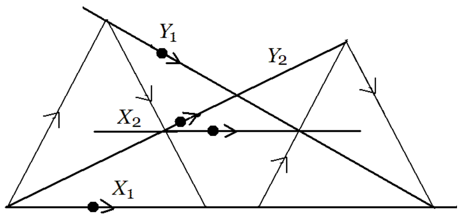

Рис. 5.2: В схеме контактов Мэрцке и Уилера доказательство параллельности основано на пересечении траекторий Y_1 и Y_2.

А что плохого, если входящие в последовательности на рисунке 5.1 траектории не будут параллельны? Так как сходимость контролируется неограниченным возрастанием чисел осцилляций между ними, предельная траектория не будет однозначно определённой, если эти числа могут стремиться к бесконечности по иным причинам. В частности, ложные последовательности возникнут в том случае, когда какие-то из членов последовательности могут пересекаться между собой, потому что тогда числа осцилляций станут бесконечными уже в самих последовательных парах. Именно такую ситуацию призвана предотвратить параллельность.

До сих пор основным для понятия силы было представление о пробных телах как об источниках информации для нахождения ускорения тела, о котором была поставлена ЗоК, т.е. перехода между его касательными траекториями. Конечно, нарушение транзитивности параллелизма и само по себе способно симулировать действующую силу. Казалось бы, различить эти две ситуации всегда возможно точно так же, как это делалось в главе 2, а именно, выбирая в качестве пробных нейтральные или достаточно тяжёлые тела, не чувствующие внешнюю силу. Но при этом осциллирующие фотоны не должны быть подвержены внешнему воздействию. А если главный элемент схем контактов — тела с предельной скоростью, траектории которых и сами зависят от кривизны, то само пространство контактов может применяться как схема для свободных траекторий без всяких изменений. Она возможна как существующая логически, а потому должна иметься в природе вследствие примитивности ЗоК.

Такое особенное взаимодействие — не требующее отдельных пробных тел, называется *гравитацией.* В частности, решение задачи о распространении гравитационного поля имеет важное свойство: из-за кривизны внутренность светового конуса теперь уже даёт вклад в решение.* В предыдущей главе внутренности светового конуса было отказано в участии в задании исходных значений на том основании, что ничего, кроме нуля или бесконечности от её вклада в решение с подходящей схемой контактов не получалось. Однако легко заметить, что конечный результат, невозможный для вырожденного случая плоского пространства, всё же мог бы существовать, если бы вместо умножения исходных значений на дискретно распределённые натуральные числа, хотя и образующие в пределе всюду плотное подмножество компакта, эти значения умножались на некоторую *непрерывную* функцию точек $V(x, y)$. Ведь разности значений такой функции тоже стремятся к нулю, когда точки сближаются при увеличении их количества в компактной области внутренности конуса. Стремление к общности обязывает нас не пренебречь и такой возможностью, если найдётся схема контактов, реализующая нужную функцию. Исходной величиной для образования такой функции может стать отношение числа осцилляций между X_i и X_{i+2} к числу осцилляций между X_{i+1} и X_i для приведённого выше случая симметричного расположения X_i и X_{i+2} относительно X_{i+1} при наличии $(X_i,\, X_{i+1},\, X_{i+2})$. В частности, эти траектории могут быть параллельны — с их общим контактом в бесконечности. Когда при переходе к пределу все эти числа осцилляций стремятся к бесконечности, указанное отношение может оставаться конечным, отображая локальную кривизну пространства контактов. Оно обра-

*Мы будем по-прежнему называть конус “световым”, хотя в принципе можно было бы для осцилляций использовать фронты самого гравитационного поля. Впоследствии именно электромагнитные фотоны будут играть определяющую роль в схемах контактов для слабого и сильного взаимодействий.

щается в $\frac{1}{2}$ для плоского пространства контактов, и отклонение от $\frac{1}{2}$ есть мера кривизны $K(x)$.

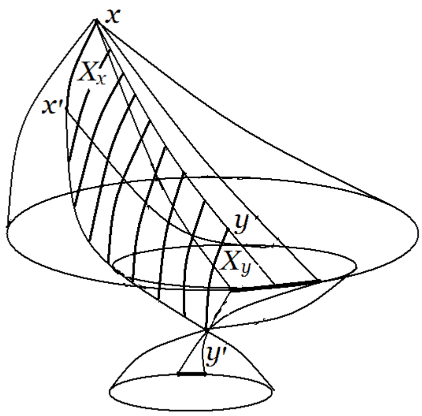

Рис. 5.3: Вспомогательная функция на фотонной траектории.

Мы опустим здесь детали довольно громоздкого построения функции $V(x, y)$ на базе $K(x)$, ограничившись общим описанием её конструкции. Построение проводится поэтапно. На первом этапе определяется зависящая от кривизны пространства вспомогательная функция $U(x, y)$ пары точек, расположенных на одном луче (рисунок 5.3). Для этого на траектории X_x близко к x выбирается точка x', и строится её световой конус. Как и раньше, проводятся k траекторий между x и y так, чтобы каждая из них была параллельна предыдущей. Распределение этих траекторий вдоль луча задаётся некоторым фиксированным числом n осцилляций между соседними траекториями — "от конуса до конуса". Далее, строится собственный конус точки y', лежащий на пересечении X_y с конусом точки x'. На каждом из конусов точек x и y' строятся равномерно распределённые семейства, состоящие из достаточно большого (необязательно одинакового) количества фотонных траекторий. Из них выбирается пучок траекторий, близких к траектории от x до y на конусе точки x, и ответный пучок из светового конуса будущего точки y', как раз накрывающий первый. Отношения количеств траекторий в пучках к их полным количествам в равномерных распределениях конусов аналогичны отношению площади, занимаемой пучком к полной площади двумерной сферы из фотонов. В плоском пространстве контактов их телесные углы, а потому и относительные количества отличались бы в k^2 раз. Поэтому базовую функцию U следует определить как отношение долей пучков в обеих сферах, умноженное на k^2. Тогда отклонение U от $\frac{1}{2}$ определит $K(x)$ нарушением транзитивности в параллельности измерительных траекторий, выраженной в отношениях чисел фотонных осцилляций.

Пока что все построения относились только к световым конусам, потому что именно предельное положение фотонов придаёт используемым конструкциям однозначность. В структуре решения задачи о распространении гравитационного поля эта часть соответствует сингулярной компоненте, отвечающей исходным данным на самом световом конусе. В силу данного определения $U(x, y)$ для этого достаточно умножить на U исходные значения во всех точках y, когда решение ищется в точке x. Но функцию U можно ещё использовать и для построения функции $V(x, y)$, требуемой для учёта вклада от внутренности светового конуса. Оказывается, $V(x, y)$ можно построить в виде схемы контактов, последовательно применяя схему, уже развитую для сингулярной компоненты решения. Попеременно пользуясь световыми конусами прошлого и будущего, можно достичь всех точек внутри конуса так же, как это делалось ранее (рисунок 3.10). Используя введённые ранее операции дифференцирования с когерентными подразделениями как самих фотонных траекторий (нулевых геодезических), так и конструкции их равномерных распределений на световых конусах, функция $V(x, y)$ определяется как предел сходящейся последовательности функций, образуемых итерацией на последовательно сгущающихся множествах точек внутри конуса. Две первые точки и соответствующие им световые конуса показаны на рисунке 5.4. Функция $V(x, y)$ строится по модели “обратного дерева”. Для того, чтобы получить её значение в точке x, которое зависит от значений той же функции внутри светового конуса прошлого этой точки, требуется сначала найти её значения во всех точках этого конуса (практически — на пересечениях некоторой исходной равномерной сетки). Пусть на конусе прошлого для x и на конусе будущего для y такая сетка уже построена. Ограничимся перечислением операций на первом их этих конусов. Выберем одну из точек сетки y_1 и проведём аналогичную пару конусов между y_1 и y. На этих конусах строится собственная равномерная сетка. Из точек этой сетки проводятся конуса следующего ранга — y_2 — и так далее. Для нахождения своей функции $V(y_1, y)$ на каждой паре конусов требуются её значения в их внутренних областях. Таким образом, функции V на все более мелких конусах служат исходными значениями для более крупных, где участвуют ещё и сингулярные

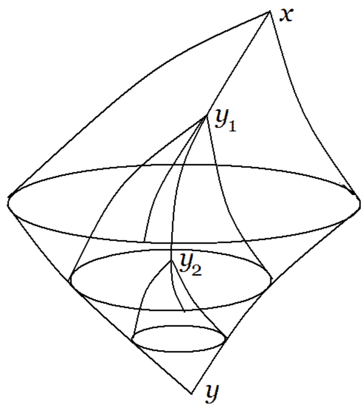

Рис. 5.4: Первые промежуточные точки и их пары световых конусов.

компоненты от каждого конуса данного ранга. Вся эта неограниченно измельчающаяся система пар конусов и сеток даёт $V(x, y)$ во всех точках области определения исходных значений для поля.

В канонической версии приведённая процедура отвечает решению волнового уравнения в кривом пространстве-времени для значений самой функции $V(x, y)$ в точке x с исходными значениями на поверхности конуса будущего точки y (так называемая задача с характеристическими начальными данными). Эти данные представляют собой значения $V(x, y)$, где на этот раз точки x берутся только на указанном конусе, а сами значения получаются соответствующим интегрированием функции $U(x, y)$ и её производных.

Подчеркнём, что во всех схемах контактов траектории фотонов, в том числе и при подсчёте их осцилляций, — это их *действительные* траектории. В канонической версии они видятся искривлёнными и неравномерными. Однако в схемах контактов такие образы излишни, и они даже могут быть обманчивы, искажая натуральную задачу несвойственными ей украшениями.

Характерным для кривого пространства обстоятельством является наличие нарушающего принцип Гюйгенса последействия у распространяющегося с предельной скоростью импульса. Этот "хвост" сигнала обязан вкладу от внутренности светового конуса. В приведённом на рисунке 5.3 построении наглядна причина этого известного явления: распространяющаяся волна частично и многократно "рассеивается на кривизне" пространства, и рассеянная часть её отстаёт от фронта, проходя более длинные пути.

Построенная функция $V(x, y)$ формально зависит от *внешне* заданной кривизны пространства, но рассмотренные схемы контактов выражают и саму $K(x)$ через исходные значения. Действительно, $V(x, y)$ участвует в схеме решения задачи о распространении поля, которое теперь уже определяет в точке наблюдения траекторию не пробного тела, а измерительного. Но тогда и параллельная ей траектория находится по аналогичной схеме, как и третья параллельная в схеме рисунка 5.1, а из этих трёх траекторий определяется $K(x)$, тем замыкая полный круг схем распространения свободного гравитационного поля.

Все это относится к классическому, то есть, не квантовому пространству контактов. Такое пространство было построено как инструмент для предсказаний ЗоК, как минимальная структура, объемлющая всевозможные траектории тел. Однако, если кривизна пространства контактов столь велика, что рассмотренное выше рассеяние на кривизне становится сравнимым с рассеянием при столкновениях с телами измерительных ордеров, то сама функция $K(x)$ приобретает лишь вероятностный характер. Тогда и само построение контактов посредством траекторий становится неопределённым. Возникает вопрос, до какого предела кривизны ещё возможно представить пространство контактов в виде той же геометрической структуры, но только флюктуирующей вокруг прежней средней. В частности, могут ли квантовые эффекты изменить даже топологию пространства: не возникнут ли стохастические переходы сквозь сингулярный световой конус?

Глава 6. Какие же взаимодействия дозволены Методом

> Припишем кубическую форму земле ... пирамида (тетраэдр) есть тело — первооснова и семя огня; и мы припишем следующий по порядку поколений элемент (октаэдр) воздуху, а третий (икосаэдр) — воде.
>
> Платон, *Тимей*

Всё, что можно выразить схемами контактов, должно быть подвластно Методу и найтись в природе. Из этого принципа должна следовать классификация взаимодействий, совместимых с требуемой для ЗоК геометрией, и естественно поставить вопрос о максимально допустимом их разнообразии. В рамках Метода цель единой системы взаимодействий не в том, чтобы свести их всех к одному единственному, а в том, чтобы обнаружить общий способ их построения в терминах контактов. Ведь в представлении сил схемами контактов существенна лишь возможность однозначного сопоставления в каждой точке траектории тела-объекта ЗоК с траекториями пробных тел. Поскольку находить поле мы уже умеем, для нахождения сил осталось установить всюду единый стандарт заряда для каждого типа взаимодействий. Иначе говоря, этот стандарт, исходно зафиксированный в начальной точке, требуется однозначно перенести в любую точку, достижимую какой-либо траекторией из начальной. Нужно придумать подходящую схему контактов.

Напрашивающаяся для переноса конструкция — всё то же, неоднократно использованное, равномерное распределение траекторий по сфере. В конструкциях интегрирования имелось в виду *почти* равномерное распределение большого (в пределе — бесконечного) количества траекторий. Поэтому равномерность не требовалось соблюдать строго: отклонения от абсолютной равномерности не сказывалось в пределе на определяющих нужное распределение отношениях чисел фотонных осцилляций.

Иное дело, когда траекторий мало, а равномерность требуется точной. В трёхмерном плоском пространстве, как уже упоминалось в главе 1, существует всего пять абсолютно равномерных распределений для сфер. Напомним, что они соответствуют вершинам правильных многогранников, известных как тела Платона, а именно: тетраэдра (четыре вершины), октаэдра (шесть), куба (восемь), икосаэдра (двенадцать) и додекаэдра (двадцать). Из них куб можно рассматривать как "переплетение" двух тетраэдров, а додекаэдр — как состоящий из куба и остальной группы вершин из шести "диполей". Последняя, правда не является правильным многогранником сама по себе, но может быть интересна как дополнение куба до наиболее богатой на правильные подструктуры сферы — додекаэдра. Ни октаэдр, ни икосаэдр не имеют правильных подструктур.

Сопоставим каждому многограннику сферу-звезду, состоящую из траекторий пробных тел, проходящих через его вершины и имеющих общий контакт в его центре. В силу симметрии правильного многогранника, двигающиеся по таким траекториям тела имеют равные единице отношения наибольших (то есть между любой траектории и любой парой из соседних с ней) чисел осцилляций. Если заряды и массы всех этих тел одинаковы, то, в силу симметрии звезды, отношения наибольших чисел осцилляций останутся равными единице и при их взаимодействии.

Пусть составляющие звезду тела проходят точно через центр и затем снова разбегаются. В классической теории с сингулярным в центре потенциалом такое, правда, невозможно, но для квантового волнового пакета допустимо. При этом для счёта чисел осцилляций существенно только движение пакета как целого, а его размытие (к тому же сглаженное при релятивистских скоростях) обычно неважно, так как центр пакета движется по классической траектории. Однако для излучения при ускорении или торможении тел квантовые эффекты существенны.

Разбегающиеся после прохождения центра звезды тела можно вновь использовать для образования вторичных звёзд из исходных, добавляя к ним новые тела. Таким образом можно последовательно распространять стандарт заряда на другие точки пространства контактов (рисунок 6.1), так образуя *регулярную сеть* для идентификации зарядов для ЗоК. Точное копирование первичной симметрии в последующих звёздах обеспечивало бы контроль корректности переноса заряда — его равенства исходному значению во всех последующих поколениях звёзд.

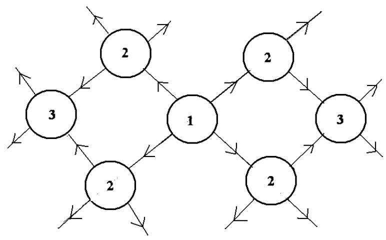

Рис. 6.1: Последовательное построение сети.

Внутри каждой звезды идентичность зарядов составляющих её тел гарантируется соблюдением симметрии при их движении к центру, в свою очередь измеряемой счётом отношений чисел осцилляций. Копирование заряда в поколениях должно обеспечиваться использованием в качестве затравки для последующей звезды некоторых тел из тех, что разбегаются после распада предыдущей. Правильность копирования можно проверить, если в каждой звезде каждого поколения участвуют несколько тел, пришедших туда из предыдущих звёзд различными путями. Тогда измеряемое в ней соблюдение собственной симметрии означает и корректный перенос заряда вдоль всей последовательности. Сети, обладающие этим свойством, назовём *регулярными*, и их конструирование будет главным предметом наших забот. При этом для однозначного построения последующей звезды по отношениям чисел осцилляций достаточно трёх тел из предыдущих звёзд, потому что они образуют базис для любой сферы.*

Для наглядности мы снова будем проводить рассуждения, пользуясь понятиями канонической версии, хотя все построения могут быть реализованы исключительно в схемах контактов. Потенциал взаимодействия составляющих звезду тел должен удовлетворять общему для всех полей условию сохранения отношений чисел осцилляций и иметь достаточное дальнодействие, обеспечивающее возможность детектировать нарушение симметрии посредством счёта осцилляций при любом размере звезды — ячейки сети.

Среди платоновых тел только куб обладает тем свойством, что при движении составляющих его тел под их взаимодействием траектории остаются прямолинейными и проходят через центр не только при равенстве зарядов и масс, но и тогда, когда таковые одинаковы лишь внутри каждого из двух составляющих куб тетраэдров (рисунок 6.2). Если эти тетраэдры отличаются только знаком заряда, то тела ускоряются взаимным притяжением, и симметрия, как детектируемая счётом осцилляций, соблюдается. Нейтральность звезды как целого обеспечивает общий контакт в её центре и в классическом смысле. Все восемь тел одинаково ускоряются к центру, не отклоняясь от лучей, и симметрия остаётся ненарушенной при любой пространственной зависимости потенциала взаимодействия. Всё же эта зависимость не может быть произвольной: потенциал взаимодействия должен убывать с расстоянием. Иначе даже соблюдённая в звёздах симметрия не позволит построить регулярную сеть из них как из ячеек, так как после контакта в центре звезда не сможет распасться на отдельные траектории, необходимые для построения вторичных звёзд. Потенциалом с достаточным дальнодействием, обеспечивающим детектирование нарушения симметрии куба посредством счёта осцилляций при любом размере ячеек сети, служит электромагнитное взаимодействие как единственно доступное при измерениях детекторами траекторий в экспериментах. В этом воплощении заряды тел — это обычные электрические заряды, как и обозначено на рисунке 6.2, а осциллирующие "фотоны" могут быть и обыкновенными фотонами (напомним, что в определяющей процедуре главы 1 от них требовалось только двигаться с предельной скоростью). Заметим, что в силу симметрии магнитное поле на траекториях равно нулю, и только электрическое поле

*С точностью до двузначности!

ускоряет тела вдоль их прямолинейных траекторий. Обратим внимание на то обстоятельство, что, в отличие от калибровки в как-то заданном внешнем поле, где измеряется только отношение заряда к массе, для симметрии звезды из взаимодействующих тел требуется равенство и абсолютных величин зарядов, и масс.

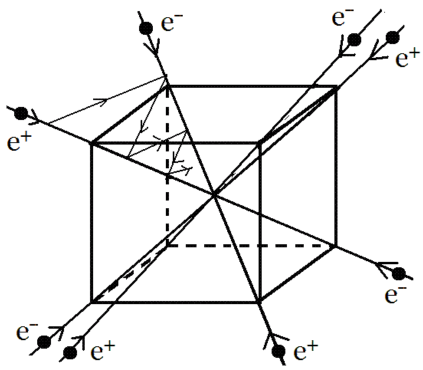

Рис. 6.2: Кубическая симметрия траекторий из двух разноименно заряженных тетраэдров.

Приведённая схема позволяет осуществить идеальную калибровку заряда, поверяя “движение движением” без промежуточных стержней и часов, способных, как всякое промежуточное устройство, что-то от себя привнести в калибровку, а что-то скрыть. Для обнаружения асимметрии достаточно обнаружить различие в числах осцилляций на единицу. Однако бесконечное число осцилляций в звезде порождает проблему: как убедиться, что симметрия соблюдена? Ведь сколько осцилляций ни показали бы соблюдение симметрии, может оказаться, что, продолжая их считать, мы всё же обнаружим асимметрию. В макроскопической области особых затруднений не возникает: требуемая точность определяется в конкретной ЗоК самими условиями её применения. Но если поставить вопрос о наименьшем размере звезды как ячейки регулярной сети, то здесь уже никакой априорной точности быть не может, так как всё должно определяться самим предельным переходом.

В этом предельном случае частицы должны быть самыми лёгкими, чтобы их ускорение при взаимодействии было максимальным, тем повышая чувствительность калибровки при малом заряде. Масса и абсолютная величина заряда должны быть дискретными. Действительно, если допустить непрерывное изменение, например, заряда, то, сколько бы ни прошло осцилляций, показывая симметрию, найдётся столь малое изменение заряда, что разность чисел осцилляций ещё не достигнет единицы, хотя симметрия всё же нарушена. Поэтому должны существовать частицы с минимальной абсолютной величиной заряда. Они-то и есть электроны и позитроны, показанные на рисунке 6.2.

Для нахождения предела малости ячейки, рассмотрим обнаружение асимметрии в звезде, где массы всех частиц равны между собой, а заряды одинаковы внутри каждого из составляющих куб тетраэдров, но абсолютная величина заряда одного из них вдвое больше, чем у другого. Взаимодействие частиц в этом случае оставляет прямолинейным их движение с ускорением к центру. Частицы с двойным зарядом будут ускоряться несколько меньше из-за их взаимного отталкивания. Наименьший размер такой звезды соответствует случаю, когда, имея подходящие начальные значения радиуса и скорости, частицы с одинарным зарядом успевают приблизиться к центру на две фотонных осцилляции, тогда как запаздывающие частицы с двойным зарядом достигают радиуса только одной осцилляции. Отсчёт осцилляций начинается с начального радиуса.

Оценка в пренебрежении излучением при ускорении показывает, что такая наименьшая ячейка соответствует начальному радиусу порядка десятых долей классического радиуса электрона, а начальная скорость — релятивистскому фактору около 3. При этом наименьший радиус окончания счёта осцилляций оказывается порядка нескольких единиц на 10^{-16} см. На больших радиусах взаимодействие мало. Несмотря на усиление взаимодействия с уменьшением радиуса различие в скоростях тетраэдров накапливается, в основном, на радиусах, близких к начальному значению, так как на меньших радиусах обе скорости уже приближаются к скорости света.

Учёт торможения излучением, относительно слабым при продольном ускорении частиц, приводит к дополнительному выравниванию скоростей тетраэдров, тем несколько увеличивая начальный размер ячейки. Как известно, это излучение состоит из фотонов с энергиями вплоть до полной энергии частицы и с направлениями, лежащими в конусе порядка $1/\gamma$, так что только в среднем по многократным измерениям частица может достичь центра. В пределе больших по сравнению с классическим радиусом частицы расстояний излучение состоит в основном из множества независимо друг от друга излучённых “мягких” фотонов (малых энергий). Эти фотоны можно описать одной диаграммой Фейнмана с большим, в пределе бесконечным, числом линий, дающей ту же формулу, что и классическая теория поля. Относительно малая вероятность излучения фотонов больших энергий делает полный эффект торможения от них много слабее, чем от мягких. Поэтому для оценки верхнего предела торможения можно ограничиться учётом только классического излучения даже и на малых расстояниях.

Если бы излучение отсутствовало, то из симметричных звёздячеек можно было бы выстроить всю регулярную сеть, используя частицы, замедленные выходным потенциальным барьером до той же начальной скорости. Трёх таких было бы достаточно для базиса при построении остальных пяти в кубе, если бы не отмеченная двузначность разложения по базису (рисунок 2.7). Ориентация спина частиц — по или против движения частицы — позволяет сделать нужный выбор. Однако даже слабое в масштабе одной ячейки излучение, не мешающее детектированию симметрии в ней, может разрушить регулярную сеть, накапливая ошибку в начальной скорости для последующих ячеек. Ведь даже на размере атома количество минимальных ячеек превышает 10^5.

Для преодоления этой трудности рассмотрим процедуру калибровки подробнее. Как было установлено, она заканчивается на радиусе порядка 10^{-16} см. На меньших расстояниях мы свободны ввести любое новое взаимодействие, не мешая тем детектированию симметрии. В частности, такое взаимодействие могло бы изменить заряд частицы. Если этот заряд вовсе станет равным нулю, то электромагнитное излучение исчезнет как раз в окрестности центра, где оно наиболее сильно, а то немногое, что ещё останется в ячейке, уже не повлияет существенно на калибровку даже в масштабе сети. А если вернуть заряд к началу следующей ячейки, то построение сети станет возможным если не практически, то хотя бы в принципе.

Вопрос о практическом осуществлении не существенен, когда имеется в виду предельная ситуация вроде наименьшего размера ячейки, ещё допускающего калибровку. Здесь речь идёт о принципиальной возможности, по существу, только о самом языке, отображающем постановку ЗоК. В макроскопическом и даже в атомном масштабе калибровка вполне осуществима, поскольку излучение там ничтожно. В макроскопических измерениях вообще не требуется изменение заряда, так как требуемое количество ячеек невелико, и поэтому можно непосредственно использовать прошедшие центр звезды тела в качестве затравки для последующих звёзд, а в атомном масштабе процессы перезарядки и обдирки (ионизации) обеспечивают нужное изменение заряда.

Но в предельной ситуации для калибровки необходима специальная частица с нулевым зарядом (нейтрино), осуществляющая связь между ячейками. Поскольку в последующих звёздах снова нужны заряженные частицы для детектирования симметрии, необходим и процесс возвращения заряда. Для этого вводятся "слепые" звезды, состоящие из нейтрино и антинейтрино, где в результате их аннигиляции образуются пары электрон/позитрон для участия в следующей звезде (рисунок 6.3). В слепых звёздах нейтральные частицы нельзя калибровать обычными фотонами, но в этом и нет необходимости, так как обнаружения соблюдающейся симметрии в последующей заряженной звезде достаточно, чтобы заключить, что и в промежуточной, слепой, она тоже соблюдалась.

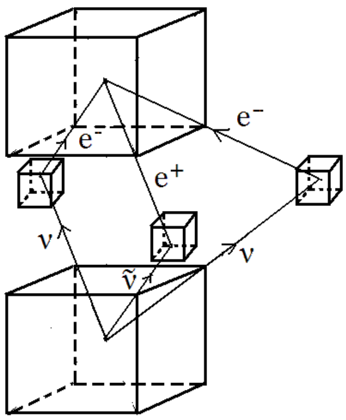

Рис. 6.3: Участок сети из кубических звёзд.

Для построения базы вторичной звезды требуется взять как минимум три траектории из предыдущих. При этом ещё нужно выбрать одну из двух зеркально симметричных. Для такого выбора можно использовать полученное в главе 4 представление спина схемой контактов. Действительно, любая из траекторий в кубе вместе с тремя своими соседними определяют все остальные однозначно, но было бы достаточно и двух соседних, если дополнительно задать некий порядок обхода строящейся тройки соседей, отличающий третью нужную траекторию от её зеркальной. Такой порядок как раз эквивалентен выбору одной из двух возможных проекций спина на направление движения частицы к центру звезды. Однако для однозначного построения вторичных звёзд по первичным необходимо транслировать правильную ориентацию спина сквозь все стадии этого построения. Для этого уже частицы первичной звезды должны иметь определённую (“левую”) ориентацию проекции спина, как говорят, быть левополяризованными, а сами нейтрино должны иметь тот же спин, сохраняя свою поляризацию при переходах. Кроме того, необходимо динамическое согласование звёзд: финальная скорость частицы при калибровке в первичной звезде должна переходить в начальную для вторичной.

Реализующее всё это *слабое* взаимодействие превращает электроны/позитроны в нейтрино/антинейтрино и обратно, тем образуя *дублет* слабого взаимодействия, поскольку его роль в калибровке требует лишь двух зарядовых состояний. Это взаимодействие должно быть короткодействующим — масштаба 10^{-16} см, чтобы не испортить саму калибровку погашением заряда в звезде. С другой стороны, оно действует в той же кубической симметрии и потому предстаёт как единое с электромагнитным “электрослабое” взаимодействие. Для его представления естественно использовать обоснованную выше сохранением отношений чисел осцилляций и общую для всех полей структуру волнового уравнения, но теперь уже с дополнительным членом (“потенциал Юкавы”), придающим короткий масштаб слабому взаимодействию. Однако потенциал Юкавы, хоть и экспоненциально мал по сравнению с электромагнитным, всё же простирается и в область калибровки заряда. Дабы не испортить саму калибровку, нужно ограничить сверху константу слабого взаимодействия — её эффективный “заряд” — по сравнению с электрическим. С одной стороны, переключение заряда и динамический эффект от слабого взаимодействия не должны настолько деформировать калибровку, чтобы на её минимальном радиусе внести помеху, большую одной осцилляции. С другой стороны, интенсивность слабого взаимодействия должна быть достаточной, чтобы заряд успел переключиться на столь малом расстоянии. Но во всяком случае, она должна быть порядка заряда электрона.*

До того радиуса, где в зоне слабого взаимодействия заряженной звезды происходит переключение заряда, динамика заряженной частицы (для краткости будем называть её электроном) определяется в среднем как слабым, так и электрическим потенциалами. После переключения действует только слабый потенциал, а электрический вновь возникает на некотором радиусе в слепой звезде при обратном переключении. Поскольку эффективные радиусы зон слабого

*Разумеется, все эти утверждения следует понимать в вероятностном смысле квантовой механики.

взаимодействия одинаковы для прямого переключения в заряженной звезде и обратного в нейтральной, полное изменение электрического потенциала определяется разностью обратных радиусов в точках прямого и обратного переключений, а тогда для слабого потенциала оно будет равно нулю. Для привлечения слабого взаимодействия также и к динамике перехода от финальной скорости в первичной звезде к начальной во вторичной его необходимо где-то выключить, а затем снова включить подобно электрическому. Казалось бы, согласование скоростей можно было поручить одному лишь электрическому потенциалу. Однако в процесс перехода вмешивается аннигиляция пар электрон-позитрон в пары фотонов, и вероятность такого электромагнитного процесса, разрушающего переключение заряда, следует по возможности ослабить ввиду того, что вероятность образования нейтрино при электрон-позитронном столкновении очень мала из-за малого радиуса зоны слабого взаимодействия. Эффективное сечение аннигиляции пропорционально γ^{-2}, тогда как для переключения заряда сечение пропорционально γ^2 согласно общим свойствам допустимых полей. Поэтому в первичной звезде слабая сила должна вместе с электрической ускорять электроны, а в слепой соответственно замедлять, чтобы на выходе получить нужное значение скорости электрона для его участия во вторичной звезде.

Выключение и включение силы эквивалентно появлению промежуточной частицы, связывающей оба события. Частица рождается при выключении силы и распадается при последующем её включении. Для малого радиуса слабого взаимодействия, такая частица должна иметь соответственно большую массу, которой пропорционален показатель экспоненты в потенциале Юкавы. При характерных энергиях частиц в звёздах — γ менее 10^2 — промежуточная частица в них может быть только виртуальной. Правильная трансляция спинов нейтрино между их рождением и уничтожением требует равного единице спина у этих тяжёлых частиц-бозонов. Остаётся ещё свобода в выборе радиусов, на которых заряд переключается. Они могут быть выбраны из условия максимальности скорости в момент переключения для уменьшения вредной для калибровки аннигиляции.

Различное поведение лево- и правополяризованных частиц при слабом взаимодействии называют нарушением его чётности. При этом имеет место так называемая CP-инвариантность: из-за противоположных позиций в кубической звезде поляризация связана с зарядом таким образом, что действие слабой силы одинаково для левополяризованных электронов и правополяризованных позитронов, обращая первые в нейтрино, а вторые в антинейтрино.

Те левополяризованные электроны первичной звезды, которые не превратились в нейтрино, проходят её центр и, потеряв хотя бы малую часть своей энергии излучением, не смогут преодолеть выходной потенциальный барьер и вернутся в центр, соответственно поменяв ориентацию. Здесь они уже не смогут потерять заряд, пройдут дальше, вновь отразятся и теперь будут способны породить нейтрино. Но для этого нужно, чтобы и противоположные им позитроны совершили подобный маневр, а вероятность такого события мала: она равна произведению вероятностей этих обоих и без того малых. И даже если такое случится, то их нейтрино запоздают по сравнению с прямыми и потому не образуют вторичную звезду с двумя другими, имевшими нормальные переходы.

Остаётся рассмотреть судьбу правополяризованных электронов (если в первичной звезде электроны неполяризованы). Они не порождают нейтрино, но опять-таки, отразившись выходным потенциальным барьером, вернутся левополяризованными и вместе с аналогичными позитронами могут подмешать ложные нейтрино к нормальным антинейтрино от исходных позитронов. Такой процесс можно ещё больше подавить, придав слабому взаимодействию дополнительную способность тормозить правополяризованные электроны, тем усиливая их аннигиляцию даже и с нормальными — правополяризованными первичными позитронами.

Теперь уже можно определить величину константы слабого взаимодействия её отношением к заряду электрона; принято характеризовать эту величину “углом слабого взаимодействия” θ_w. Рассмотренные условия перехода дают оценку $\sin\theta_\mathrm{w} \sim 0.5$ в согласии с известным из опыта значением.

Симметричная кубическая звезда обеспечивает идеальную калибровку заряда последовательным переносом его вдоль сети. Однако в отдельной звезде-ячейке ещё возможно “симулировать” симметрию, подменяя часть частиц так, чтобы счёт осцилляций фотонов “не заметил” подмены. Можно изменить массу частиц одной или двух диагоналей куба, соответственно подобрав их начальные скорости и радиусы. Если массы таких частиц достаточно велики, а заряды те же, то остальные электроны и позитроны будут слабо влиять на их движение, и эти “ложные” частицы могут достигнуть зоны слабого взаимодействия одновременно с электронами. Обратное воздействие ложных частиц на электроны может быть малым вдали от центра, где набиралась бы основная часть разницы в числах фотонных осцилляций между тетраэдрами при нарушении симметрии.

При достаточно большой массе ложных частиц их ускорение и излучение могут быть относительно малы, и они могли бы переходить в сети от одной ячейки к другой без необходимости погашения заряда — в отличие от электронов. Может быть, такие комбинации всё же могут при каких-то частных исходных данных выдерживать контроль симметрии в отдельной ячейке счётом осцилляций. А если такое возможно, то можно ли ещё и выстроить всю регулярную сеть из таких ячеек?

Ответы на эти вопросы требуют решения довольно громоздкой полной системы уравнений движения с учётом излучения. Мы ограничимся оценками в следующих предположениях. Во-первых, будем искать траектории ложных частиц без учёта их излучения и только потом из этих траекторий найдём их излучённую энергию по классической формуле, так как это справедливо при малом классическом радиусе тяжёлой частицы. Во-вторых, интересуясь движением тяжёлых частиц, будем описывать воздействие электронов на них усреднённым “фоном”, проверяя затем допустимость такого предположения варьированием фона в некоторых пределах. В-третьих, будем искать численное решение при тех же начальных данных для электронов, что и в их собственной звезде. Используя конечное значение скорости частицы в центре как начальное данное для следующей ячейки, будем следить за её судьбой в сети.

Полная симметрия куба допускает две подсимметрии. В первой из них одна из диагоналей заменена ложной парой из частицы и её античастицы, а во второй — две диагонали такие. Других подсимметрий в кубе нет, так как следующая замена просто возвращает к первой, но с радиусом большим предельного.

При первой подсимметрии траектория ложной частицы — по-прежнему прямая линия, а три пары электронов/позитронов движутся хотя и по искривлённым траекториям, но одинаковым в своих плоскостях, пересекающихся по оси движения ложной частицы. В численном расчёте оказалось, что при некотором значении массы ложной частицы, конечные значения её радиуса и скорости хотя и несколько отличаются от электронных, но уже в следующей ячейке они возвращаются к своему исходному значению, и этот цикл неограниченно повторяется в пределах точности расчёта (10^{-6}). При других значениях массы образование сети невозможно. В таком равновесном цикле масса ложной частицы близка к массе тау-мезона. Излучение мало, и оно не сдвигает это значение в пределах точности расчёта.

Во второй подсимметрии две пары ложных частиц и две пары электронного семейства движутся каждая в своей плоскости. Плоскости пересекаются под прямым углом, и в каждой из них частицы двигаются по различно искривлённым траекториям, но в каждой — симметрично по отношению к центру. Численный расчёт также показывает существование неограниченно воспроизводящихся циклов, но теперь состоящих не из двух, а из четырёх ячеек. Для равновесной массы найдено значение, примерно равное массе пи-мезона. Однако на этот раз расчёт далеко не так надёжен, как для первой подсимметрии, так как из-за искривления траектории и меньшей массы ложной частицы ролью её излучения уже нельзя пренебречь. Поэтому результат определяет лишь грубую верхнюю границу массы мезона. Однако ввиду большого различия в отношениях масс мезонов к массе электрона и между собой, результаты расчёта достаточно надёжны как объяснение причины существования семейств лептонов, так и величин их масс. Оба этих мезона должны иметь и свои нейтрино во избежание ложных перекрёстных превращений.

Добавление “крыш” к граням куба дополняет эту звезду до предельно богатой траекториями в трёхмерной геометрии правильной сферы-звезды — додекаэдра с его двадцатью вершинами. Новые двенадцать вершин образуют систему шести диполей, расположенных под прямыми углами друг к другу. Не являясь правильным многогранником, эта система, рассматриваемая как самостоятельная звезда, всё же обладает собственным, независимым от дополняемого куба состоянием равновесия: прохождения всех траекторий точно через центр. Однако в отличие от правильной звезды, сохраняющей равновесие при движении частиц к центру для любого закона изменения потенциала взаимодействия с расстоянием, система шести диполей сохраняет его только при потенциале, увеличивающемся как квадрат расстояния. Это обстоятельство отнюдь не специфично для такой именно системы. Оно справедливо для любой звезды, у которой при равных зарядах равна нулю сумма векторов положений частиц. Но в данном случае важно то, что после удаления правильной структуры — куба — из тоже правильной структуры — додекаэдра — нечто способное к сохранению равновесия ещё остаётся хоть при какой-то форме потенциала. Разумеется, это должен быть потенциал притяжения, а иначе частицы не достигнут центра.

Квадратично растущий потенциал имеет свойства, присущие *сильному* взаимодействию, а именно, удержание и асимптотическую свободу. Первое из них препятствует взаимным притяжением вылету из звезды частиц, составляющих систему. Их называют кварками. В силу второго, траектории в окрестности центра ведут себя почти как свободные, т.е. измерительные.

Как и при рассмотрении слабых взаимодействий, здесь следует прежде всего озаботиться тем, чтобы система шести диполей не мешала измерениям в кубе. Влияние сильного взаимодействия на частицы куба устраняется просто требованием, чтобы лептоны вообще его не чувствовали. Однако собственная структура системы диполей ещё не определяет полную симметрию додекаэдра. Во-первых, нужно как-то определить угловое положение этой системы относительно куба посредством счёта фотонных осцилляций. Во-вторых, взаимные угловые положения самих кварков тоже не полностью фиксируются одним лишь условием постоянства их конфигурации, которое не нарушается при деформациях системы диполей, оставляющих противоположные кварки на одной проходящей через середину диполя прямой.

Фиксация угловых положений кварков как по отношению к базовому кубу, так и между собой посредством счёта осцилляций обычных электромагнитных фотонов требует наличия у кварков электрического заряда. Никакое распределение электрического заряда между кварками не может полностью устранить производимое ими нарушение симметрии в кубе. Также невозможно совершенно скомпенсировать и обратное электромагнитное воздействие лептонов на кварки. Однако при определённых условиях такие возмущения внутри звезды оказываются малыми. А измерение чисел осцилляций можно вынести за пределы индивидуальной звезды, используя регулярность полной сети (см. ниже — рис. 6.4 и его обсуждение).

Попробуем выстроить регулярную сеть из звёзд-додекаэдров. Сеть из кубов у нас уже есть (рис. 6.3). Нужно пристроить к ней переходы, соединяющие системы шести диполей. Но ведь это запрещено удержанием кварков в звезде растущим сильным притяжением. Значит, начиная с некоторого расстояния между кварками, квадратичному закону нарастающего потенциала следует ослабиться. Тогда единая система из двенадцати кварков могла бы распасться на шесть диполей, так как расстояние между кварками в диполе меньше, чем расстояния от них до других кварков в системе. При надлежащем выборе величины и закона притяжения можно добиться того, чтобы каждый диполь оказался в связанном квантовом состоянии с наименьшей энергией, тогда как связанные состояния его кварков с другими были невозможны. Необходимое для этого подавление сильного поля на больших расстояниях интерпретируется как взаимная компенсация сильного заряда вне диполя, а потому диполь должен состоять из кварка и антикварка, как это имеет место и на диагоналях системы из двенадцати кварков в самом додекаэдре. Связанные состояния из кварков и антикварков называют π-мезонами. Эти подсистемы полной системы диполей и должны связать поколения звёзд в общей сети (рис. 6.4).

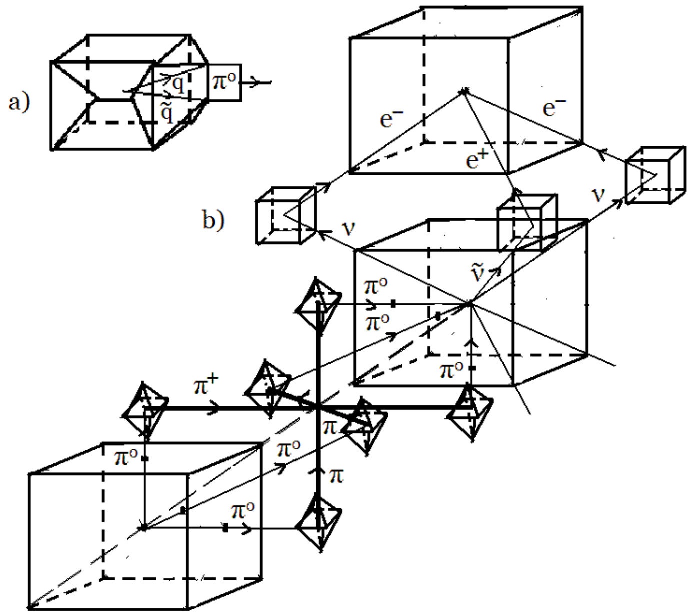

Рис. 6.4: a) Образование π-мезона из кварка и антикварка. b) Переходы между звёздами посредством π-мезонов в полной регулярной сети.

Для устранения влияния заряженных кварков на измерения в кубе их слияние в мезоны следует завершить в пределах той окрестности центра, где дисбаланс тетраэдров уже не может накопиться на одну осцилляцию фотона. В основной зоне накопления дисбаланса мезон должен быть электрически нейтральным (π^0). С другой стороны, сильное взаимодействие не должно нарушать и слабое. Для этого характерный размер сильного взаимодействия должен иметь порядок 10^{-15} см.

Далее π^0-мезоны преобразуются во вспомогательных октаэдрах в заряженные $\pi^{\pm}$-мезоны, чтобы можно было проверить симметрию с помощью электромагнитных фотонов. Как угловые положения мезонов относительно кубов, так и их собственные ориентации проверяются счётом отношений чисел осцилляций в точке пересечения траекторий заряженных мезонов. Эти отношения должны быть равны единице. Кроме отклонения от этого условия, симметрия ещё может нарушиться при распаде тройного контакта на два простых, и тогда некоторые из таких отношений станут бесконечными. Практически асимметрия устанавливается при разнице отношений на одну осцилляцию в пределах зоны сильного взаимодействия. Суммарные длины трёхзвенных траекторий мезонов всегда можно подобрать так, чтобы в последующем додекаэдре центр достигался всеми частицами одномоментно.

И снова оказывается, что эта задача невыполнима в точности. В нейтральном как целое октаэдре нет равновесного распределения его шести зарядов. Приблизительное равновесие, определяемое как прохождение всех траекторий на расстоянии от центра меньшее границы зоны самого короткодействующего — слабого — взаимодействия, возможно получить только увеличивая массы частиц. В частности, именно это взаимодействие контролирует обмен электрическими зарядами в кварках при превращениях нейтральных мезонов в заряженные и обратно. Оценка отклонения π-мезонов в октаэдре от центра в пределах зоны слабого взаимодействия даёт для их массы значение порядка 200 масс электрона.

На рисунке 6.4 траектории мезонов для калибровки сильного заряда имеют уже не два как у куба, а три колена, а стало быть возможны три переключения этого заряда, образуя его *триплет*. По этому сходству для обозначения этих зарядовых состояний используются термины базовых для нашего зрения цветов: красный, зелёный и синий. Обмен цветами между кварками реализуется в точке тройного контакта заряженных π-мезонов. В этих терминах требуемое замедление роста сильного потенциала на больших расстояниях можно трактовать как взаимную компенсацию, например, красного кварка и его антикрасного партнёра, связанных в π-мезоне.

Располагая значениями масштаба сильного взаимодействия и массы π-мезона, можно оценить массу составляющих его кварков самого лёгкого семейства, ограничиваясь анализом нормального состояния полной системы из шести диполей вблизи центра звезды и связанных состояний вдали от него. В промежутке между этими состояниями потенциал взаимодействия должен изменяться таким образом, чтобы обеспечить правильное расположение системы.

Из условия распада звезды на отдельные мезоны найдётся граничная величина и структура потенциала, отвечающая первому квантовому уровню. Используя найденное значение коэффициента квадратичного потенциала вблизи центра, определяется сила, ускоряющая кварки к центру. Поперечной компоненты у этой силы нет, так как равновесие безразлично к повороту пар кварк-антикварк вокруг центра. Напротив, для электрического поля только поперечная компонента и существенна, а продольной можно пренебречь по сравнению с сильным полем. Отсюда следует оценка "промаха" кварка относительно центра, и его масса определится условием, чтобы он не превышал характерного размера слабого взаимодействия. В простейшей модели с потенциалом, скачком меняющимся на границе зоны сильного потенциала с квадратично растущего на прямоугольную яму, эта масса примерно в 10 раз превышает массу электрона, что довольно близко к известному значению.

Но ведь ускоряющиеся сильным потенциалом электрически заряженные кварки должны терять при столь большом ускорении энергию на излучение. А тогда, как это уже было и в кубе, им не преодолеть с заметной вероятностью потенциальный барьер на выходе из звезды, а потому и система диполей не сможет распасться на отдельные мезоны. Однако сильное взаимодействие тоже должно излучать свои "фотоны", и такое излучение должно быть много сильнее электромагнитного из-за большой величины сильного заряда. Но тогда и торможение таким излучением будет велико, а потому остаточное ускорение мало, подавляя электромагнитное излучение. Самим квантам сильного взаимодействия, *глюонам*, запрещено покидать зону сильного взаимодействия, иначе оно уже не будет короткодействующим, тем нарушая базовую калибровку электрического заряда. Глюоны же вернут энергию вылетающим при распаде звезды кваркам.

Регулярная сеть из полных ячеек с симметрией додекаэдра исчерпывает набор возможных взаимодействий. В конечном счёте, эти взаимодействия связаны между собой процедурой калибровки электрического заряда и обусловлены совместимостью с ней. Внутренние для ЗоК конструкции траекторий посредством контактов определяют воздействия, которые мы способны выделить из природы, различить и понять, на что нам следует обратить внимание для эффективных предсказаний. Что же касается гравитации, то она в действительности и не взаимодействие вовсе, а общая геометрическая структура свободных траекторий.

Часть вторая. Зачем

> Тут нам истопник и открыл глаза.
>
> А. А. Галич

> Ответ на вопрос, на который философия не имеет ответа, состоит в том, что вопрос должен быть поставлен иначе.
>
> Г. Гегель

Глава 7. Воспроизводимость

> Подобно обычному знанию, в обращении с вещами наука интересуется только аспектом *повторяемости.* Каким бы оригинальным ни было целое, наука всегда умудряется разложить его на составные элементы или аспекты, которые приблизительно воспроизводят прошлое.
>
> А. Бергсон, *Творческая эволюция*

Требование универсальной воспроизводимости всех конструкций — главное в Методе. Для этого составляющие теорию умозрительные построения обязаны удовлетворять условию однозначности, недвусмысленности. В свою очередь и результат эксперимента признаётся удовлетворительным только тогда, когда он даёт однозначное утверждение, выдерживающее проверку всюду и всегда. Для этого в самой постановке эксперимента следует обеспечить *чистые* условия, и достижение результата, свободного от неучтённых, привнесённых случайными обстоятельствами факторов, — главнейшая забота экспериментатора. Опыт — это совсем не то, что опытность!

Рассмотренные в предыдущих главах конструкции годятся пользователю ("истопнику") только как рамки Метода, как основа систематического подхода. Сами по себе они ещё не дают собственно предсказания, всё ещё требуя знания внешнего воздействия вплоть до конечного контакта. Они формальны и потому бесполезны для непосредственного употребления. Это является свойством всех вообще мысленных (например, математических) построений. Так, разложения функции в бесконечные функциональные ряды сами по себе ничего не дают, поскольку задание всех коэффициентов ряда эквивалентно заданию исходной функции. Только ограничение точности (при подходящей сходимости ряда) придаёт конструкции смысл, позволяя учитывать лишь конечное число членов разложения. Точно так же реальная физика состоит из частных случаев, таких как поле точечного заряда, колебания, столкновения и т.п. Во всех таких случаях внешнее воздействие заранее задано всюду. А собственно Метод полезен как общее направление мысли.

В отличие от простой воспроизводимости, лежащей в основании всякой опытности, для универсальной и однозначной воспроизводимости требуется создание, как правило, достаточно искусственных условий эксперимента, если он относится к базовым понятиям и конструкциям Метода. А для того, чтобы в реальной жизни хоть как-то пользоваться результатами подобного исследования, сам вопрос, на который эксперимент призван ответить, должен быть поставлен достаточно примитивно. Но даже и тогда накладываемые требованием однозначности ограничения на постановку опыта столь жёстки, что обычно только тщательно сконструированные устройства, построенные из разнообразных и по большей части неповторимых в точности элементов Природы, способны их выдержать. Однако как ни беден набор подходящих конструкций, он всё же служит основой для всей нашей технологии как раз из-за возможности неограниченного повторения и комбинирования простых и стандартных операций, каждая из которых скрупулёзно опробована в соответствующем эксперименте.

Неудивительно поэтому (хотя неоднократно и являлось предметом дискуссий) то, ставшее обычным обстоятельство, что и почти любые математические построения, возникшие первоначально как чисто умозрительные, рано или поздно находят применения в теориях Метода. Ведь они строятся на *тех же самых* условиях однозначности. Как эксперимент зависим от априорных понятий (Эйнштейн: "Нельзя измерить скорость света, не имея уже готового понятия скорости"), так и теория отвергает любую двусмысленность. Как физика изучает то, что "есть", то есть то, что мы хотим и способны различить в Мире, так и математика исследует: а что же может быть, что же мы способны себе представить.

Из первой части этой книги по существу вытекает, что требование абсолютной воспроизводимости настолько обедняет язык Метода, ужимая слова до уровня терминов, что всё, что на нём можно ещё выразить, непременно найдётся в запасе у Природы. Отсюда следует, что вообще-то и результаты экспериментов могут быть обусловлены самим языком Метода, а потому изначально предсказуемы. В сущности, эксперименты по фундаментальным вопросам и вовсе не нужны при достаточной изощрённости рассуждения (в отличие от практических, хотя бы и важнейших, как например вопрос об устройстве и функционировании *нашего* Солнца). Как это ни покажется парадоксальным, все фундаментальные структуры Метода можно было бы "высосать из пальца" — если сосать умело и интенсивно, и нет никакой надобности в их проверке экспериментов. Теории и принципы, созданные "вослед", то есть объясняющие "неожиданные" новые результаты опытов, возникают как раз из-за того, что раньше думали недостаточно. Так, птолемеевы эпициклы — это ведь тоже теория, и держалась долго, вплоть до Коперника.

"Уже основное положение, развитое на протяжении этого пункта, о том, что всеобщие законы природы могут быть отчётливо установлены априорно, естественно ведёт к предположению, что наивысшее упорядочивание природы должно принадлежать нам самим, т.е. нашему разуму, и что мы не должны искать законы природы в опыте, но, напротив, должны искать саму природу, в отношении её универсального соответствия закону, в условиях возможности опыта, которые лежат в нашем восприятии и в нашем разуме. Ибо как же иначе возможно априорное формулирование этих законов, которые не суть правила аналитического умозаключения, а действительное синтетическое расширение его? Столь обязательное согласие принципов возможного опыта с законами самой возможности природы может возникнуть вследствие одного из двух начал: либо эти законы выводятся из природы с помощью опытов, или, напротив, природа выводится из законов возможности опыта вообще, и тогда она не более чем просто универсальное соответствие последней. Первое противоречиво, поскольку всеобщие законы природы могут и должны быть известны априори (то есть, независимо от любых опытов), и являться обоснованием всего употребления разума в опыте; остаётся поэтому последняя альтернатива." (Кант, *Предварение к любой будущей метафизике.*)

Ведь когда однозначной воспроизводимости достичь не удаётся, мы просто говорим с неодобрением, что это — не наука, потому что не годится для ожидаемых приложений. Но ведь здесь ясно просматривается *воспитание* в духе отрицания как несущественного всего того, что неподвластно Методу, а отсюда и убеждение в том, что все, стоящее внимания, непременно когда-нибудь будет "объяснено" наукой.

Распространённое представление об *объективности* Метода должно отражать его независимость от *частной* точки зрения. Однако эта последняя важна в приложениях. Представим себе неровную и шероховатую поверхность. Пусть она будет рельефом какой-то местности. Великана, подошвы которого много больше самых высоких гор, рельеф интересует лишь в отношении трения — не поскользнуться бы; карлику важен ближайший перевал — как взобраться; пилота интересуют высочайшие пики, а подверженный укачиванию обратит особое внимание на периодичность профиля. Кто же из них видит "истинную" поверхность? Могут сказать, что существует объективное описание поверхности как функции двух переменных, и каждый может из нее извлечь то, что его интересует. Но откуда возьмётся такая функция на практике? Ведь всякое измерение имеет свою точность, и разве станет великан обмерять каждую горку, а укачиваемый — гармоники структуры? Каждый из них имеет дело с той же поверхностью. Каждый выявляет какие-то её черты в зависимости от его метода анализа. Эти черты просто не проявились бы как при ином профиле, так и при ином методе. Поэтому нет смысла утверждать, что поверхность "объективно" имеет те или иные свойства. Она их только *допускает*. Во всяком рассуждении о пиках и впадинах незримо присутствует априорная готовность их искать, выделить из бесконечного разнообразия черт, *обращать внимание* на них. С другой стороны, эта поверхность не есть что-то аморфное, такое, что любой анализ, подобно трафарету, выявит в ней все, что угодно. Наша поверхность — это *единичный* объект и потому сама по себе она не подчинена каким-либо общим правилам.

Точно так же и Мир, как целое, единичен и таков, каков он есть. В теоретических конструкциях бывает удобно вводить разные миры так, чтобы некоторый их класс содержал наш Мир как элемент. Но такого рода схем бесконечно много, и они могут иметь ценность лишь постольку, поскольку позволяют высветить отдельные черты нашего единственного. По той же причине нельзя "объективно" считать Мир ни меняющимся, ни неизменным. Вернувшись к упомянутой поверхности как модели Мира, допустим, например, что её профиль меняется со временем. Как это изменение не то, что измерить, но хотя бы обнаружить? Внешнюю линейку приложить нельзя, потому что для Мира ничего внешнего нет. На сравнение между собой различных частей требуется время, за которое как Мир, так и линейка могут измениться. Как же отделить изменение от измерения? Зависит от *заданной исходной позицией* точности. Приемлемая точность определяется предполагаемым применением решения, но сам факт существования каждый раз конечной точности — это неотделимое свойство Метода, обусловленное самим выделением частной ситуации из Мира как целого.

Основная *аксиома* ЗоК требует, чтобы представление о конечном контакте было ясным для пользователя до его обращения к Методу за рекомендациями. Он должен сперва определить для себя, что именно означает для него осуществление или неосуществление этого контакта. Напомним, что Метод базируется именно на аксиомах, а не на гипотезах. Его содержание — мысленные схемы, обеспечивающие однозначную рекомендацию, коль скоро удалось привести в соответствие исходные понятия Метода с практическими обстоятельствами подобно тому, как обычно подбирается инструмент для требуемой операции. В самом Методе не делается предположений об "устройстве Природы", и каждый раз нужно спросить у пользователя о том, отвечает ли данная аксиома его цели, чтобы предлагать подходящее решение в рамках Метода как рекомендацию к действию.

В этом и только в этом отношении ставится в Методе вопрос о причине и следствии. Следствие — это то, что представляет интерес само по себе, тогда как причина интересна лишь постольку, поскольку она способна вызвать данное следствие. Следствие определяется пользователем внешним по отношению к задаче образом, а его причины исследуются уже внутри задачи и только в этом отношении. Следствие может иметь разные причины, как и причина — ряд следствий, но сама реализация причинно-следственной связи — внутри Метода.

Как мы определили ЗоК в самом начале, речь всегда идет именно о контакте, а не о неопределённом "событии вообще" как о точке в уже готовом пространстве-времени. Пространство-время с его точками и свойствами само, как мы установили, определяется потребностями ЗоК. Взамен нужно заранее знать, что такое тела, участвующие в контактах. Основная аксиома как раз и состоит в том, что это пользователю известно, что он представляет себе последствия контакта и *определяет* тело как то, что в нём участвует. Это отнюдь не всегда получается: облако движется по траектории и должно заслонить солнце (конечный контакт), но оно расплывается или тает. Во многих случаях даже эксперимент нужен именно для того, чтобы узнать, представляет ли интерес та или иная аксиома в данной ситуации. Широкое применение ЗоК обусловлено гарантированностью предсказания, коль скоро проблему удаётся свести к ней. Что может быть общего между далёкой звездой и кошкой на крыше? Общее — в постановке задачи: если звезды не видно за кошкой, то это — для ЗоК.

В абсолютном смысле ни тел, ни их контактов, ни траекторий — ничего такого вообще не бывает. Каждый раз необходимо изолировать нечто от участия всего во всем и от воздействия всего на все. У тел имеются разнообразные поля, проникающие в другие тела; тело может как-то изменяться при движении, считаясь, однако, тем же для данной проблемы, да и само понятие движения не всегда имеет один и тот же смысл. Иногда полезно, например, движение по орбите считать состоянием покоя, а только переход на другую орбиту — движением. Мир един, и он есть единственная "вещь", обладающая абсолютной и полной реальностью. Выделение же данного тела из Мира достигается только пренебрежением бесконечным множеством "несущественных" связей и влияний. Так, обозначение различных гор одним и тем же словом "гора" предполагает некоторое действие в отношении того, что так обозначается, — несмотря на всевозможные различия между горами. Это не значит, что данная гора не существует объективно, независимо от восприятия субъектом. Это значит, что без намерения как-то использовать своё обозначение, он может просто не заметить эту гору, ему "не интересно". Как говорят: три волоса на голове — слишком мало, а три волоса в супе — слишком много. Что существенно, а что нет, даже если речь идёт о многих порядках той или иной величины, каждый раз определяется конкретной проблемой. Как мала должна быть высота, чтобы ещё не считаться горой? Целостность Мира состоит как раз в отсутствии меры этой самой несущественности. Само представление о контакте — это лишь один из "входных" приёмов, предлагаемых в ЗоК пользователю как возможный инструмент для достижения его цели, как *операционное* понятие — эквивалент *бита информации*: есть контакт или его нет. В этом смысле контакт всегда точечный, даже если участвующие в нем тела имеют конечные размеры. Контакт не есть нечто, подсмотренное в Природе, а лишь рекомендация для подхода к проблеме: какого рода ситуациям следует в первую очередь уделить внимание. Как и все дальнейшие конструкции в ЗоК, контакты предлагается выделить для получения эффективных предсказаний методами ЗоК. Так, столкновение заряженных тел и их движение во внешнем поле, по существу, процессы одной природы: при столкновении тоже происходит движение составляющих тело атомов, деформирующее тело, тем изменяя его внутренние электромагнитные поля. Но мы искусственно отделяем перемещение тела как целого от его изменения при ударе, тем сужая круг допустимых к анализу ситуаций взамен на эффективность предсказаний.

В таком — информационном — смысле, в первом законе Ньютона даётся *определение* свободного движения как однозначно фиксируемого любой парой его точек. Во втором его законе определяются локальные переходы между такими траекториями, позволяющие в совокупности достичь в будущем уже другой точки пространства-времени из данной начальной. А в третьем ограничивается круг допустимых в теории воздействий только силами, которые сохраняют движение тела как целого независимо от внутренних сил, удерживающих его от распада, тем обеспечивая описание движения тела как целого, свободное от того, что делается внутри его. Схема замкнута для достаточно гладких (возможно — кусочно гладких) траекторий, когда в сопутствующих операциях математического анализа можно пренебречь членами уже второго порядка, последовательно продвигаясь от точки к точке.*

Отсутствие в схеме предельной скорости вынуждает введение внешнего измерения времени отдельным прибором — часами. В теории относительности такая необходимость поколеблена именно из-за постулированного существования верхнего предела скорости (не обязательно одного и того же в разных точках). Схемы контактов, которые использовались в первой части — изначально релятивистские по самой логике операций, а потому и не возникло надобности ни в стержнях, ни в синхронизируемых часах (даже в виде аффинного параметра). В понятиях канонической версии отвечающие таким схемам измерительные процедуры приводят к универсальной константе — максимальной скорости (света). Аналогично, минимально возможное возмущение движения измерением порождает другую универсальную константу — постоянную Планка. Сходство структур теории относительности и квантовой механики, вытекающее из их происхождения из анализа измерительных процедур, неоднократно отмечалось (в частности, Бором). Вообще любая универсальная константа возникает в соответствующей измерительной процедуре либо на её экстремумах, либо на её скачках. В схемах ЗоК такие константы заменяются на адекватные соотношения чисел осцилляций. Например, дискретность электрического заряда непосредственно вытекает из его калибровки, если её проводить без ко-

*На практике многие бедствия происходят именно от такого пренебрежения, когда последовательность “обоснованных” промежуточных шагов даёт печальный результат.

ординат, стержней и часов, а непосредственно “поверяя движение движением” (глава 6).

Общепризнанные успехи основанной на Методе технологии вызвали ощущение его всемогущества, его способности всё “объяснить”, ответив на все “разумные” вопросы. Сложные системы, построенные по правилам, вытекающим из комбинаций простых операций Метода, демонстрируют его эффективность. Вместе с тем возникает вопрос о пределе возможностей Метода, поскольку давление успехов в некотором направлении имеет тенденцию подавить развитие альтернативных решений, а тем более — постановку свежих непривычных вопросов. Примером может служить искусственное создание живого организма. На некотором уровне технологии такое кажется возможным. По крайней мере, не видно категорических запретов, поскольку когерентность единого квантового состояния всей созданной системы убывает с ее сложностью и размером. Поэтому индивидуальный процесс можно многократно повторить с любой заданной степенью точности воспроизводимыми операциями Метода, так получив идентичные копии. Подчеркнём: не просто организмы с априори заданными “желаемыми” свойствами общего характера, а полностью идентичные, совершенно одинаково реагирующие на всё вообще. Можно ли считать их действительно живыми? Как, например, они — тождественные — будут общаться между собой? А ведь если обнаружится малейшее различие, то это будет означать вмешательство чего-то помимо Метода. А когда возникающее впоследствии различие во внешних обстоятельствах разрушит их идентичность; должен ли Метод учитывать и эти обстоятельства? Но тогда уже и весь Мир надо контролировать.

Сам по себе процесс построения столь сложных систем изнутри Метода простым мултиплицированием его операций совершенно произволен и может лишь случайно дать сколь-нибудь интересный для пользователя результат. Как правило, необходимо предварительное описание желаемого во *внешних* по отношению к Методу терминах, и только потом можно согласовывать (если удастся) желаемое с собственными определениями Метода и подстраивать его структуры под эту конкретную задачу. При этом сама мысленная схема ЗоК как схема перехода из одного состояния в другое пригодна независимо от того, что именно понимается под состояниями, лишь бы для данного применения имело смысл выделить ситуацию, подходящую под понятие конечного контакта в том смысле, что она отвечает внешним образом определённой цели. В качестве таковой может фигурировать как столкновение, так и иной переход из одного состояния движения в другое и т.д. Сама мысленная схема остаётся той же, но её наполнение — изоляция имеющихся в Мире явлений — каждый раз представляет собой практическую проблему. Схемы ЗоК рекомендуются к применению в качестве языка благодаря свойственным им однозначным предсказаниям. Точно так же пользование числами не предполагает, что именно считать; от языка чисел требуется только недвусмысленная воспроизводимость — без оттенков. Такое не всегда возможно, например, внутри столь горячей среды, где невозможно выделить устойчивые образования. Правда, там нет и пользователя, а стало быть, и нужды в Методе.

При описании Метода мы ограничились только одним из существующих способов реализации воспроизводимости — языком схем контактов. Такие схемы принадлежат той области знания, которую называют физикой. Для того, чтобы получить представление о месте Метода в цивилизации вообще, полезно хотя бы бегло очертить и другие способы достижения полной или частичной воспроизводимости, дабы не создалось впечатления о всеобщем доминировании физики. Ведь не обязательно всегда избегать контакта с коброй; можно ещё выработать иммунитет к её яду или приручить её.

Сама тенденция представления практической ситуации в виде комбинации более простых элементов, из которых она "состоит", характерна не только для ЗоК с её разложением на отдельные контакты. Воспроизводимость достигается, например, в системах письменности или устной передачи информации, где элементами разложения служат знаки или звуки, а вовсе не атомы, из которых таковые состоят. Текст, написанный разными шрифтами или произнесённый вслух, — это ведь тот же самый текст, сколь бы ни была различной его физическая реализация.

В отличие от ЗоК, где стремятся к классификации объектов изучения на основании минимально возможной информации, в иных областях знания часто стремятся как раз к противоположному — к обнаружению мельчайших индивидуальных признаков. Таковы употребительные методы в биологии, археологии, истории или искусстве. Даже в такой близкой, казалось бы, к ЗоК области, как исследование цветного зрения, где первичные данные представлены монохроматическими волнами, и теория, и эксперимент строятся не со сведением операций до уровня ЗоК, а с прямым обращением к восприятию (слияние полуполей, освещённых различными спектральными комбинациями). Воспроизводимость как таковая призвана предвидеть на основании прошлого опыта. Узко специализированный способ предсказания с использованием элементарных схем ЗоК предполагает строго одинаковое понимание всеми пользователями всех операций Метода. Однако на практике не меньшее значение имеет и информация, прямо обращённая к личности её воспринимающего. Таковы сообщения на племенных языках с их намёками и недоговорённостями, непонятные чужим. Таковы произведения искусства, различно воспринимаемые разными людьми и намеренно нацеленные на индивидуальный отклик. Эти очевидные соображения мы привели исключительно для "указания Методу своего места" в цивилизации.

Глава 8. Свет угасших звёзд

> Простите, есть блаженство: свысока
> Проникнув духом в прошлые века,
> Узнать, что то, что мыслил лишь мудрец
> Счастливо превзошли мы наконец.
>
> И. В. Гёте, *Фауст*

Специфически ориентированные извлечения из отдельных (выбранных по предпочтениям автора) произведений, составляющие содержание этой главы, имеют единственной целью указать на примеры из прошлого того образа мыслей, который инициировал предпринятый в этой книге анализ. Автор надеется, что внутренняя логика предыдущего изложения убедительна сама по себе. Всё же любой отличный от канонического подход внушает подозрение, создавая ощущение неожиданности, отсутствия предшественников. Между тем часто их даже малоизвестные в последующих поколениях конкретные идеи создают, тем не менее, некий общий интеллектуальный фон, влияющий на само направление размышлений. Обнаружить эту, пусть и скрытую поддержку из прошлого полезно не только для того, чтобы отдать должное предшественникам, но и для того, чтобы связать достаточно, как мы видели, узко ориентированный Метод с идеями и течениями за его пределами и в других областях знания.

Популярнейший вопрос о материалистическом или идеалистическом восприятии Мира — "что первично, а что вторично", — служивший издавна водоразделом для философских течений, относится по существу не столько к собственно Миру, сколько к вещам, составляющих его "самоочевидным образом". Эта самоочевидность была существенно поколеблена открытиями физики в XIX веке с появлением полевой — электромагнетизма — и, в XX веке, квантовой теорий. Неограниченно простирающиеся даже в связанных состояниях волновые функции образуют, пересекаясь, единую всеобщую структуру. На сколько порядков величины ни уменьшались бы эти функции с расстоянием, условие достаточной независимости объектов друг от друга целиком зависит от конкретной задачи и не имеет всеобщего критерия. Поэтому и само подразделение единого Мира на отдельные, резко отграниченные сущности — вещи, веками воспринимаемое как непреложный и самоочевидный факт, оказалось поставленным под вопрос. Хотя корни этих проблем можно проследить ещё у античных авторов, нам представляется, что особенно отчётливо они поставлены в работе Канта *Критика чистого разума.* С неё и начнём, широко используя (по необходимости пространные) цитаты и каждый раз проводя сопоставление с Методом.

В отличие от восходящей к Платону и общей у Плотина, Спинозы, Лейбница, Гегеля и многих других традиции "внешнего" (хотя у каждого из них — своего особенного) взгляда на человека, рассуждения Канта строятся "от имени человека". В этом отношении он следует философскому кредо Сократа и, в свою очередь, находит, явно или замаскировано, последователей в работах экзистенциалистов и родственных им. Последователей внешнего взгляда интересуют как бы существующие сами по себе независимые от человека общие "системы мироздания", так или иначе "объективно" построенные. Они полагают самым важным определить в рамках изначально придуманной общей схемы, что такое человек и каково его предназначение; что такое жизнь, каков её "смысл" и тому подобное.

Напротив, экзистенциалисты придерживаются парадигмы "существование предшествует сущности". В противоположность Декарту, они не считают нужным выводить из чего-то внешнего сам факт своего существования и обосновывать его хотя бы и "несомненностью самого факта сомнения". Существование личности принимается за изначально данный факт, не нуждающийся в обосновании, и именно с этой точки зрения следует воспринимать весь Мир (включая все другие личности, а также взгляд на самого себя как бы со стороны: "моя рука"), хотя бы потому, что для уже существующей личности воспринимать Мир "за неё" некому и, главное, незачем. А её сущность, то есть, "свойства" личности, обнаруживаемые ею самой или ещё кем-то и хотя и подверженные изменениям, но не нарушающим её самоидентификацию, — вторична. Такой взгляд, как подтверждает, в частности, Хайдеггер (*Кант и проблема метафизики*), принадлежит основанной Кантом традиции.

Кант начинает с наблюдения, что “хотя всё наше знание начинается с опыта, из этого никоим образом не следует, что всё вытекает из опыта. Потому что, напротив, вполне возможно, что наше эмпирическое знание есть смесь получаемого от ощущения и того, что сознание как способность доставляет из себя самого.” ... Но именно эта двойственность знания лежит в основе Метода, как он был изложен выше. Ведь и сама по себе ЗоК есть не более чем основанная на чисто логических процедурах априорная мысленная схема, достоинство которой — в гарантии предсказания, коль скоро надлежаще проведено сопоставление элементов схемы с реальной ситуацией.

Диаметрально противоположна позиция в “феноменологии” (Гуссерль и его последователи), где предлагается сначала выбрать какую-нибудь действительную ситуацию, например, некоторый объект, а затем мысленно устранить “несущественные” его качества, стремясь к выделению его “идеальной сущности”. Такая процедура чужда Методу, потому что без априорно принятых операций, отражающих частные намерения личности, нельзя даже выделить конкретный объект из единой Природы.

Кант прежде всего подразделяет знание на “эмпирическое”, т.е. доставляемое органами чувств, и “априорное”, независящее от опыта. Последнее, однако, может всё же оказаться (возможно, неосознанно или отчасти) результатом опыта, но более раннего или имеющего более общий характер. Знание он называет “чистым”, если оно не зависит *ни от какого опыта вообще*. В качестве примера априорного, но не чистого, Кант приводит утверждение: “всякое изменение имеет причину”, замечая, что “изменение” — это понятие, которое может быть выведено только из опыта.

Согласно используемой Кантом классификации под “синтетическими” понимаются суждения, связывающие между собой разнородные вещи или явления, — в отличие от “аналитических” суждений, непосредственно следующих из данных определений. Так (по мнению Канта), утверждение “все тела имеют протяжённость” — аналитическое, тогда как “все тела имеют вес” — синтетическое, потому что в первом случае отрицание предиката “имеют протяжённость” приводит к логически невозможному суждению, а во втором — нет: Кант считает, что протяжённость мыслится уже в самом представлении о теле, тогда как тяжесть — это его не содержащееся в исходном определении свойство, известное только из опыта.

В ЗоК первое утверждение тоже оказывается синтетическим. Для тел, размерами которых в задаче можно пренебречь по сравнению с расстояниями между ними, их собственное протяжение не имеет значения и потому не содержится в понятии “тело”, считающееся в этой связи точечным. Хотя здесь протяжённость не первична, а предстаёт лишь как одна из схем, порождённых точечными — по определению — контактами, сама классификация суждений как либо аналитических, либо синтетических фундаментальна для Метода.

Главный вопрос Канта — как возможны “синтетические суждения априори”, возникающие в сознании ещё до предъявления ему данных органов чувств. Проблема Канта — в невозможности приспособления произвольных “фантазий” сознания к практическим обстоятельствам. Ведь Кант — в XVIII веке — ещё придерживается традиционной концепции чёткой обособленности “вещей”. Эту концепцию не поколебали идеи Ньютона о связывающем тела тяготении. И сам Ньютон, и его последователи вплоть до Максвелла не считали поле притяжения самостоятельной сущностью, а лишь свойством вещей вроде цвета или запаха.

Независимо от восприятия субъектом существующих вещей лишь какими-то отдельными сторонами его собственной природы — органами чувств — в виде ощущений, которые запечатлеваются в его сознании как восприятия, что-то всегда остаётся невоспринятым, скрытым. И неизвестно, как это “что-то” сыграет при сопоставлении априорных представлений с реальностью. Убеждённый в “объективной” обособленности вещей, Кант всё же обращает внимание на то, что понятия разума не могут основываться на абстракциях от принадлежащего самим вещам, поскольку органы чувств воспринимают не всё (так глаз не видит инфракрасной компоненты света), а сознание по-своему цензурирует их данные.

Поэтому Кант вынужден отличать “вещи-в-себе” от “вещей-для-нас”, фактически оперируя только последними и оставляя первые “за скобками”. В этой связи возникает и послужившая отправной точкой для всех размышлений Канта (по его собственному признанию), поставленная Юмом проблема об априорной возможности причинно-следственной связи. Для Метода, как он представлен здесь, сам процесс выделения вещи из Мира — единственной вещи-в-себе — зависит и от выделяющего, а он всегда делает это целесообразно (“созерцает”). Иные *вещи-в-себе просто не существуют*, Но тогда и отношение причины к следствию — это не что иное, как выражение исходной позиции субъекта. Исходно интересуясь событием-следствием, он *ищет* приводящие к нему события-причины, отфильтровывая как не заслуживающее в этом отношении внимания все, что не влечёт за собой интересующее его событие.

Таков его взгляд на Мир в этой именно ситуации. Неполнота восприятия — это по существу то же самое, что неопределённость выделения; попытка абсолютно полного восприятия предполагает учёт всех связей, как бы ни были они слабы, то есть вовлечение всего Мира в выделяемое явление. “Тела, которые мы ощущаем, так сказать, вырезаны из целостной Природы нашим *восприятием*, и ножницы следуют некоторым образом разметке линий, вдоль которых можно действовать.” (Бергсон, *Творческая эволюция*).

Непосредственно выражающие условие воспроизводимости “всегда и везде” десять пространственно-временных законов сохранения справедливы, в силу теоремы Нётер, для *замкнутых* систем (или, по крайней мере, при какой-либо симметрии внешнего воздействия). Но в Мире нет абсолютно замкнутых систем кроме его самого. Выделение приближённо замкнутой системы каждый раз делается, исходя из конкретной постановки задачи.

Для доказательства возможности априорных синтетических суждений нужен, как при любом утверждении о существовании, хотя бы один действительный пример. В качестве такового Кант в *Критике чистого разума* приводит понятия пространства и времени: “а) Пространство не представляет собой ни какого-либо свойства объектов как вещей-в-себе, ни каких-либо их отношений друг к другу; иными словами, пространство не даёт нам каких-либо определений объектов как принадлежащих им самим и осталось бы даже если абстрагироваться от всех субъективных условий созерцания. Потому что ни абсолютные, ни относительные определения объектов не могут созерцаться до наличия вещей, к которым они принадлежат, а потому они не априорны. б) Пространство есть ничто иное как форма всех явлений внешнего порядка, так сказать, субъективное условие ощущений, при котором одном только возможно созерцание внешнего. Поскольку восприимчивость или способность субъекта быть подверженным действию объектов предшествует всем созерцаниям этих объектов, легко понять как форма всех явлений может быть дана сознанию прежде всех ощущений, т.е. априорно, и как она как чистое созерцание, определяющее в себе все объекты, может содержать принципы взаимоотношений этих объектов до всякого опыта. Поэтому только с человеческой точки зрения можем мы говорить о пространстве, протяжённых объектах и т.д.” (Термин “форма” употребляется Кантом в значении фактора, организующего созерцания в сознании: “То, что в явлении соответствует ощущениям, я называю материей; но то, что влияет на организацию содержания явления в виде определённых отношений, я называю его формой."). И далее: "Но предложения этого рода не могут быть ни эмпирическими суждениями, ни выводами из них. К тому же, как может какое-либо созерцание внешнего, предшествующее самим объектам и в котором наше понятие об объектах могло бы быть априорно сформировано, существовать в сознании человека? Очевидно, не иначе как настолько, насколько оно находится в самом субъекте как формальная способность субъекта подвергаться воздействию объектов и тем получать непосредственное представление, то есть, созерцание, — следовательно, исключительно как форма восприимчивости к внешнему вообще." *

Однако в приведённых тезисах Кант имеет в виду не общее и неопределённое "философское" представление о пространстве, а вполне конкретное, используемое в физике: "... принципы геометрии всегда несомненны, то есть, связаны с сознанием их необходимости, как: пространство имеет только три измерения..." Говоря о прямых линиях в этом пространстве, Кант отмечает возможность их неограниченного продолжения, а также — в качестве примера синтетического суждения — то, что соединяющий пару точек отрезок прямой одновременно есть и кратчайший — факт, непосредственно не содержащийся в каком-либо подразумеваемом им определении прямой.†

Только в рамках ЗоК структура физического пространства строится из его же подструктур (траекторий — структур, которые потом оказываются его же подпространствами), и обосновывается самой постановкой задачи. Это так же, как если строить дом из кирпичей: их плотное прилегание друг к другу в какой-то степени определяет дом, а потом они сами становятся частью дома, и уже построенный дом определяет их самих, например, запрещая их выкидывание.

---

*По-видимому, отвергая упрёки в идеализме, Кант поясняет в *Предварении к любой будущей метафизике*: "Моя доктрина идеальности пространства и времени, далёкая поэтому от сведения всего ощущаемого мира к простой иллюзии, является всего лишь средством обеспечения применения одного из наиболее важных понятий (которое математика априорно предлагает) к реальным объектам и предотвращения отношения к ним как к простым иллюзиям. Потому что без такого замечания было бы совершенно невозможно установить, являются ли созерцания пространства и времени, которые мы не заимствуем из опыта, и которые всё же имеются в нашем априорном представлении, не просто фантазией нашего мозга, которому никакие объекты не соответствуют, по крайней мере адекватно, и, следовательно, в состоянии ли мы показать их безусловную справедливость по отношению ко всем объектам ощущаемого мира именно потому, что они только ощущения."

†Следует всё же помнить, что во времена Канта и в математике ещё не оперировали разнообразными расширениями и обобщениями понятия пространства, такими, как пространства Римана, Лобачевского, многомерными и т.п.

Переходя к понятию времени, необходимо сразу же отметить, что в отличие от рассуждений о пространстве, тут Кант имеет в виду скорее не физическое время, а простую последовательность событий. В самом деле, время, хотя и является главнейшим понятием, непосредственно выражая воспроизводимость как опыт прошлого, но оно не относится, подобно пространству, исключительно к Методу, а потому его конкретные свойства, принятые в канонической версии, такие как одномерность и гладкость, нуждаются в обосновании. Понятие времени в Методе имеет свою особую структуру, надобность коей для ЗоК следует проанализировать. Ведь каждый знает, что иногда час — это слишком коротко, а иногда минута — это слишком долго. И не следует торопиться отметать такие ощущения как игру воображения только потому, что они не согласуются с неумолимо равномерным течением "истинного, правильного, научного" времени.

Поскольку ЗоК есть только один из приёмов достижения воспроизводимости, а не всеобщая постановка задачи о переходе в некоторое состояние, что бы оно в конкретном случае ни означало и как бы ни было извлечено из Мира как таковое, не может быть универсальной априорной меры времени, подходящей для любого перехода, любого изменения. Однако имея в виду задачу Метода — однозначную рекомендацию, должно определить и условия самой возможности предсказания. В этом отношении смысл прошлого состоит в том, что на него невозможно повлиять, и потому ничто в прошлом не может быть следствием настоящего или будущего. Но ведь и в будущем могут быть невозможные события, например требующие для своего наступления движения со скоростью больше максимальной, и они по своей роли в предсказании неотличимы от прошлого. Ведь и в ЗоК из отсутствия того или иного конечного контакта следует только гарантия ненаступления эффекта, как его понимает пользователь при постановке задачи. Таким образом, только "афинная", лишённая меры временная последовательность имеет общий характер гарантии, тогда как конкретный способ установления такой меры посредством фотонных осцилляций годится только тогда, когда проблема может быть сведена до уровня ЗоК. Только тогда начинают работать конструкции механики.

По рассуждению Ньютона: "И если смысл слов должен определяться их использованием, то под названиями времени, пространства, места и движения должны пониматься их разумные меры; но это выражение станет неповседневным и чисто математическим, если иметь в виду сами эти измеренные величины." (*Математические* *принципы естественной философии.*)

В *Критике* понятие времени представлено Кантом как условие внутреннего ощущения себя и Мира: “Время, без сомнения, есть нечто реальное, а именно, это реальная форма нашего внутреннего восприятия. Оно поэтому имеет субъективную реальность по отношению к нашему внутреннему опыту, то есть, у меня имеется действительное представление о времени и моих определённостях в нём. Ко времени поэтому нельзя относиться как к объекту, но как к условию представления самого себя в качестве объекта. Но если бы я мог воспринимать себя или восприниматься другим существом без этого условия для ощущения, тогда те самые определённости, которые мы теперь представляем себе как изменения, предлагали бы нам знание, в котором представление о времени и, следовательно, об изменении не появилось бы. Эмпирическая реальность времени поэтому остаётся как условие для любой нашей опытности. Но абсолютная реальность, согласно сказанному, не может быть ему приписана. Время есть ничто иное, как форма нашего внутреннего восприятия. Если мы удалим из него особое условие нашей восприимчивости, то и понятие времени тоже исчезнет; и оно присуще не самим объектам, но исключительно субъекту (или сознанию), который их воспринимает.”

Однако вне пределов ЗоК понятию времени нельзя сопоставить какую-либо универсальную меру, соответствующую “изменению вообще”, хотя по любому ощущению время стояло бы на месте, если бы ничего не менялось. В Методе это общее понятие временной последовательности отвечает ожидаемой потребителем рекомендации для действия при осознании им его цели в виде отчётливого фиксирования им конечного состояния. Ещё раз повторим, что всю работу по её осознанию он должен проделать до обращения к Методу, а это далеко не всегда получается. Даже опыт*, заключённый в слова или иное сохраняющееся или воспроизводимое знание, не имеет по большей части универсального и однозначно всеми воспринимаемого содержания. Как правило, сообщаемое вызывает различный отклик у разных людей или даже у самого его создателя, но впоследствии. Поэтому лишь незначительная доля приобретённого знания принадлежит Методу. Важнейшее порождение Метода — технология, сколь бы неоднозначно ни оценивались её результаты, сообщает ему общее признание, попутно порождая доверие и ощущение

*Гораздо проще не думать о том, что лежит за пределами Метода, уютно ограничивая свои стремления.

ИСТИНЫ. Однако вся нажитая культура в целом, не столь радикально упрощающая жизнь, даёт боле точное, чем ЗоК её описание, входя в "неотчётливые подробности".

Глава 9. Уникальность и воспроизводимость: начало начал

> ...а ведь дважды два четыре есть уже не жизнь, господа, а начало смерти.
>
> Ф. М. Достоевский, *Записки из подполья*

> Если допустить, что жизнь человеческая может управляться разумом, — то уничтожится возможность жизни.
>
> Л. Н. Толстой, *Война и мир*

Зачем же мы так настаиваем на воспроизводимости? Ведь в действительной жизни нет абсолютно воспроизводимых ситуаций. "Нельзя дважды войти в одну и ту же реку". Более того, как раз самое главное — сама жизнь — абсолютно невоспроизводима, уникальна. Зачем же тогда он нужен — этот Метод?

Каждый раз пользование Методом в конкретной ситуации предполагает отбрасывание, как несущественного, бесконечно разнообразных связей всего со всем. Да и само выделение ситуации как таковой не слишком отчётливо. Возможна ли и до каких пределов обоснована аппроксимация невоспроизводимого воспроизводимым? Согласно принятым в этой книге правилам, мы не имеем права привлекать в поисках ответа на заданный вопрос новые предрассудки извне, но должны продвигаться только изнутри Метода в поисках решения на пределах его применимости, если таковое существует.

С этой целью проанализируем конкретный пример. Общепринятые воззрения полагают все вещества, все тела построенными из атомов. Оставляя в стороне технические сложности, будем считать, что возможно взять нужные сорта атомов в нужном количестве, расположить их подходящим образом, придать им нужные скорости, и тогда получим человека, притом не какого-то "человека вообще", а, скажем, копию конкретного, реально существующего "Я". Метод, в принципе, позволяет.*

*Персонифицируемое в виде человека "Я" следует далее понимать как общее обозначение субъекта, от имени которого ставится задача Метода. Как уже отмечалось, отдельные представления Метода доступны всему живому, но субъектом может быть и то или иное сообщество, если составляющие таковое индивидуумы озабочены исключительно его судьбой.

Надо как-то убедиться в успешности построения. Кто будет судить? Другие люди? Но они же и близнецов, бывает, путают. Их суждение зависит от их собственного состояния, тоже нуждающегося в "объективном" контроле. Так постепенно, с наслаиванием контроля на контроль, весь Мир окажется вовлечённым в суждение. Замкнуть эту бесконечную цепь перекрёстных проверок возможно только, поручив окончательное суждение самому Я. Я тоже, конечно, подвержен разнообразным влияниям, как внешним, так и внутренним, но мы введём "ответственность" за решение. Если Я признает копию идеальной, то он должен согласиться, что для него ничего не изменится, если его уничтожить, а копия останется жить вместо него. Если ощущение Я своей уникальности не допускает точной копии, ответ получен: абсолютная воспроизводимость недоступна Методу. В противном случае продолжим исследование. Ослабим точность копирования. Ведь постриженный Я — это уже не точно такой же Я. Продолжая в ходе мысленного эксперимента изменения структуры Я в разнообразных направлениях, включая пластические операции, трансплантацию органов и их частей, в том числе мозга, будем на каждом шаге повторять свой вопрос. Если даже после такой страшненькой процедуры Я будет всё ещё настаивать на своей идентичности, то можно вдобавок (или вместо всего) попытаться просто уговорить его признать своё превращение в нечто отличное от первоначального Я. А с другой стороны, Я сейчас и в детстве определяется самим Я как тот же самый Я, несмотря на то, что по постороннему суждению копия всё же ближе к теперешнему Я.

Единственная цель всех этих издевательств над здравым смыслом состоит в попытке достичь границ Метода изнутри его, поколебав уникальность Я. Если это не удастся, придётся признать существование объектов, недоступных для воспроизведения средствами Метода. И тогда остаётся вопрос о том, какова же ценность Метода для такого упорного Я. Если же при каких-то условиях Я согласится с тем, что копия годится для его замены, то он бессмертен, и тогда возникают разнообразные возможности для писателей-фантастов. Например, стало бы весьма удобно путешествовать со скоростью света. Достаточно просто передать по радио идентифицирующую информацию. Не нужна медицина: достаточно "переписать" личность на свежее тело. Ведь теперь, как и в физике элементарных частиц, уже нет требования непрерывного слежения, и "такой же самый" означает то же, что "тот же самый".

Примем пока что уникальность, неповторимость Я. Тогда во всей полноте остаётся поставленный вопрос о ценности Метода. Что же именно универсально воспроизводимо и настолько значительно, чтобы оправдать многовековые усилия по развитию Метода? Только одинаково понимаемая как нечто абсолютно окончательное — смерть — может быть единственным кандидатов на эту роль. Конечно, кто-то может не принять подобную позицию и настаивать на неокончательности смерти в том или ином варианте. Нельзя претендовать на абсолютное суждение о непроверяемом, но можно зато утверждать, что тому, кто *действительно* убеждён в этом, Метод просто не нужен и неинтересен, и, стало быть, эта книга не для него. Более того, реальное содержание Метода, в конечном счёте, относится *исключительно* к вопросу о смерти, несмотря на кажущееся разнообразие его применений. Подстановка в менее важных обстоятельствах понятия *цели* вместо прямого упоминания о смерти ничего не меняет по существу. Иначе "учёное" сообщение мистера Пиквика "Размышление об истоках Хэмпстедских прудов с присовокуплением некоторых наблюдений по вопросу о теории колюшки" имело бы не меньшее значении для науки, чем теория относительности. В конечном счёте *значительность* того или иного вопроса обязательно сводится единственно к вопросу о смерти, и за этим исключением Метод ничего не может сказать об индивидуальной бесконечно разнообразной и неповторимой жизни. По свидетельству Платона (*Федон*) Сократ говорил: "... те, кто подлинно предан философии, заняты, по сути вещей, только одним — умиранием и смертью". Ту же мысль в боле широком контексте высказал Пастернак (*Доктор Живаго*): "... искусство всегда, не переставая, занято двумя вещами. Оно неотступно размышляет о смерти и неотступно творит этим жизнь." Это тем более верно в узких рамках Метода.

Смерть стала главной заботой всего живого по той простой причине, что всё, что не стремилось выжить, и даже то, что не очень стремилось, давно вымерло в процессе эволюции. Осталось только то, что *уж очень* стремилось. Ведь конечности и всё остальное сформировались именно как защита от гибели, но отращивая в процессе естественного отбора лапу, организм должен теперь защитить и саму лапу. Органы чувств призваны защитить жизнь, уязвимую во внешнем мире. Но вот отделённый от внешнего мира слепой, глухой и т.д. — какой Метод он выработает? В первую очередь — ЗоК, потому что даже не располагая многими средствами ориентирования, он имеет всё ту же цель защиты жизни, в том числе и от внешних контактов. Другое дело, что ему будет труднее применить конструкции Метода на практике. Но ведь и простейшие организмы как-то ориентируются. Несовершенное по сравнению с собаками обоняние человека, ограничивая его реакции, не меняют для него главной задачи всего живого.

Непригодный для полного описания жизни, Метод вполне может годиться и в ситуациях, непосредственно не связанных со смертью, весьма далёких от неё, а зачастую и вовсе пустячных. Так, профессиональному артиллеристу способнее стрелять по воробьям из пушки, чем из рогатки. Но сформированный применительно к проблеме защиты жизни ход мысли образует стандартную первичную реакцию на встречающиеся проблемы, хотя бы и непроизвольную. А ведь содержание Метода составляют как раз такие задачи.

Интерес к Методу подразумевает, что наступление или ненаступление конечного контакта в ЗоК определённым образом связано со смертью, возможно, лишь предположительно или вероятностно. В соответствии с нашим подходом, следует прежде всего проверить незыблемость основных представлений Метода на границах его применения. Для индивидуума уязвимой стороной Метода является конечная неизбежность смерти. В самом деле, обращение к Методу предваряет осознание им самой проблемы. Лишь затем должна развёртываться вся замысловатая машинерия, включающая построение регистрирующей контакты достаточной системы стандартных тел; установление с их помощью пространственно-временных отношений; построение ещё одного набора пробных тел, реагирующих на внешние воздействия, которые способны в конкретной ситуации влиять на осуществление конечного контакта и так далее. Но коль скоро смерть всё равно неизбежна, а никаких априорных представлений о времени до формулирования ЗоК пока ещё нет, то задача выглядит бессмысленной. Зачем же действовать, если всё равно помрёшь? Интуитивно несомненна искусственность такой постановки вопроса. Но для полной убедительности Метода необходимо "доказательство рассудка" (Пушкин). Ясно же, что одно дело — смерть сейчас и совсем, совсем другое — когда-нибудь потом, как ни мал бы был временной зазор и по каким бы меркам он ни измерялся. Даже в последнюю секунду заяц ещё надеется. Но что если отношения времени — это вообще не необходимость, а всего лишь привычка, и можно думать как-то иначе? Для преодоления этой трудности было придумано внешнее "*математическое*" время, противопоставляемое как измеряемому, так и персонально ощущаемому. Выше мы уже приводили рассуждение Ньютона о различных понятиях времени. В том же отношении персональное время I-time у Эйнштейна (*Сущность теории относительности*) заменяется для использования в Методе на *эйнштейновскую одновременность* — синхронизацию часов в различных точках с надлежащим обменом световыми сигналами. Но измеримое количественно время в физике отнюдь не обесценивает гораздо более обширное и важное индивидуальное I-time, которое может течь быстрее или медленнее согласно личным ощущениям. Это время принадлежит таким понятиям, как прошедшее, настоящее и будущее без обязательной привязки к секундам или годам. Оно используется в жизни и общении гораздо шире, и оно ничуть не менее существенно, чем измеримое часами время. Более того, это ощущение свойственно и необходимо не только людям, но всему живому вообще.

Однако и для Ньютона, и для Эйнштейна часы остаются основой конструкции, хоть и проверяются, так или иначе, движением. Но, как мы выяснили, существование максимальной скорости позволяет вообще обойтись без часов в каждой конкретной задаче физики. Подсчёт осцилляций фотонов обслуживает все такие задачи. А за её пределами, в других областях, никакой меры времени нет вовсе. Фазы разнообразных процессов бывают иногда привязаны к астрономическим либо иным условиям, но никогда к сквозному математическому времени. Природа видится тогда в науке скорее набором частных случаев, объединённых общим априорным подходом, нежели единой структурой с её собственными универсальными законами — “Миром”. При этом сама концепция единого, неумолимо текущего времени расплывается, теряя свою традиционную категоричность. Оказывается, время вовсе не течёт “само по себе”, а, напротив, зависит от всего-всего. И тогда могут появиться совсем уж непривычные вопросы, затрагивающие наши самые глубинные представления — даже о жизни и смерти. Так, основной инструмент в предыдущем анализе — бесконечные последовательности фотонных осцилляций, аналогичные последовательностям Зенона, — заставляют усомниться в привычном понимании продолжительности жизни: ведь они несут и некую собственную мысль. По известному афоризму жизнь измеряется не тем, сколько раз вы вдохнули и выдохнули, а тем, сколько раз у вас перехватило дыхание.

В отношении Метода принципиальное отличие “не его” вопроса о “неизбежной смерти вообще” от той, что может случиться или не случиться при конечном контакте в ЗоК, аналогично математическому понятию *компактности*, как обязательности существования предела. Гамлетовские раздумья о неизбежной смерти всегда были в центре внимания философии и искусств. В своей окончательности смерть, подобно обычному засыпанию, неощутима как по рассуждениям философов: “Таким образом, смерть не существует ни для живых, ни для мёртвых, так как для одних она сама не существует, а другие для неё сами не существуют.” (*из письма Эпикура Менекею*), так и по прозрению художников: “Он искал своего прежнего привычного страха смерти и не находил его. Где она? Какая смерть? Страха никакого не было, потому что и смерти не было. ... Для него всё это произошло в одно мгновение, и значение этого мгновения уже не изменялось. Для присутствующих же агония его продолжалась ещё два часа.” (Толстой, *Смерть Ивана Ильича*).

А вот угроза смерти, принимаемая как *побуждение к действию*, — она-то и сообщает Методу интерес во всякий момент осознаваемой Я жизни. Известен образ мыслей приговорённого, которого везут в телеге на эшафот: “Ещё вот тот поворот, а за ним ещё длинная улица...”. Но неощутимая самим Я, его смерть воспринимается другими как необратимое исчезновение вполне определённой личности. Накопленный коллективный опыт несомненен: “каждый человек смертен”. Но ведь именно уникальность личности несовместима с этим “каждый”. Сколько бы людей ни умерло, отсюда вовсе не следует, что и Я умрёт, потому что он *не такой как все* и непосредственно ощущает свою уникальность. А если бы Я полагал себя именно в этом, по ощущению важнейшем для себя отношении, таким же, как все другие, то он был бы бессмертен именно поэтому, будучи заменяем кем-нибудь. “Не вечный для времён, я вечен для себя: не одному ль воображенью гроза их что-то говорит? Мгновенье мне принадлежит, как я принадлежу мгновенью!” (Баратынский). Следует заключить, что, отвлекаясь от философии, практический интерес для Я представляет только компактный вариант проблемы жизни и смерти. Метод, так сказать, имеет дело только со смертью, но только в пределах жизни.

Однако и в нём самом содержатся, по крайней мере, намёки на его предельные ситуации. В терминах ЗоК, образуемая фотонными осцилляциями последовательность Зенона должна быть дополнена единственной точкой, определяемой самой последовательностью, но *не принадлежащей* ей. В этом отношении отрезок прямой не эквивалентен самой прямой, а без своих концевых точек — эквивалентен. И это остаётся верным при любом сохраняющем лишь порядок его взаимно однозначном отображении на другой отрезок. Поэтому действительный смысл парадокса Зенона состоит в том, что изначально, до введения вспомогательной, приспособленной к конкретной ЗоК, внешней меры времени, именно последовательность изолированно воспринимаемых событий есть нечто первичное, раз и сам конечный контакт таков. Ведь I-time “стоит на месте”, если не происходит ничего интересного для Я. В схемах ЗоК последовательность контактов фотонов с каждым из тел вполне может оказаться бесконечной, и по этой мере Ахиллес действительно не догонит черепаху, что никак не мешает практическим применениям Метода.

Как мы видели в первой части, в применениях Метода то, что может наступить при осуществлении конечного контакта, всегда предполагается заранее определённым для пользователя. Только тогда, когда это стало для него отчётливым, он может обратиться за рекомендациями к Методу, а иначе его непременно переспросят: “Чего же ты хочешь?” Однако то, что хорошо вблизи, может не оказаться таковым в перспективе. Общеизвестно, что основанный на Методе и обуславливающий его важность для многих впечатляющий прогресс технологий таит в себе и неприятности. Отвлекаясь от всякого рода опасностей, упомянем лишь те, что коренятся в благих намерениях, стимулирующих само развитие Метода.

Неопределённость отношения к смерти превращает допускаемые в Методе усилия по продлению жизни индивидуума во вполне практическую задачу. Способы замены и выращивания износившихся тканей и органов позволяют отдалить неизбежную смерть всё дальше и дальше, причём Я будет продолжать считать себя всё тем же и неограниченно сохранять здоровье и способности. Если при этом рождение новых людей снизится до нуля, то по ощущению живущих ситуация ничем не будет отличаться от той, что и раньше всегда была. Всё сведётся к простому изменению масштаба времени, как если бы Земля быстрее крутилась вокруг Солнца, и поэтому дни рождения отмечались бы чаще. Ведь неощущаемая Я неизбежная смерть не доставляет никакого естественного масштаба времени. В самом деле, что такое бесконечная жизнь? Тысячи лет достаточно? А миллиона? Вообще задавать “нелепые” вопросы — это один из лучших способов выяснять действительный смысл устоявшихся понятий. Мотыльки-однодневки, всё успевающие за этот день, — они долго живут? Если прожил тысячу лет, но из них проспал девятьсот, — это больше, чем если сто лет подряд?* Или если вернуться из путешествия на быстрой ракете? Ведь оставшиеся на месте люди и впрямь сочтут его долгожителем. А вот если всем вместе так, то ведь этого и вовсе не заметят. А ещё многие связывают продолжение, в той или иной мере, своего существования за пределами жизни с потомками, произведениями, сообществами и т.д. А как же

*Вспомним хотя бы Рип ван Винкля у Ирвинга.

“на самом-то деле”? Само многообразие таких вопросов знаменует их неразрешимость для Метода с его узко ориентированной универсальной однозначностью.

В Методе всё начинается с явного предъявления конечного состояния как цели всех его дальнейших вспомогательных процедур. Но именно конечное состояние “не видно” из наличного состояния — конкретной жизни. Если же рождение новых индивидуумов допускается, то естественный масштаб продолжительности жизни устанавливается разницами возрастов, порождая либо остановку прогресса*, либо взаимное непонимание и неприятие поколений. Описанное ещё Свифтом в *Путешествиях Гулливера* жалкое существование всем, в том числе и им самим, надоевшим “вечных” старцев Лаггнегга не в том, что они немощны, а в том, что устарели. И тогда смерть Я становится благодеянием, и Метод ему более не нужен. Да и зачем тогда нужны ещё новые люди? Так всё сообщество теряет мотивы своего существования, как почти двести лет назад угадал Баратынский (*Последняя смерть*).

Всё более совершенствуясь, Метод постепенно расширяет свои границы и претендует на всё более детальную аппроксимацию жизни, во всём её богатстве, универсально воспроизводимыми конструкциями, попутно убеждая потребителей в том, что заслуживает внимания только то, что Метод умеет. Однако, “...человек, всегда и везде, кто бы он ни был, любил действовать так, как хотел, а вовсе не так, как повелевали ему разум и выгода” (Достоевский, *Записки из подполья*). Но тогда, когда человек действует уж совсем “как хочет”, вовсе не сообразуясь с обстоятельствами, он и не обращается к Методу.

Действительно, ведь если всё дело только в защите от смерти, то организмы вообще не отличаются друг от друга, будучи всего лишь механизмами, ориентированными на некоторую вполне определённую задачу, и тогда уже ничто не мешает подстановке одного из них на место другого и достижения таким образом “подлинного” бессмертия. Как мы видим, даже в своей собственной области — проблеме смерти — Метод лишается смысла как раз на пике своих достижений, когда и само представление о переходе из жизни в смерть становится неотчётливым. Именно в этом его ирония.

---

*А его легче отличить от застоя, чем от деградации.

Об авторе

Феликс Абрамович Цельник родился в 1933 году, в Ленинграде. После окончания Московского авиационного института, Ф. А. Цельник постоянно работал в Институте ядерной физики под руководством Г. И. Будкера, в Новосибирске, где ему были предоставлены широкие возможности для экспериментальных исследований: в этом институте в течении нескольких десятилетий Ф. А. Цельник проводил теоретические и экспериментальные исследования в области физики высокотемпературной плазмы (термоядерного синтеза). В 1975 году, Ф. А. Цельник нашёл теоретическое решение, а затем в 1985 году — экспериментальное решение проблемы устойчивости вращающейся в пробочной магнитной ловушке плазмы. В 1991 году, Ф. А. Цельник уехал в Израиль, где и живёт по сей день. Он продолжает свои исследовательские проекты в Университете им. Бен-Гуриона в Негеве. Начиная с 1968 года, Ф. А. Цельник опубликовал ряд теоретических статей об основах физики.

The Irony of Reasoning

by Felix A. Tselnik

The Method of Physics is not built on the basis of hypotheses about the world. It is based on the axioms of the requirements of universal reproducibility of predictions. Thus, the Method does not require confirmation in experiments: experiments are carried out in the framework of the concepts of the Method and, therefore, they are doomed to agreement with the theory (derived solely from the axioms). Critical analysis of such structures (of the Method) as time intervals, the reference systems, and distances leads to a series of rather unusual conclusions...

About the Author

Felix Abramovich Tselnik was born in 1933 in Leningrad (St. Petersburg), Russia. He was educated in the Moscow Aviation Institute. After that, he worked, during decades, in the Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, where he has found possibilities for experimental research. Over decades, he conducted experimental and theoretical research studies in the field of high-temperature plasma physics (thermonuclear fusion). In 1975, Felix Tselnik found a theoretical solution, and then, in 1985, an experimental solution to the MHD stability problem in magnetic confinement of a rotating plasma in the mirror trap. In 1991, Felix Tselnik emigrated to Israel, where he lives until now. He still continues his research projects in the Ben-Gurion University of the Negev. Beginning in 1968, he has published a number of theoretical papers concerning the basic concepts of physics.

American Research Press, 2015
Printed in the USA

ISBN 978-1-59973-399-9

9 781599 733999 >