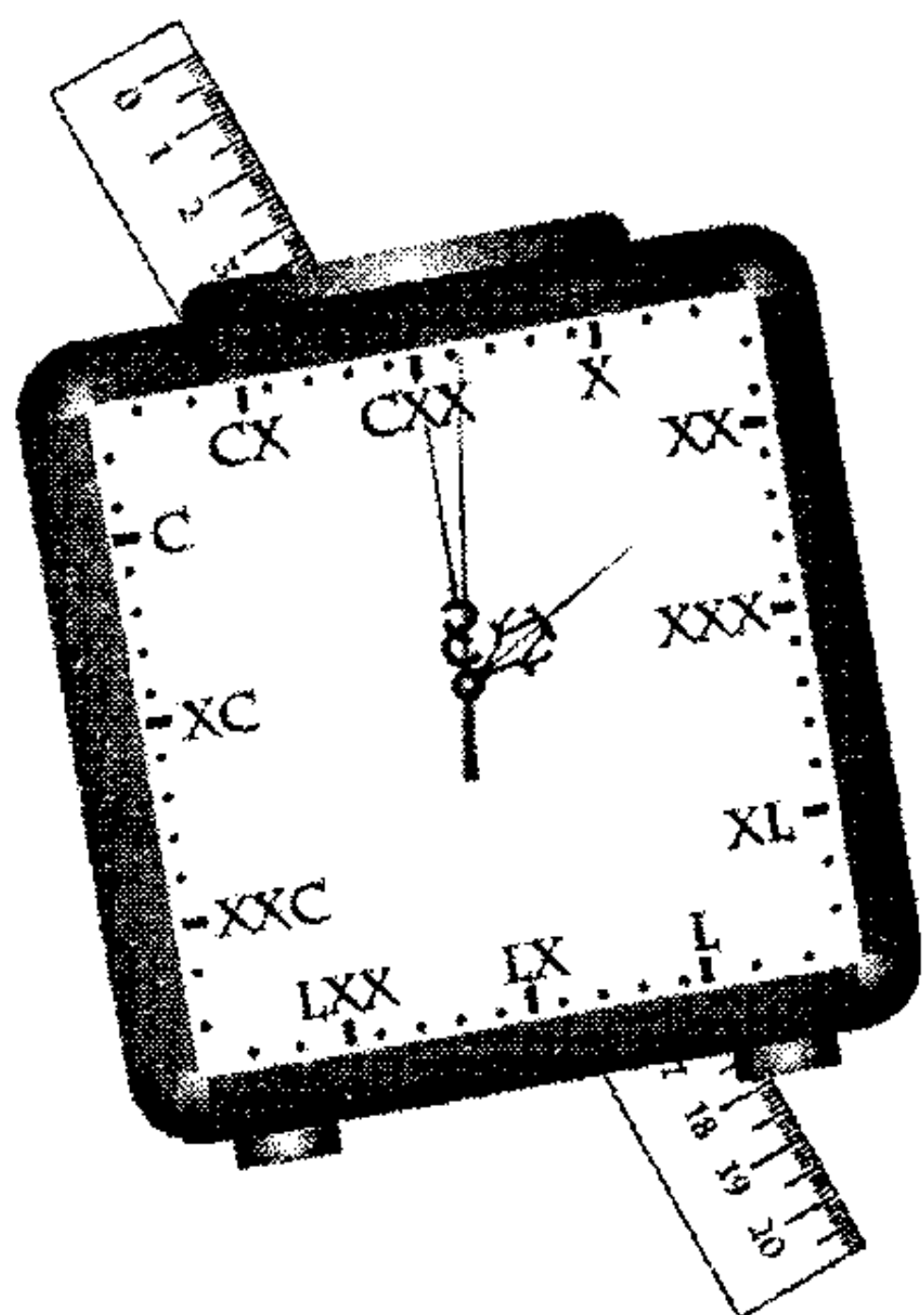


В. Н. Матвеев

*В третье тысячелетие
без физической
относительности?*

В. Н. МАТВЕЕВ

В ТРЕТЬЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ БЕЗ ФИЗИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ?



ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ
ОСНОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА С
ДЕМОНСТРАЦИЕЙ
НЕРЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФОРМЫ ЕЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Москва
2000

ББК 22.313

М 12

УДК 530

Выражаю признательность моему сыну Олегу Вадимовичу, без моральной поддержки которого эта книга вряд ли увидела бы свет.

Автор

В. Н. Матвеев

В ТРЕТЬЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ БЕЗ физической ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ?

М.: «ЧеРо», 2000. – 191 с.

ISBN 5–88711–146–1

Автор книги — инженер-физик. После окончания Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) более 30 лет занимался научно-исследовательской деятельностью и разработкой принципов физической фотографии (электрофотографии). Участвовал в работах по созданию электрофотографических аппаратов (ксероксов) и систем. Был главным конструктором первого в СССР малоформатного аппарата цветного копирования. Автор ряда работ и около двух десятков изобретений в области электрофотографии.

Книга представляет собой упрощенное популяризированное изложение ранее не опубликованных статей автора по вопросам специальной теории относительности, которые были написаны им в период с 1975 по 1980 г.

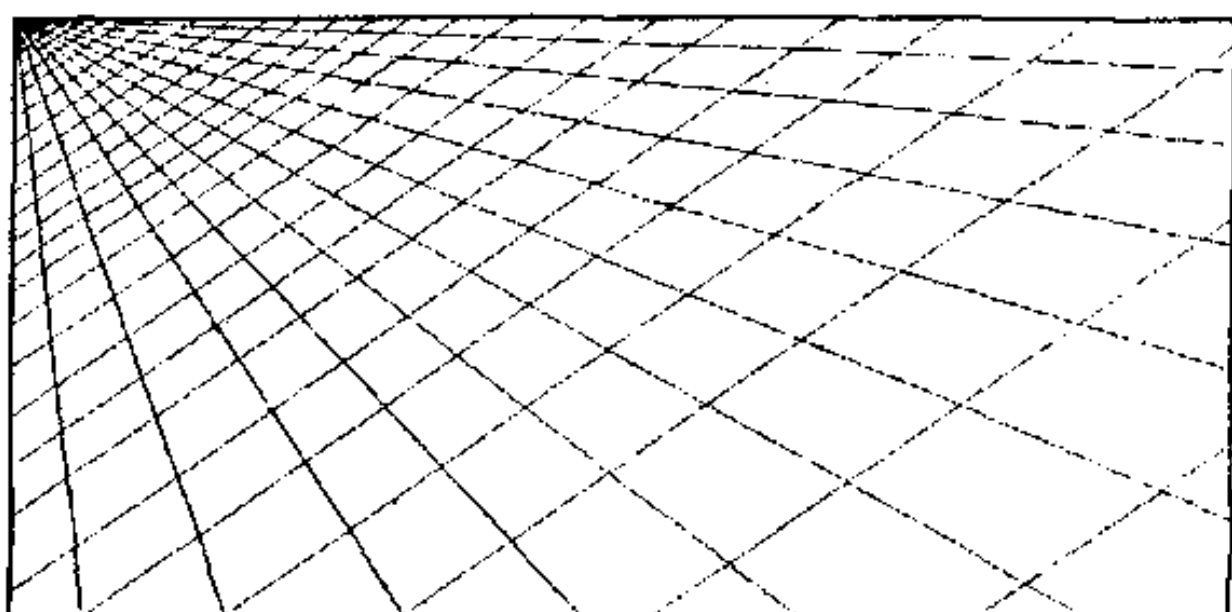
Очарованный теорией относительности Эйнштейна автор книги оспаривает традиционный взгляд на физическую относительность и на страницах предлагаемой вашему вниманию книги показывает, что **ВСЕ В МАТЕРИАЛЬНОМ МИРЕ АБСОЛЮТНО** и ничего относительного в нем нет.

От множества книг, авторы которых, отвергая неприемлемые для них выводы специалистов в области теории относительности, покушаются и на важнейшие физические положения самой теории, данная книга отличается тем, что специальная теория относительности Эйнштейна рассматривается в ней как верная теория, в мировоззренческом плане свидетельствующая о вещах, прямо противоположных тому, что заявляли физики и философы уходящего от нас столетия.

ISBN 5–88711–146–1

© В. Н. Матвеев, 2000

ОТ АВТОРА



Уважаемый Читатель!

Книга, которую вы держите перед собой, посвящена одной из самых замечательных и привлекательных физических теорий — специальной теории относительности.

Книга — не учебное пособие (где теория, сроднившаяся с относительностью, по сложившейся традиции должна была бы быть представлена как святая истина), но и не «научно-диссидентский опус» с очередной порцией брани в адрес и самой теории, и ее главного разработчика.

Ставя в названии книги знак вопроса, я пытался подчеркнуть, что цель моя состоит не в изречении очередных непреложных истин, а в попытке вместе с вами порассуждать над вопросами, которые до сих пор не дают покоя скептикам и которые в рамках предлагаемого в этой книге подхода к их решению решаются предельно просто и связно. Насколько интересен этот подход, решать вам.

Знаю, что кто-то из вас отвергнет книгу, ознакомившись с ее названием или с аннотацией и посчитав содержание книги заведомым бредом. Очень сожалею об этом, ибо непредвзятое мнение поступивших таким образом было бы при обсуждении затронутых в книге вопросов особенно важно.

Кто-то, напротив, прочтя книгу, подумает, что изложенное в ней настолько очевидно, что не могло в течение доброй сотни лет оставаться незамеченным.

Действительно! И для меня сегодня, как и двадцать лет тому назад, когда я пришел к решению проблемы физической относи-

тельности, кажется невероятным то, что в течение столь длительного времени не было замечено то, что лежит на поверхности. Это обстоятельство постоянно подавляло во мне желание опубликовать работы, на которых построена эта книга. Но факт остается фактом — содержащееся в книге, казалось бы, очевидное положение об абсолютности движения воспринимается в наше время не просто как сомнительное, а как несостоятельное и безграмотное. Это свидетельствует о том, что очевидный факт абсолютности движения до сих пор остается незамеченным и ожидает внимания к себе.

Публикуя эту книгу, предлагаю вам задуматься над тем феноменом, который называется относительностью. Принимая различные формы — физическую, философскую и прочие, относительность, какой бы она ни была, тем не менее остается относительностью, и не случайно состоявшийся в начале нашего столетия триумф физической относительности способствовал росту популярности идеи относительности вообще.

Сама по себе идея относительности, если речь идет об относительности понятий, вполне состоятельна и построена на прочном фундаменте, однако с легкой руки Эйнштейна относительность была объективизирована и приобрела статус объективной реальности.

Перейдя из области субъективного в область объективного, относительность охватила все стороны человеческой жизни. Она проникла в создаваемые поколениями вековые традиции, в семью, политику. Относительность вскормила скептицизм, примитивный прагматизм и, обладая огромной разрушительной силой, начинает расшатывать стержень, который всегда был основой *человеческой* жизни и который называется ее смыслом.

Конечно, если относительность есть объективная реальность, то с этим нельзя не считаться, независимо от того, как к ней относятся и как ее оценивают ее противники. Но является ли она таковой?

Цель моя состояла в том, чтобы показать существование нетрадиционного нерелятивистского пути рассмотрения описываемых в специальной теории относительности явлений. Этот путь, отличаясь от традиционного, по которому шли Эйнштейн, Пуанка-

ре, Минковский и их последователи, но ни в коей мере не ставя под сомнение целесообразность и практическую ценность традиционного пути, приводит к невидимой ныне *абсолютистской* стороне специальной теории относительности.

В книге дается ответ на вопрос, *почему* относительно то, что относительно, и каким образом достигается устранение физической относительности из картины физического мира.

Вопросы, выходящие за рамки специальной теории относительности, в книге не затрагиваются. Оставлены без внимания проблемы квантовой механики, физического вакуума, общей теории относительности, хотя связь некоторых из этих проблем с проблемами, затронутыми в данной книге, напрашивается сама собой.

Хочу особо отметить, что в книге *нет попыток опровергнуть специальную теорию относительности*.

Задача, стоявшая передо мной, состояла в том, чтобы выявить стороны специальной теории относительности, свидетельствующие об абсолютности тех физических величин, которые с момента создания специальной теории относительности лишь по недоразумению считались относительными. Решая эту задачу, я не прибегаю ни к подмене практических физических величин четырехмерными математическими величинами, ни к попыткам возрождения «светоносного эфира».

Особое внимание уделено движению. Показано, что движение реального пространственно протяженного материального тела, в отличие от движения материальной точки или частично конкретизированного объекта, является абсолютным, т.е. не зависящим от произвольного выбора системы отсчета, и количественно характеризуется абсолютной скоростью.

Затронут вопрос о физической сущности пространственно-временного интервала вне математической модели четырехмерного пространства-времени.

Все рассуждения построены на базе специальной теории относительности Эйнштейна. Философской платформой построения послужил диалектический материализм, к которому я вынужден был обратиться не из идеологических соображений, а по существу дела.

Книга состоит из введения и четырех глав.

В первой главе дан краткий аналитический обзор существовавших ранее и существующих ныне взглядов на абсолютные и относительные пространство, время, движение, а также на абсолютные и относительные физические величины. На самом элементарном уровне изложены основы специальной теории относительности.

Вторая глава книги содержит описание так называемых релятивистских эффектов с использованием предлагаемого мною метода дополнительной конкретизации физических объектов. В этой главе на примере такого объекта, как часы, показано, что путем дополнительной конкретизации объекта можно дорелятивизировать относительные эффекты и относительные физические величины объектов.

В третьей главе идеи, высказанные во второй главе и касающиеся часов, распространяются на прочие объекты материального мира. Здесь же дано решение проблемы произвольных предположений при синхронизации часов.

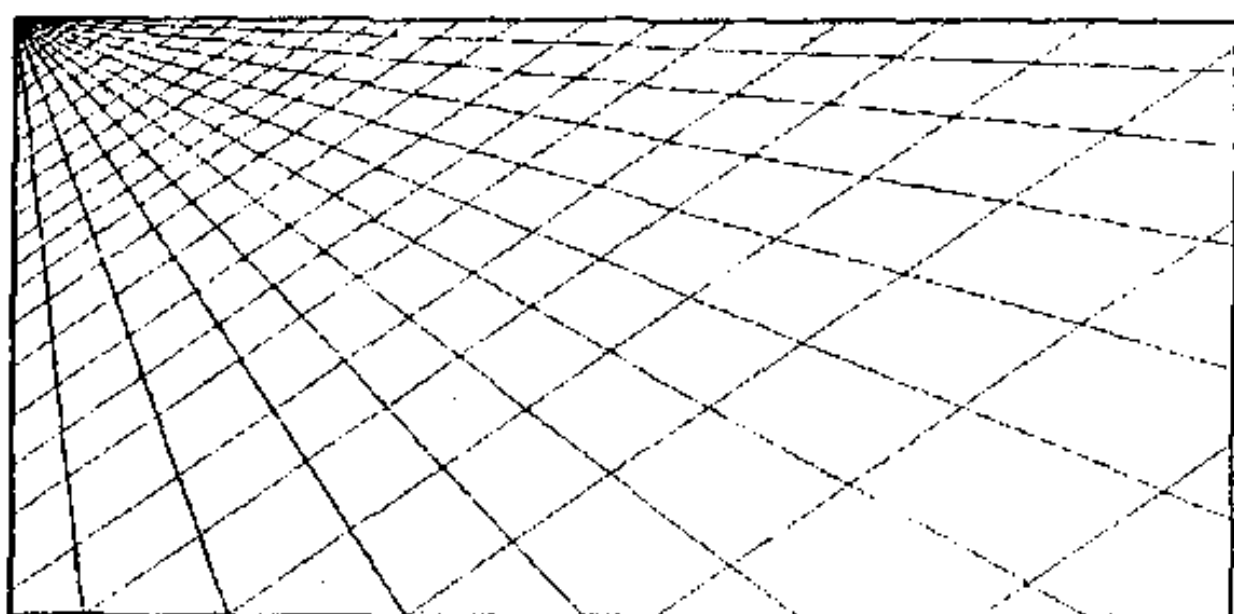
В четвертой главе в общих чертах поднимается вопрос о рассмотрении пространственно-временного интервала как величины, имеющей смысл в рамках реальных, относительно самостоятельных времени и трехмерного пространства.

Книга рассчитана на самый широкий круг читателей, включающий в себя как лиц, не знакомых с теорией относительности, так и специалистов — физиков и философов.

Использованные при обсуждении тех или иных вопросов термины и наименования не всегда точны в хронологическом и историческом планах, однако эта неточность, как я полагаю, не затрагивает сути излагаемого материала.



ВВЕДЕНИЕ



В литературе по специальной теории относительности нередко высказывается мнение, что идеи физического релятивизма¹ не соответствуют физическому содержанию специальной теории относительности и что «...названия “принцип относительности” и “теория относительности” не отражают истинного содержания теории» [1].

«Что за чепуха? — подумает иной читатель. — Разве не является физическая относительность неотъемлемой и главной частью этого самого физического содержания теории относительности? О каком несоответствии здесь может идти речь? Неужто не бесспорной истиной является известное ныне чуть ли не каждому школьнику положение Эйнштейна, согласно которому все в мире относительно (определяется путем срав-

¹ Физический релятивизм (лат. «relativus» — относительный) — принцип, провозглашающий относительность ряда количественных характеристик физических объектов. Такие характеристики изменяются не только вследствие изменения структуры, состава или физического состояния данного объекта, но и вследствие изменения физического состояния некоторого практически не взаимодействующего с данным объектом опорного (реального или воображаемого) стороннего тела (тела отсчета), по отношению к которому рассматриваются эти характеристики, или вследствие замены одного опорного стороннего тела на другое стороннее тело. Примером относительной физической величины может служить скорость. Скорость тела можно изменить, не только ускорив или замедлив его, но и изменив скорость стороннего тела, по отношению к которому рассматривается движение тела, или мысленно заменив одно стороннее тело другим.

нения с чем-то другим или путем воображаемой привязки к чему-либо другому)?»

Нет. Это положение не только не бесспорно, но и бесспорно не верно.

Эйнштейн не доказывал того, что «все в мире относительно». Даже в первых работах Эйнштейна, написанных в 1905–1909 годах [2], в которых физическая относительность действительно занимала центральное место, показано, что не все в мире относительно, а одним из наиболее впечатляющих положений специальной теории относительности является как раз положение о безотносительности (абсолютности) и неизменности¹ скорости света. Не был Эйнштейн и разработчиком принципа относительности. Принцип относительности был введен еще Галилеем, а правомерность использования этого принципа, как это ни покажется странным некоторым читателям, с математической строгостью доказывалась всей формально-математической структурой механики Ньютона. Эйнштейн не разработал, а применил принцип относительности там, где сделать это казалось невозможным.

Не стала и сама теория относительности теорией, строго математически доказывающей относительность «всего в мире». Скорее наоборот. В рамках *математической* модели, которую в 1908 году разработал немецкий математик Герман Минковский и которая впоследствии стала математической основой те-

¹ Под абсолютностью понимается безотносительность, которой *не всегда* сопутствует неизменность. В физике абсолютные количественные характеристики физических объектов либо могут изменяться, но их изменение определяется изменением структуры, состава или физического состояния данного объекта, либо неизменны и являются его неотъемлемой составной частью. Примером абсолютной физической величины тела, зависящей от его физического состояния, может служить электрический заряд этого тела. Электрический заряд тела можно изменить, подзарядив или разрядив тело. Примерами физических величин, являющихся неотъемлемыми частями объектов, могут служить электрический заряд электрона и скорость света. Эти величины не только абсолютны, но и абсолютно неизменны (фундаментальны).

ории относительности [3], в мире все оказалось скорее абсолютным, нежели относительным.

В математической модели четырехмерного пространства-времени Минковского¹ относительные пространственные и временные величины уступили место абсолютным (или, как говорят математики, инвариантным) четырехмерным величинам. Модель Минковского оказалась настолько изящной, что многие физики и философы вслед за Минковским стали считать четырехмерный мир не просто математической моделью, а объективной реальностью и говорить о несостоятельности идей физической относительности и о несоответствии названия теории относительности ее физическому содержанию. Минковский нанес чувствительный удар по относительности, не допустив ее в «свое» *формальное* четырехмерное пространство. Однако с относительностью, блуждающей в течение длительного времени по *реальному* трехмерному пространству, Минковский не справился.

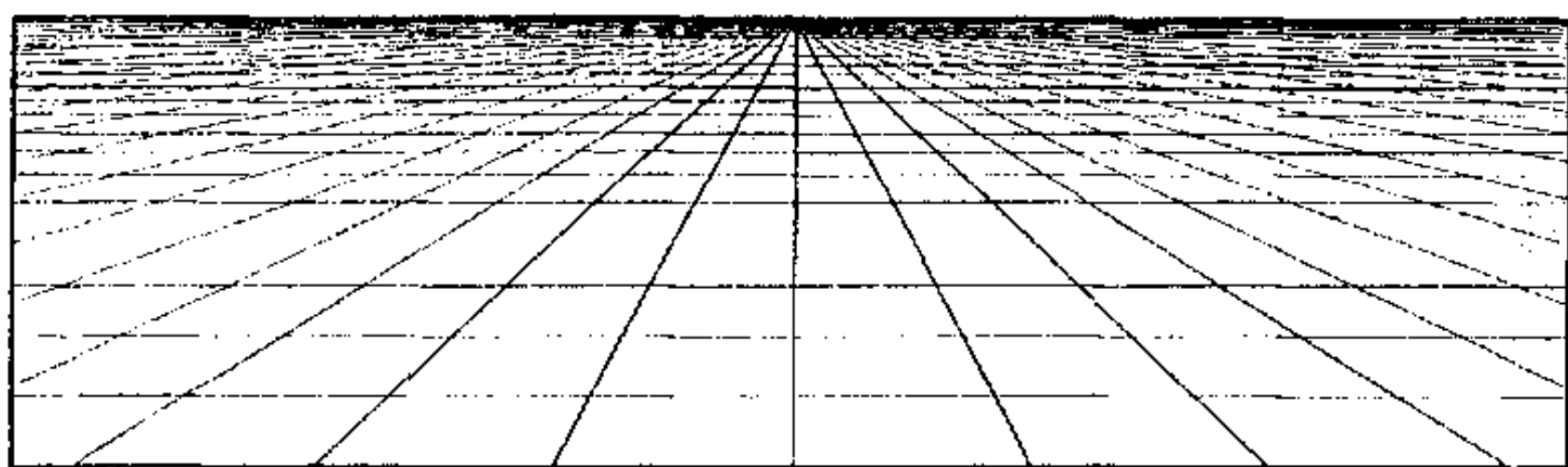
Ключ к реальному абсолютному миру без относительности, как будет показано ниже, находился в руках Эйнштейна, но ни Эйнштейн, ни его последователи этого ключа не заметили и им не воспользовались.

Этот ключ предлагается читателю в настоящей книге, где показано, что всего лишь более корректного, чем это ныне принято, отношения к понятию физического объекта достаточно для того, чтобы обнаружить несостоятельность признания физической относительности как реального свойства материального мира. Построенная на базе предлагаемых уточнений эйнштейновская специальная теория относительности превраща-

¹ Метод четырехмерного представления специальной теории относительности обычно связывают с именем Минковского, хотя за два года до выхода работы Минковского аналогичное представление специальной теории относительности было дано французским математиком Анри Пуанкаре [4].

ется в вариант, который можно было бы назвать «специальной теорией абсолютности».

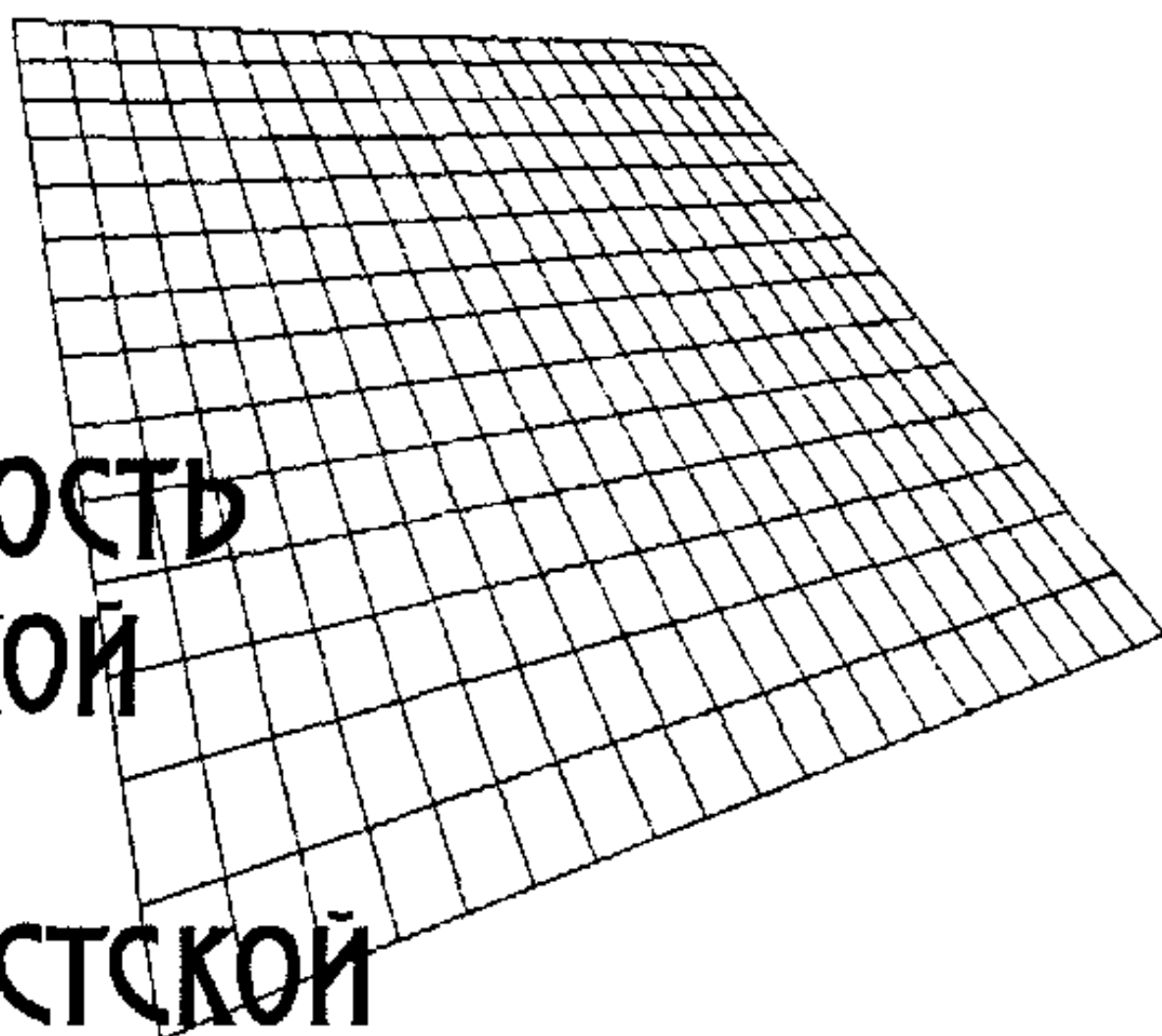
Сколь бы парадоксальным это ни казалось, но именно специальная теория относительности Эйнштейна¹, а не механика Ньютона создала фундамент для раскрытия *абсолютной* сущности физического мира. Причем абсолютная сущность мира проявляет себя в специальной теории относительности вне рамок модели четырехмерного мира.



¹ Здесь и далее используется общепринятое в настоящее время наименование «специальная теория относительности *Эйнштейна*. Хотя большой вклад в разработку специальной теории относительности внесли Г. Лоренц и А. Пуанкаре, а известный математик Э. Уиттекер говорил о «теории относительности Пуанкаре и Лоренца», рассматривая вклад Эйнштейна как «некоторое расширение теории относительности Пуанкаре и Лоренца» [5], это расширение оказалось настолько широким, что редко кто присваивает себе право подвергать сомнению правомерность связывания имени Эйнштейна со специальной теорией относительности.

ГЛАВА 1

ФИЗИЧЕСКАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ И В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФИЗИКЕ



*Был этот мир туманной мглой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон!*

.....
*Но сатана недолго ждал реванша.
Пришел Эйнштейн — и стало все как раньше!*

*Эпиграммы XVIII в. на Ньютона
и XX в. на Эйнштейна*

I. АБСОЛЮТНОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ В ДОЭЙНШТЕЙНОВСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ КАРТИНАХ МИРА

На протяжении многих столетий Земля считалась центром мироздания. Геоцентрическая система мира (система, в которой Земле отводилось центральное место) Птолемея просуще-

ствовала до XVI века. В системе Птолемея Земля покоилась в центральной области пространства, а небесные тела абсолютно двигались в пространстве.

В IV—III вв. до нашей эры Аристархом Самосским была высказана идея о центральном расположении Солнца в системе мира, однако идея эта не нашла признания.

Лишь в XVI веке геоцентрическая система уступила место гелиоцентрической системе Коперника. В центр коперниковской системы мира было помещено Солнце.

И в геоцентрической, и в гелиоцентрической системах предполагалось существование данных самой природой центров Вселенной и пространства. В рамках каждой из этих систем можно было говорить об абсолютном удалении материальных тел от центра системы и об их абсолютном месте нахождения в пространстве. В силу абсолютности местоположения тела его движение, т.е. смена положения, также было абсолютным.

Длительное время считалось, что движение принципиально отличается от покоя, что тело тяготеет к состоянию покоя и для продолжения его движения необходимо прикладывать к телу силу. Такой точки зрения придерживались Аристотель и его последователи.

Однако более 350 лет тому назад, бросая с пизанской (если верить историкам) башни тела и изучая их падение, Галилей смог проникнуть в суть движения материальных тел и открыть законы инерции и падения. Галилей показал инерциальность (сохранность) движения тела при отсутствии тормозящих сил. Галилей понял это и описал в произведении «Диалог о двух системах мира». Кроме того, Галилей провозгласил равноправие состояний покоя и равномерного прямолинейного движения. По Галилею, поведение тел как в каюте покоящегося, так и в каюте равномерно и прямолинейно движущегося корабля совершенно одинаково.

Говоря современным языком, отличить состояние движения инерциальной замкнутой (не содержащей окон) лаборатории¹ от состояния ее покоя невозможно. Как показывают законы механики, этого невозможно сделать, даже если в инерциальной лаборатории разместить современнейшие приборы.

Факт равноправия покоящихся и движущихся относительно друг друга с разными скоростями инерциальных лабораторий послужил основой для формулирования принципа относительности. В соответствии с этим принципом о движении и покое реального объекта нельзя говорить как об абсолютных состояниях объекта. О них можно говорить только как о состояниях объекта по отношению к какому-либо реальному единичному телу — так называемому телу отсчета — или к множеству (системе) реальных тел, неподвижных относительно друг друга. Такое множество тел мы будем называть естественной системой отсчета. Разные инерциальные естественные системы отсчета находятся в состоянии прямолинейного равномерного движения относительно друг друга. Одно и то же тело может покоиться по отношению к одной естественной системе отсчета и двигаться по отношению к другой.

Наряду с реальными естественными телами и системами отсчета в физике используются воображаемые конструкции, тела или системы тел отсчета. Если речь будет идти о таких системах отсчета, то мы будем называть их системами отсчета (без определения «естественные»). Лаборатории также могут рассматриваться как системы отсчета.

В 1687 г. Ньютон опубликовал труд «Математические начала натуральной философии», в котором были заложены теоре-

¹Под лабораторией будем понимать реальный или воображаемый объект, пригодный для проведения в нем реальных или воображаемых экспериментов. Инерциальными лабораториями называют невращающиеся, неускоряющиеся и незамедляющиеся лаборатории.

тические основы классической механики, а принцип относительности получил строгую математическую формулировку. В соответствии с этой формулировкой законы механики, записанные в математической форме, имеют в разных инерциальных системах отсчета одинаковый вид. Значение же скорости одного и того же конкретного материального тела, полученное в результате решения одинаковых уравнений, относительно, т.е. разное в этих системах отсчета.

Почему *принцип* относительности называется так, а не называется, например, принципом эквивалентности состояний покоя и равномерного прямолинейного движения? Ведь суть-то этого *принципа* как раз в том, что *законы* механики *не зависят* от скорости движения инерциальной системы отсчета относительно других систем отсчета. *Относительность* скорости отдельного тела есть всего лишь следствие, а не суть этого принципа.

Трудно сказать, почему принцип относительности получил и сохранил это название. Быть может, потому, что относительность движения конкретного тела, следующая из этого принципа, представлялась проводникам этого принципа важнее и удивительнее неизменности формальных законов механики¹.

Содержащие релятивистскую составляющую *теоретические* основы механики были разработаны Ньютоном на его известном принципе «Hypotheses non fingo» («Гипотез не измышляю»). Они не только отличались математической строгостью, но и подтверждались практикой.

Однако Ньютона не устраивала ни чисто математическая, ни чисто практическая сторона дела, и вопреки своему принципу и релятивистскому содержанию своей механики он не

¹ Минковский, считавший важнейшим следствием этого принципа *абсолютность четырехмерного мира*, отмечал, что термин «постулат относительности» кажется ему слишком бледным, и предлагал «постулату относительности» дать название «постулат абсолютного мира» [1].

только ввел гипотетическое абсолютное пространство, но и наделил его гипотетическими свойствами.

Под абсолютностью пространства Ньютон понимал существование пространства независимо от существования и движения материальных тел в нем, постоянное подобие самому себе и неподвижность. Аналогично время называлось абсолютным в том смысле, что оно протекает равномерно и независимо от всего внешнего, т.е. пространство у Ньютона оставалось абсолютной данностью, но данностью самостоятельной, так как пространство не привязывалось к Земле, Солнцу или к другим «небесным» телам — у него не было центра и периферии.

Пространство Ньютона наделялось конкретными свойствами и напоминало неподвижноеместилище. Многие считали, что «местилище» заполнено тонкой неосязаемой неподвижной субстанцией — «эфиром». В этомместилище (в этой среде) можно было абсолютно перемещаться (при этом среда незаметно «обдувала» перемещаемое) или покоиться (и тогда «обдувания» не было)¹.

Покоящаяся в абсолютном пространстве материальная точка располагалась в определенной (абсолютной) точке пространства, а покоящаяся система отсчета рассматривалась как абсолютно неподвижная и выделялась из множества инерциальных систем отсчета, движущихся относительно друг друга с разными скоростями. Движущаяся материальная точка описывала в абсолютном пространстве (или в эфире) вполне определенную абсолютную траекторию.

Если некое тело и наблюдатель абсолютно двигались совместно друг с другом в некоторой системе отсчета и тело, с точки зрения наблюдателя, оставалось неподвижным, то покой тела

¹ Существовали и гипотезы увлекаемого движущимся телом эфира (часть эфира, окружавшего тело, двигалась согласно этой модели вместе с ним). Однако эти гипотезы не получили экспериментального подтверждения.

рассматривался как кажущийся, а скорость, равную нулю, называли местной (или локальной). Если же в этой системе отсчета некое тело двигалось, с точки зрения наблюдателя, с некоторой скоростью, то эту скорость также следовало рассматривать как местную, кажущуюся (местной кажущейся считалась и траектория тела). Абсолютная скорость могла быть прямо зарегистрирована в системе отсчета, неподвижной относительно абсолютного пространства (покоящейся в абсолютном пространстве), или косвенно определена в любой другой системе отсчета.

Для того чтобы косвенно определить «настоящую» реальную скорость тела, наблюдатели некоторой системы отсчета должны были, во-первых, измерить его местную (локальную) скорость, а во-вторых, каким-то способом измерить скорость движения своей системы отсчета (разумеется, относительно абсолютного пространства или эфира). Следует особо отметить, что необходимость этих операций обосновывалась не теоретически или практически, а только гипотетически.

Зачем Ньютон ввел гипотетическое абсолютное пространство? Сейчас сложно проанализировать все мотивы этого шага, но в том, что были тут и серьезные причины, включая безотносительность вращения и ускорения тел, трудно сомневаться.

По всей видимости, не в последнюю очередь Ньютон сделал это и для того, чтобы спасти абсолютность движения. Введя абсолютное пространство, он избавился от относительности движения, которая уже тогда не просто ломилась в его механику, а занимала в ней важное место, имея на то строгое математическое обоснование.

То, что дело обстоит именно так, подтверждают и некоторые замечания Ньютона. Говоря о невозможности «ни видеть, ни какнибудь иначе различить при помощи наших чувств отдельные части пространства одну от другой», Ньютон писал: «Таким образом, вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет

неудобства, в философских — необходимо отвлечение от чувств» [6], т.е. для Ньютона его механика стала для него приемлемой в *философском отношении* тогда, когда он ввел абсолютное пространство, делавшее движение абсолютным¹. Ввел наряду с изложением законов механики, в которых относительность движения превалировала над его абсолютностью, и даже в противовес этим законам.

А чем не нравилась Ньютону относительность движения? Ответить на этот вопрос сегодня вряд ли возможно. Но были в механике обстоятельства, препятствующие безоговорочному признанию идей относительности. Эти обстоятельства мы рассмотрим в начале следующего раздела.

Иногда говорят, что Галилей дальше Ньютона продвинулся в понимании сущности пространства и движения, поскольку принцип относительности Галилея по сути своей провозглашает относительность пространства и движения, отвергнутую Ньютоном и восстановленную Эйнштейном.

Такая оценка вклада Ньютона и Галилея в развитие представлений о пространстве и времени предельно упрощена. Да, Ньютон ввел понятия абсолютных пространства, времени и движения. Но свидетельствует ли все это о недооценке Ньютоном или тем более о непонимании им принципа относительности? Можно ли рассматривать взгляд Ньютона на пространство и движение как шаг назад?

Думается, что нет. Во-первых, *наряду с понятиями абсолютных Ньютон использовал и понятия относительных пространства, движения*. Во-вторых, принцип относительности содержится в ньютоновской механике, хотя и имеет не всеобщий, а ограниченный (касающийся только механики) характер. А в-третьих, ньютоновские представления об абсолютных простран-

¹Термин «философия» имел во времена Ньютона смысл, отличный от используемого ныне. Этот термин более близок современному термину «наука».

стве и времени формировались на основе новых данных, выходящих за пределы чистой механики, т.е. положение Ньютона об абсолютных пространстве, времени и движении является важнейшей составной частью общей картины мира, в которой механика является лишь ее частью, а в общей картине мира было трудно обойтись без представлений об абсолютных пространстве и времени.

Положение об абсолютных пространстве и времени, сформулированное Ньютоном, наполнялось физическим смыслом и в последующие времена, так как было совместимо с представлениями тех времен об электромагнитных явлениях и о распространении света в вакууме. В частности, в пользу абсолютного пространства и против галилеевского принципа относительности *вне механических явлений* говорил факт конечности распространения света. Казалось очевидным, что электромагнитные волны вообще и свет в частности должны распространяться в среде (в эфире) и скорость их распространения в движущейся лаборатории должна быть разной по ходу и против движения. Эта «бесспорная» точка зрения оставляла надежду на измерение абсолютной скорости движения своей собственной системы отсчета по разнице скоростей света в противоположных направлениях и свидетельствовала о принципиальной возможности обнаружения абсолютной покоящейся системы отсчета, скорость света в которой должна была быть равной во всех направлениях.

Таким образом, в учении Ньютона в целом абсолютность превалировала над относительностью, *в ньютоновской же механике как таковой относительность пространства и движения брала верх над их абсолютностью*. Те, кто знаком с азами теоретической механики, знают, что решение уравнения второго закона Ньютона $F = m d^2x/dt^2$ дает для скорости значение $v = dx/dt = (F/m)t + a$, где a – любая *произвольная* постоянная, и

поэтому *любое* значение скорости в данный момент времени t удовлетворяет уравнение Ньютона, т.е. уравнение Ньютона можно «решить», вообще не решая его, а просто назвав любое пришедшее в голову значение скорости. И только привязавшись к определенной системе отсчета и учтя так называемые начальные условия, можно, решая уравнение, т.е. производя какие-то математические действия и вычисления, получить *определенное* значение скорости *в данной системе отсчета*. Это показывает, что ньютоновская механика, будучи абсолютистской по форме, была релятивистской по содержанию.

В физике XVIII — XIX вв. ньютоновские представления об абсолютных пространстве и движении вне механики имели большую весомость, чем в самой ньютоновской механике.

Классический принцип относительности позволил вырваться из оков наивного абсолютизма, строившегося на признании центра мироздания. Однако «ненаивный» абсолютизм, строившийся на признании абсолютного пространства, еще долго сохранялся в физической картине мира.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ РЕАЛИИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АБСТРАКЦИИ В КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Итак, некоторые представления о *немеханических* явлениях до поры до времени не были совместимы с признанием относительности пространства и движения, фактически обосновавшейся в *механике*. А какие обстоятельства в самой механике препятствовали признанию идей относительности?

Этому препятствовали, во-первых, несобственный характер некоторых размеров физических величин, а во-вторых, убежденность в том материалистическом положении, согласно которому реальность не может быть произвольной и которое Эйнштейн выразил в замечании: «Реальность не может быть ни

произвольной, ни субъективной, ее законы не могут зависеть от наблюдателя и его системы координат» [7].

Чтобы понять, о чем идет речь, обратимся к простейшим математическим методам создания физических картин.

В физике при использовании математического аппарата для описания поведения материальных тел принято использовать воображаемые конструкции, позволяющие указывать положение материального тела с помощью чисел — координат (само тело нередко представляется в виде материальной точки).

Такой конструкцией может быть, например, воображаемая система координат с тремя взаимно перпендикулярными осями. Система координат может привязываться к естественной системе отсчета или же рассматриваться как независимая.

Используя координатный метод в картине мира Птолемея или Коперника, удобно (хотя и не обязательно) совмещать начала координат (центры систем координат) соответственно с центрами Земли и Солнца. Если же координатный метод использовать для описания поведения материальных тел в абсолютном пространстве Ньютона, то систему координат удобнее всего связать с покоящейся в этом пространстве естественной системой отсчета, а начало координат (центр системы координат) можно безболезненно разместить в любой точке пространства, поскольку последнее в ньютоновском учении не имеет естественного абсолютного центра.

Систему координат часто удобно использовать как самостоятельную систему отсчета, хотя понятия «система отсчета» и «система координат» не тождественны. К одной и той же системе отсчета может быть привязано множество систем координат.

На рис. 1 изображены две находящиеся в одной и той же системе отсчета равноправные системы координат K и K' — каждая с взаимно перпендикулярными осями X, Y, Z и X', Y', Z' . Положение некоторой материальной точки в каждой из этих

систем координат задается тройкой чисел, соответственно x, y, z или x', y', z' , каждое из которых есть величина, характеризующая удаление точки от плоскости, проходящей через начало координат и перпендикулярной к соответствующей оси. Если оси X и X' , Y и Y' , Z и Z' попарно параллельны, оси X и X' лежат на одной линии, а система координат K' смещена относительно системы K по оси X на расстояние d , то:

$$x' = x - d; y' = y; z' = z. \quad (1)$$

Скорость v материальной точки в обеих системах координат совпадает, поскольку зависит от выбора системы отсчета, а не от типа системы координат и местоположения ее центра в данной системе отсчета. Системы координат K и K' могут быть сдвинуты относительно друг друга не только вдоль одной из осей, но и в любом другом направлении. Они могут быть и повернуты относительно друг друга. Могут использоваться системы координат с неперпендикулярными осями (косоугольные системы координат) и даже системы координат, в которых наряду с удалениями используются углы. Преобразования коор-

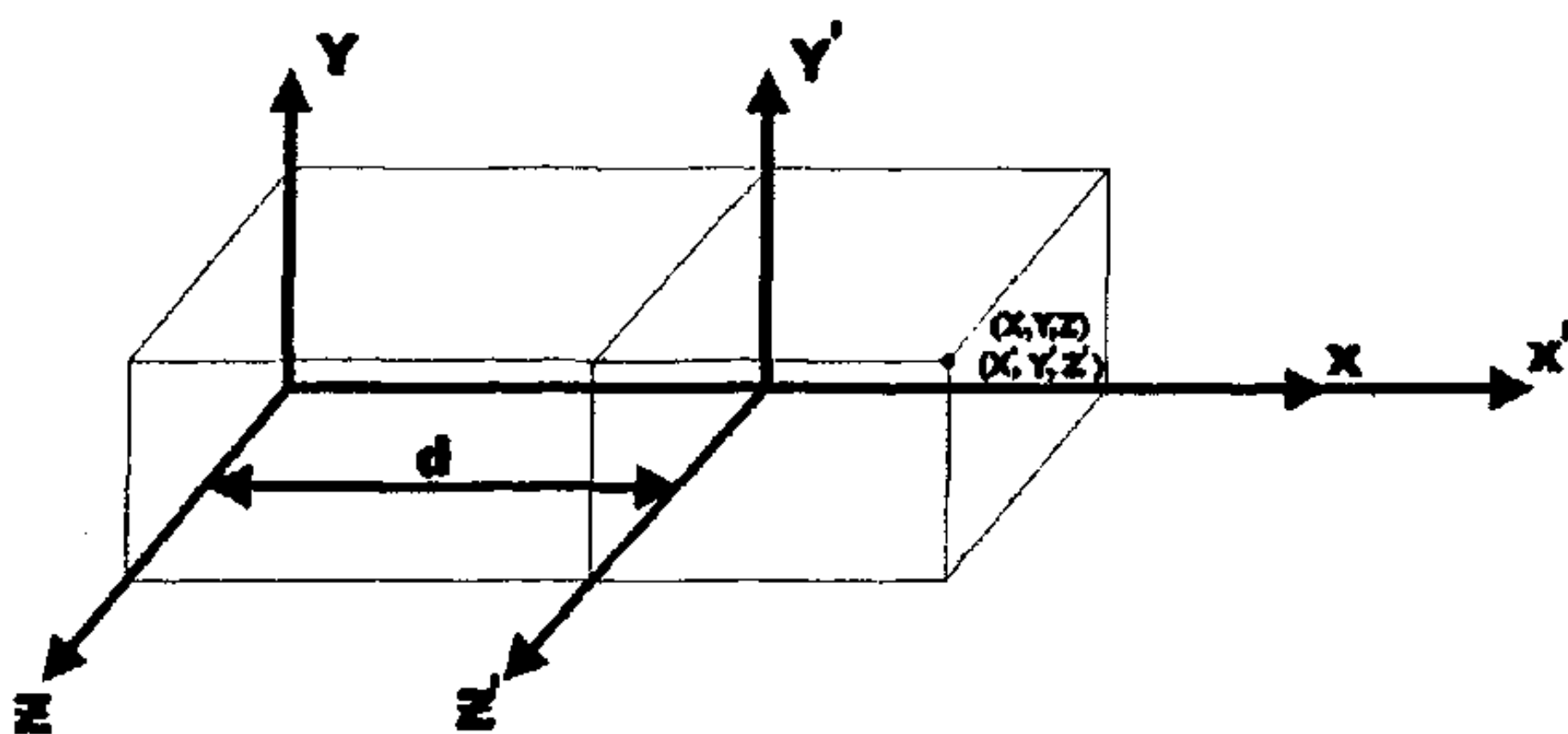


Рис. 1. Материальная точка в системах отсчета K и K' . Системы отсчета смещены относительно друг друга на расстояние d .

динат при переходе от одной системы координат к другой могут быть значительно сложнее преобразований (1).

Таким образом, положение одной и той же точки в пространстве может задаваться разными числами, но в *практической* физике нашего практического пространства — того, в котором мы ощущаем себя как в некотором вместилище, этих чисел всегда три. Этот факт называется трехмерностью пространства.

А бывают ли нетрехмерные пространства? В математике бывают. Так, двумерным пространством можно назвать плоскость. Для задания местоположения на плоскости достаточно двух чисел. Используются в математике и многомерные пространства — четырехмерные, пятимерные и «сколь угодномерные» (n -мерные). В пятимерном пространстве для задания местоположения точки требуется пять чисел. Нам, «трехмерникам», невозможно представить или нарисовать пятимерный шар или куб, но формально описать эти фигуры несложно. Например, объем пятимерного куба равен a^5 , где a — длина ребра куба (разумеется, объем такого «куба» должен измеряться не в кубических, а в «пятикубических» единицах).

В математике часто используется понятие длины проекции отрезка на координатную ось. Отрезком может служить часть воображаемой прямой линии, соединяющая две воображаемые точки или два реальных материальных точечных тела, например тела A и тела B . В физике роль отрезка может играть реальный стержень.

Координат материального тела, проекций отрезков и проекций реальных стержней на *воображаемые* координатные оси самих по себе в природе не существует, даже если речь идет о трехмерных координатных системах. Эти координаты познающий субъект может ввести вместе с вводом искусственной воображаемой системы координат. Произвольно изменяя положение и ориентацию системы координат или выбирая разные системы координат, субъект произвольно изменяет координата-

ты точек материального тела, длины проекций отрезков или длины проекций реальных стержней.

Соответствует ли факт произвольности координат и проекций упомянутому замечанию Эйнштейна о том, что «реальность не может быть ни произвольной, ни субъективной»?

Вполне! Во-первых, координаты материальной точки в воображаемой системе координат нереальны. Точнее, они не являются объективной реальностью — нереальны «вне головы» (как субъективные человеческие представления они реальны «в голове»). А во-вторых — и это главное, — координаты материальной точки не имеют никакого *физического* отношения к самой материальной точке. В принципе можно даже материализовать (изготовить) систему координат, сделав ее, например, из металлических спиц, однако если этими спицами не задевать материальную точку и другие тела, то присутствие спиц и действия с ними не скажутся на материальной точке и на месте ее нахождения в мире остальных реальных материальных тел. Как бы ни сложны были преобразования, все они независимо от координат и проекций приводят к одному и тому же результату — реальные расстояния между реальными материальными телами, длины стержней, форма и геометрические размеры реальных тел, взаимное расположение материальных тел остаются теми же. Этот результат есть необходимое условие правильности преобразований координат. Мы можем что-то выдумывать, но изменить окружающий нас реальный физический мир наши выдумки (и даже действия, не направленные на объекты окружающего нас мира) сами по себе не могут. Мир таков, каков он есть, а не таков, каким мы его делаем в своем воображении.

В абсолютном пространстве Ньютона каждое тело в заданный момент времени занимало свое место, т.е. не только *взаимное* расположение материальных тел, но и *собственное* местоположение каждого из этих тел в пространстве следовало рас-

смаатривать как вполне определенное и не зависящее от систем координат и от значений координат.

Мы рассмотрели покоящиеся относительно друг друга системы координат, принадлежащие одной и той же системе отсчета, однако могут использоваться и инерциальные воображаемые системы координат, находящиеся в разных системах отсчета. Если такие системы координат K и K' движутся вместе со своими системами отсчета относительно друг друга со скоростью v вдоль осей X и X' , причем начала координат этих систем в некий момент времени $t=0$ совпадают, то:

$$x'=x-vt; y'=y; z'=z. \quad (2)$$

Преобразования координат (2) называются преобразованиями Галилея.

Принцип относительности Галилея, провозглашающий одинаковость протекания механических явлений в разных инерциальных системах отсчета, в механике Ньютона представляется как неизменность формальной записи законов механики в разных инерциальных системах отсчета или как инвариантность (неизменность) уравнений Ньютона по отношению к преобразованиям Галилея.

Это значит, что если, например, в законы механики, записанные в координатах x', y', z' , подставить преобразования $x'=x-vt; y'=y; z'=z$, то новая форма записи этих законов после элементарных преобразований принимает прежний вид, отличающийся от исходного лишь обозначениями (отсутствием штрихов). Данный факт согласуется со второй половиной эйнштейновской фразы, приведенной выше.

Обратим внимание на следующий важный факт. **Законы** поведения **абстрактного** материального тела, как было сказано, в разных инерциальных системах отсчета одинаковые. Но **поведение конкретного** материального тела в них разное (например, разные скорость и траектория одного и того же тела).

Соответствует ли данное обстоятельство первой половине замечания Эйнштейна? Попробуйте, уважаемый читатель, сами ответить на этот вопрос.

Величины, которые в одной и той же системе отсчета изменяются при замене одной системы координат другой, будем называть координатными величинами. Величины же, остающиеся неизменными при таких заменах, называются инвариантами (неизменяющимися) к выбору системы координат.

Примером координатной величины может служить длина проекции отрезка прямой на ось координат, примером инвариантной к выбору системы координат величины, длина самого отрезка.

Часто, комбинируя координатные величины, можно получить величины, инвариантные к выбору системы координат.

Так, используя длины Δx , Δy , Δz проекций стержня на оси X , Y , Z воображаемой прямоугольной системы координат, можно получить значение длины l стержня из математического выражения

$$l^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2. \quad (3)$$

Значение l инвариантно (неизменно) по отношению к выбору системы координат. Можно взять любую другую повернутую или смещенную относительно системы координат X , Y , Z прямоугольную систему координат X' , Y' , Z' — координаты концов стержня и длины проекций при этом изменятся, но значение $l = \sqrt{(\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2}$ останется прежним. Так же изменяются при замене системы координат X , Y , Z на систему X' , Y' , Z' проекции векторной скорости V со значений V_x , V_y , V_z на значения $V_{x'}$, $V_{y'}$, $V_{z'}$, при этом модуль скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{V_{x'}^2 + V_{y'}^2 + V_{z'}^2}$ остается неизменным.

Величины, которые изменяются при замене одной системы отсчета другой, называются величинами, неинвариантными к

выбору системы отсчета. Величины же, остающиеся неизменными при таких заменах, носят название величин, инвариантных к выбору системы отсчета.

Например, в классической механике масса тела или длина стержня во всех системах отсчета одинаковы — это инвариантные к выбору системы отсчета величины, а скорость или кинетическая энергия тела разная вследствие неинвариантности скорости к выбору системы отсчета.

Пока речь идет о величинах вообще, каких-то проблем в правомерности понятий координатных и неинвариантных к выбору системы отсчета величин не возникает. Но величины бывают не только математическими, имеющими абстрактный характер, но и практическими **физическими**. Могут ли и физические величины быть координатными или неинвариантными?

Что такое практическая физическая величина?

Под практической физической величиной в метрологии понимают «свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта». Размером физической величины называют «количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина» [8–11]. Как правило, слово «размер» простоты ради опускают и говорят, например, не о размере массы тела, а о массе тела. Мы тоже часто будем пользоваться этим упрощением, помня, что под массой или длиной тела подразумеваются их размеры.

Размер физической величины является, как говорят метрологи, объективной реальностью и не должен зависеть от субъекта. Если бы это было не так, то метрология не была бы точной и объективной наукой.

Таким образом, в определении размера физической величины объекта четко указывается, что данный физический объект **содержит (заключает в себе)** определенное количество некоторого свойства (наверное, лучше было бы говорить не о свой-

стве, а о качественной особенности), т.е. является *носителем* последнего.

Представление о физических величинах в метрологии совпадает с обыденными представлениями о них.

Как, например, представляют себе размер массы физического тела люди, не знающие строгого определения физической величины вообще и массы в частности? Чаще всего полагают, что есть «что-то такое», называемое массой, что в определенном количестве содержится в данном теле, т.е. массу рассматривают как принадлежность (собственность) тела, а тело — как носитель этой массы (иногда в быту массу отождествляют с весом, однако и в этом случае полагают, что вес тела прямо связан с количеством вещества, содержащегося в теле).

Такое представление обусловлено уверенностью в том, что любое изменение массы тела может быть причиной каких-либо изменений в этом теле и только в нем. Вряд ли кто-либо на основании житейского опыта допустит мысль, что масса тела, которая вчера составляла 1 кг, сегодня может возрасти на 200 г, а само тело при этом не претерпит никаких физических изменений.

Важно различать размер физической величины объекта и значение физической величины объекта (правильнее было бы говорить о значении размера физической величины объекта). Размер — это принадлежность (собственность) объекта, а значение — результат измерения. Исходя из этого и опираясь на здравый смысл, можно предположить, что масса одного и того же тела (ради краткости мы говорим «масса тела», а не «размер массы тела») не должна зависеть от того, кто, в какой лаборатории и на каких измерительных приборах ее измеряет, измеренное же значение массы тела может быть различным в разных лабораториях хотя бы из-за неопытности лаборантов, неточности измерительных приборов или из-за того, что при измерении что-то было не учтено, т.е. можно допустить, что

значение размера массы тела зависит от субъективных факторов и может быть неточным или ошибочным, но сам **размер** массы тела неточным или ошибочным и зависящим от условий измерения быть не может.

Таким образом, значение размера физической величины материального объекта есть субъективная форма представления объективно реального размера. Разные значения одного и того же размера могут быть представлены с разной точностью и даже разными числовыми значениями.

Так, рост одного и того же человека, выраженный в сантиметрах и метрах, характеризуется числовыми значениями, различающимися в 100 раз (например, 175 см и 1,75 м). Однако сам рост человека отстается постоянным, поскольку единицы измерения (сантиметр и метр) также отличаются друг от друга в 100 раз.

Как говорят в метрологии, размер X физической величины инвариантен по отношению к выбору единицы измерения $[X]$ этой величины. Смена единицы измерения $[X]$ приводит к изменению числового значения $\{X\}$ величины, но размер $X = \{X\}[X]$ остается неизменным [8;10].

В отличие от практических физических величин нефизические величины могут иметь абстрактный характер. К таким величинам, по-видимому, следует отнести абстрактные величины, полученные путем расчетов, но не принадлежащие конкретным материальным объектам (например, средний рост человека). Так, в группе людей из пяти человек с ростом 175 см, 171 см, 182 см, 188 см и 174 см средний рост составляет 178 см, хотя носителя такого роста в этой группе нет. Рост 175 см в этой группе есть объективная реальность. Его можно измерить линейкой. Рост 178 см в данной группе никакой линейкой не измерить. Этого роста там нет. Рост 178 см в данной группе имеет смысл в рамках определения среднего роста. Нет определения, нет и среднего роста. Средний рост нереален «вне

головы». Он существует лишь в воображении, хотя и не является полностью субъективным. Он нереален «вне головы», но объективен в рамках его определения. Его нельзя «потрогать», а можно только вообразить и вычислить. Но так как вычислить его можно *только по результатам измерений* роста всех людей в группе, то эту задачу также следует считать метрологической.

Проекция реального стержня на *воображаемую* ось (мы не говорим о проекции отрезка, поскольку, как правило, отрезок уже сам по себе — чисто математическая конструкция) также нереальна «вне головы». Можно ли длину проекции материального стержня рассматривать как размер практической физической величины *стержня*?

В соответствии с определением — нет.

Длина проекции, будучи координатной величиной, сама по себе не характеризует стержня — она, как и сама проекция, существует лишь в воображении и не является его принадлежностью. Длину проекции стержня можно изменять, не оказывая никакого воздействия на стержень, а лишь мысленно и произвольно изменяя направление оси в пространстве. Длина же реального стержня может измениться лишь при наличии каких-то физических изменений (нагрева, растяжения и т.д.) в нем.

Правда, можно представить себе проекцию в виде тени, которую стержень отбрасывает, например, на землю или на ось-спицу реальной рукотворой системы координат, изготовленной из спиц. Тень — объективная реальность, но длину тени никак нельзя считать размером, принадлежащим стержню. Этот размер (длина тени) принадлежит самой тени, и изменить его можно, лишь физически изменяя тень, например поворачивая стержень или нашу бесполезную конструкцию из спиц.

Инвариантность размера длины стержня к мысленным математическим операциям с координатными осями в одной и той же системе отсчета является одним из необходимых признаков объективной реальности длины l .

Зависимость же длины проекции l_x от ориентации воображаемой координатной оси X , напротив, свидетельствует о том, что длина проекции l_x не является принадлежностью стержня самого по себе, а стержень не является физическим носителем математической величины l_x .

В классической механике такие реальные размеры физических величин, как размеры массы, электрического заряда, геометрические размеры данного тела, были инвариантными не только к смене ориентации и местоположения систем координат в одной и той же системе отсчета, но и к выбору системы отсчета. Независимо от скорости их движения по отношению к этому телу измеренные в них значения указанных размеров совпадали. Такие инвариантные к выбору систем отсчета размеры физических величин называли также абсолютными размерами.

Абсолютные размеры физических величин объекта являются принадлежностью этого объекта и могут быть изменены только вследствие каких-то физических, химических, биологических процессов, происшедших в данном теле. Так, форма и масса тела принадлежали этому телу и были одинаковы в покоящейся и в движущихся по отношению к этому телу системах отсчета. *Строго говоря, только абсолютные размеры физических величин материальных объектов принадлежат объектам (являются их собственностью) или, иначе говоря, имеют собственный характер и подпадают под определение размеров физических величин.* Но независимо от этих строгостей относительные величины в настоящее время также считаются физическими величинами. Наверное, метрологи полагают, что дефиниционные строгости им не нужны.

Справедливости ради заметим, что не всегда просто разобраться, какие величины в физике являются вспомогательными математическими, какие практическими физическими. Это полуфилософская задача, которая из-за не очень-то точных тер-

минов и понятий не всегда имеет единственное решение. Особенно сложно, если вообще возможно, даже в принципе, сделать такое разграничение сегодня в современной физике. Но отделить инвариантные величины от неинвариантных не так уж сложно.

А вы, уважаемый читатель, без труда восприняли факт существования инвариантных и неинвариантных физических величин? Понимаете ли вы, почему количество карандашей в коробке, количество электричества (электрический заряд) в данном теле или длина стержня не зависят от того, как мы располагаем воображаемые оси в воображаемой системе координат? А понимаете ли вы, почему количество карандашей в коробке или электрический заряд тела не зависят от того, в какой из систем отсчета мы находимся — в покоящейся или в движущейся относительно этих тел?

Если вы все это понимаете, то скажите, почему количество карандашей в коробке не зависит от того, в какой системе отсчета мы находимся, а длина карандаша зависит от этого (забегая вперед, замечу, что согласно специальной теории относительности она ведет себя именно так)?

Если вам нетрудно ответить на эти вопросы, то вы обладаете современным релятивистским мышлением, которого начисто лишены некоторые скептики. Последние опасаются того, что следующая специальная теория сверхотносительности разделяется и с количеством карандашей в коробке так же, как специальная теория относительности разделалась с длиной стержня, и заставит поверить физиков, что количество карандашей в коробке (как число голосов на выборах) зависит не от того, что в ней, а от того, кто и откуда их считает.

Неинвариантные к выбору системы отсчета, несобственные или, как их еще называют, относительные величины рассматривать как физические величины готовы далеко не все. А. А. Фридман рассматривал только собственные свойства как

физические [12], а А. А. Логунов называет неинвариантные величины координатными, нефизическими [13]. Реально не существующими такие величины были объявлены Я. П. Терлецким и Г. Минковским [1;3].

Но как же тогда быть хотя бы со скоростью тела и ее производными величинами (например, кинетической энергией)¹.

Ведь уже из практической механики и из математического аппарата механики Ньютона следовала относительность скорости, т.е., не нарушая основных положений практической и теоретической механики, скорость можно изменить не только путем физического воздействия на тело, но и попросту сменив систему отсчета. Относительная скорость тела **в соответствии с этими фактами** не принадлежала телу — не была его собственностью, т.е. имела несобственный характер. Правда, существовала гипотеза абсолютного пространства Ньютона, которая спасала ситуацию. В рамках этой гипотезы существовала выделенная абсолютная покоящаяся естественная система отсчета, и изменить путем замены системы координат можно было только кажущуюся местную скорость. Именно местная скорость в ньютоновской механике была относительной, и размер местной скорости не имел носителя. Абсолютная же скорость тела принадлежала телу и оставалась инвариантной (неизменной) — тело, в свою очередь, играло роль носителя этой скорости, и это снимало проблему².

Но гипотеза абсолютного пространства Ньютона рухнула. Неужели под ее обломками были погребены как физические и

¹ Что в классической механике следует считать основной и что производной величиной — большой вопрос. Иногда удобнее рассматривать скорость как производную величину от кинетической энергии.

² Можно было считать, что физическое воздействие на тело, сообщаящее телу ускорение, сопровождалось введением в него кинетической энергии, которая проявляла себя в абсолютном движении данного тела с определенной абсолютной скоростью.

те величины, включая скорость, которые были фундаментом физических и технических наук?

Часто физики, не учитывающие проблему носителя размера, говорят, что проблема относительности надуманна, что относительность и в физике, и вне ее тривиальна, всегда существовала и никому не мешала.

Действительно, относительность тривиальна и существовала всегда. Но проблема-то не в этом. Проблема в ответе на вопрос, затрагивает ли относительность реальный мир, или же она затрагивает только человеческие представления и понятия. Относительность понятий редко у кого вызывает сомнение.

Попробуйте перейти от поговорки о том, что все в мире относительно, к конкретному примеру, не относящемуся к физическим величинам. Попробуйте ответить на вопрос, что же относительно в мире, и вы неизбежно обнаружите, что все относительное либо субъективно, либо абстрактно. Такие понятия, как «большой», «далекий», «сильный», «много», действительно относительны, но это всего лишь понятия, причем понятия субъективные.

А можно ли считать относительной, например, раскраску поверхности полусферы шара, окрашенного наполовину черной, наполовину белой краской?

На первый взгляд — да. Ведь раскраска поверхности полусферы шара, как иногда говорят, зависит от того, с какой стороны наблюдатель на него смотрит. В действительности же это не так. Раскраска поверхности *конкретной* полусферы шара не является относительной. Конкретное множество материальных точек, отвечающее понятию «поверхность полусферы», имеет вполне определенную раскраску — черную, белую или смешанную (частично черную, частично белую). Поверхность шара обладает огромным количеством различных множеств материальных точек, отвечающих этому понятию. Раскраска

каждого из конкретных множеств точек полусферы не изменяется при переходе наблюдателя в другую точку пространства, ибо из другой точки пространства наблюдатель видит не первоначальное, а совсем другое множество точек поверхности шара.

Так что об относительности раскраски конкретной полусферы нельзя говорить, ибо не раскраска конкретной полусферы зависит от выбора точки наблюдения, а, напротив, выбор точки наблюдения зависит от того, какое конкретное множество точек поверхности шара, обладающих вполне определенной раскраской, желает увидеть наблюдатель. Доводы в пользу относительности раскраски поверхности полусферы в данном случае несостоятельны, поскольку основываются на неправомерной замене мест причины и следствия. Вернее, *об относительности раскраски полусферы можно говорить, но только в том случае, если под поверхностью полусферы понимать не конкретное множество точек, а абстрактное понятие, охватывающее все множества точек этой сферы, отвечающие понятию «поверхность полусферы».*

Возвращаясь к гипотезе абсолютного пространства, заметим, что в пользу этой гипотезы и в пользу положения о неравноправности инерциальных систем отсчета в более поздние времена говорил и факт несоблюдения инвариантности уравнений Максвелла, на которых была построена электродинамика, по отношению к преобразованиям Галилея.

И все-таки при всем авторитете Ньютона и Максвелла отношение к абсолютным пространству и движению было неоднозначным.

Неоднозначность отношения к движению и скорости как меры движения содержится и в существовании двух терминов — «скорость *тела*» и «скорость *движения* тела». Первый термин логически построен на признании собственного характера размера скорости, второй же отражает отчужденность размера

скорости от тела (скорость выступает здесь как характеристика процесса, а не как свойство тела).

3. ЭЙНШТЕЙНОВСКАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ

Ньютоновские представления об абсолютных пространстве, времени и движении продержались в классической физике до конца XIX столетия.

В конце XIX столетия, в 1887 г., Майкельсон и Морли попытались определить скорость движения Земли в абсолютном пространстве, измерив скорость света в разных направлениях. Майкельсон и Морли не случайно обратились к измерению скорости света, а не к механическим явлениям. Они знали, что в классической механике нет ничего, что свидетельствовало бы об абсолютном движении.

Результаты измерения оказались удивительными — скорость света на Земле во всех направлениях была одинаковой и равной фундаментальной постоянной c (около 300 000 км/с). Правда, можно было предположить, что совершенно случайно Земля в момент измерения скорости света покоилась в абсолютном пространстве. Чтобы не попасться на крючок этой случайности, эксперимент был проведен через полгода, когда скорость Земли должна была отличаться от первоначальной на 60 км/с. Однако ничего не изменилось. Скорость света на Земле по-прежнему была одинаковой во всех направлениях и равной постоянной c .

Эксперимент Майкельсона — Морли показал, что состояния движения и покоя невозможно различить не только с помощью механических явлений, но и с помощью явлений электродинамических.

Результаты эксперимента Майкельсона — Морли вместе с результатами ранее проведенных наблюдений (Брадлей, Физо) и экспериментов, исключившими гипотезу увлечения эфира

Землей, привели к глубокому кризису в физике. Выход из этого кризиса оказался одним из наиболее драматических периодов в развитии физики.

Макс Борн по этому поводу писал [14]: «Трудность, которую предстояло преодолеть путем применения принципа относительности к электродинамическим явлениям, заключалась в том, что необходимо было согласовать два следующих, по всей видимости, противоречащих друг другу утверждения:

1) Согласно классической механике, скорость любого движения для двух движущихся относительно друг друга наблюдателей имеет различные значения.

2) Согласно опыту, скорость света не зависит от состояния движения наблюдателя и имеет везде одно и то же значение c ».

В 1892–1895 годах голландский физик Г. Лоренц публикует работы, в которых им вводится гипотеза о сокращении длин тел при их движении в эфире. Одним из тех, кто признал важность работ Лоренца, был Пуанкаре, считавший теорию Лоренца «наиболее удовлетворительной из всего, что у нас есть...» [15]. Однако, отвергая теорию эфира, Пуанкаре не считал теорию Лоренца завершенной, хотя и полагал, что «она, бесспорно, лучше всех воспроизводит известные нам факты, освещает больше реальных соотношений, чем всякая иная, и принадлежащие ей черты войдут в наибольшем числе в будущее окончательное построение» [15].

В 1900 г. Пуанкаре «излагает свое критическое отношение к сохранившимся у некоторых ученых, в том числе и у Лоренца, надеждам обнаружить абсолютное движение Земли в более точных оптических и электрических опытах» [15]. «Что касается нашего эфира, то существует ли он в действительности?» – вопрошает Пуанкаре [15].

В 1905 г. вышла в свет работа Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел» [2; 16]. В ней *принцип относительности Галилея* был распространен на все законы природы, включая

закон распространения света. Однако *преобразования Галилея* оказались несовместимыми со всеобщим механико-электродинамическим принципом относительности. Взамен этих преобразований Эйнштейн использовал преобразования Лоренца, которые в простейшем случае, представленном на рис. 1, имеют вид:

$$x'=(x-vt)/\sqrt{1-(v/c)^2}; \quad y'=y; \quad z'=z; \quad t'=(t-xv/c^2)/\sqrt{1-(v/c)^2}. \quad (4)$$

Преобразования (4) снимают отмеченные М. Борном противоречия с приведенных выше утверждений об относительности движения материального тела и абсолютности скорости света.

Преобразования Лоренца не противоречат преобразованиям Галилея, так же как специальная теория относительности не противоречит механике Ньютона. При скоростях движения систем координат, значительно меньших скорости света c , член v/c стремится к нулю, преобразования Лоренца превращаются в преобразования Галилея, а механика Эйнштейна переходит в механику Ньютона.

Уже само название преобразований (4) подтверждает то, что специальная теория относительности — это не плод *выдумки* одного человека, как это иногда пытаются представить ее противники. В специальной теории относительности переплелись идеи и результаты труда многих физиков, в первую очередь Лоренца и Пуанкаре, хотя наиболее заметную роль в ее создании сыграл Эйнштейн. К преобразованиям (4) он, по его собственному признанию, пришел самостоятельно и независимо от Лоренца. Эйнштейн придал преобразованиям особый физический смысл, вытекающий из всеобщего принципа относительности.

Особенно интересно последнее преобразование Лоренца, показывающее, что время в двух инерциальных системах координат (лабораториях) протекает по-разному, т.к. $t \neq t'$. Это значит,

что каждая система координат, или лаборатория, должны быть снабжены своим независимым набором часов (Эйнштейн показал, что это должен быть именно набор, а не одни-единственные часы). У Лоренца, считавшего движение абсолютным, время в движущейся системе отсчета рассматривалось как местное в противовес «всеобщему» времени покоящейся системы отсчета. У Эйнштейна же времена в системах отсчета, движущихся относительно друг друга, рассматриваются как равноправные.

Уравнения Максвелла (а следовательно, и законы электродинамики) также оказались инвариантными (или, как еще говорят, ковариантными) по отношению к преобразованиям Лоренца. На основе нового принципа относительности *Эйнштейном было провозглашено полное равноправие всех инерциальных систем. Единственно верная абсолютная скорость тела перестала существовать. Тело лишилось свойства носителя абсолютной скорости, а все местные скорости тела получили равноправие.*

4. ДВИЖЕНИЕ — ИЛЛЮЗИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

«Движенья нет, сказал мудрец брадатый...» — так начинается стихотворение А. С. Пушкина «Движение».

Два с половиной тысячелетия прошло с тех пор, как «мудрецы брадатые» низвергли, как они полагали, движение в небытие. Мудрецы принадлежали к школе элеатов (древнегреческих философов, живших в VI и V вв. до н.э. в г. Элее). Элеаты, придя к выводу о логической противоречивости движения, заявили об иллюзорности последнего.

Известные апории (неразрешимые противоречия) элеата Зенона, в которых он стремился представить движение как обман чувств, более двух тысячелетий подвергались анализу математиков и философов и более двух тысячелетий не находили строгого опровержения. Так, излагая апорию «Стрела», доказа-

тельством обманчивости движения летящей стрелы Зенон считал то, что в любой отдельно взятый момент времени стрела находится в определенной точке пространства, а следовательно, покоится. Поскольку же стрела покоится в любой момент времени, то она вообще не движется.

Отмеченные Зеноном логические «неразрешимые противоречия» движения и «смертный приговор», вынесенный движению элеатами, не повлияли на познание движения. Как ни слаб был довод Диогена, не сумевшего логически опровергнуть выводы элеатов и принявшегося расхаживать перед сторонниками Зенона в знак доказательства существования движения, именно этим «слабым» доводом, а не «сильным» логическим приговором руководствовались мыслители древности, продолжавшие создавать картину мира, в которой движение сохраняло одно из центральных мест.

После разработки в XV в. Ньютоном и Лейбницем начал математического анализа бесконечно малых величин стало возможным строгое математическое доказательство несостоятельности рассуждений Зенона. «Новая отрасль математики, достигнув искусства обращаться с бесконечно малыми величинами, дает теперь ответы и на более сложные вопросы, казавшиеся неразрешимыми», — писал о математическом решении апорий Зенона Л. Толстой в романе «Война и мир».

Однако с появлением математического анализа проблема иллюзорности движения не исчезла. Показав несостоятельность *рассуждений* Зенона, математический анализ не дал ключа к опровержению самих *выводов* Зенона. Эти выводы, получив математическую поддержку, вошли в механику через другую дверь — через дверь релятивизма. Ведь, как было сказано выше, математический аппарат ньютоновской механики находился в полном согласии с принципом относительности Галилея. А в соответствии с принципом относительности стрела Зенона и летит, и покоится, хотя и не по той причине, которую указал

Зенон. Стрела, пущенная вслед кораблю с водной поверхности со скоростью корабля, летит относительно водной поверхности и покоится относительно корабля.

Пока принцип относительности Галилея имел ограниченный характер (ограничивался рамками механики), иллюзорность движения тела самого по себе не могла рассматриваться как безоговорочный факт, и сторонники реальности движения имели надежную точку опоры в виде абсолютного движения Ньютона. Однако с появлением специальной теории относительности ситуация изменилась. Концепция абсолютного движения пала, покой и движение тела приобрели равноправие и перестали существовать сами по себе.

Так можно ли в свете достижений физики XX столетия считать выводы элеатов неверными и отрицать иллюзорность движения тела самого по себе? ¹

В целом значительная часть физиков и философов не любит такую постановку вопроса. Чаше с их стороны говорится не об иллюзорности движения, а о том, что идея абсолютного движения несостоятельна, что движение относительно, а скорость тела самого по себе без указания системы отсчета не имеет смысла. Однако разница между иллюзорностью и бессмысленностью в данном случае имеет скорее лингвистический, чем смысловой характер. Не любят физики и встречающихся заявлений о неопределенности скорости тела. Нельзя говорить, что скорость тела неопределенна, полагают они, следует говорить не о неопределенности скорости, а о ее относительности, ибо по отношению к конкретной системе отсчета скорость физического тела вполне определена.

¹Вопрос об иллюзорности движения тела захватывает не только равномерное и прямолинейное движение. Мгновенная скорость ускоряющегося (или замедляющегося) тела, так же как и мгновенная скорость отдельной материальной точки вращающегося тела, всегда может быть сведена к нулю выбором соответствующей системы отсчета.

При этом, как правило, не уточняется, подразумевается ли под системой отсчета то, что мы выше назвали естественной системой отсчета, или же при указании скорости *реального физического* тела системой отсчета может служить и *воображаемый* объект. А это уточнение было бы крайне важным при поиске носителя размера скорости. Того самого носителя, который мы упоминали выше.

Однако поиска носителя скорости никто не осуществляет и никто не испытывает в нем нужды. Даже метрологи, для которых размер скорости, согласно их же определению, является количественным содержанием в *данном объекте* свойства, соответствующего понятию «физическая величина» (в данном случае понятию «скорость»), ухитряются обойтись без носителя, т.е. без *данного объекта*. А носитель такой существует¹, и его существование свидетельствует о преждевременности отказа от движения тела *самого по себе*. Это мы покажем в последующих главах книги.

Ньютон не напрасно защищал положение об абсолютности движения тела самого по себе. По отношению к движению тела самого по себе он оказался большим материалистом, нежели сами материалисты. Но, увы, он не был понят даже материалистами, многие из которых под давлением фактов были вынуждены сомневаться в абсолютном движении материального тела или вообще отвергать его. И все-таки, хотя положение об абсолютности движения единичного тела самого по себе издавна подозревалось в несостоятельности или отвергалось, окончательный — а ныне считается, что он окончательный, — приго-

¹Первое, что приходит в голову при попытке найти носитель скорости материального тела, — это считать таким носителем не данное тело, а материальную систему, состоящую из данного тела и материального тела, по отношению к которому рассматривается кинематическое состояние тела. Так, носителем скорости автомобиля, значение которой показывает спидометр, можно было бы считать систему, состоящую из автомобиля и участка земли, по которому этот автомобиль движется. В таком подходе есть некоторый смысл, но суть, как будет показано ниже, не в нем.

вор ему был вынесен специальной теорией относительности Эйнштейна.

5. В МИРЕ БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ

Признание несостоятельности идеи абсолютного движения отдельного тела самого по себе равноценно признанию иллюзорности и нереальности такого движения. Вместе с тем это признание не относится к движению в целом и к движению единичного тела относительно других тел. Факт движения некоторого тела A относительно тела B и его покоя относительно тела C следует рассматривать как абсолютный факт, поскольку этот факт не зависит от выбора системы отсчета.

Правда, как показывает специальная теория относительности, скорость сближения или удаления друг от друга тел A и B воспринимается в разных системах отсчета по-разному. Однако сам факт сближения или удаления этих тел сохраняется во всех системах отсчета. Таким образом, *относительное* движение можно считать объективным, реальным и, простите за каламбур, абсолютным. При соответствующем определении скорости¹ можно даже утверждать, что спидометр автомобиля показывает реальную *абсолютную* скорость движения автомобиля *относительно поверхности земли*.

Объективность относительного движения — важное обстоятельство, показывающее, что термин «в мире больших скоростей» не равноценен термину «в мире больших иллюзий».

Специальная теория относительности показала, что некоторые законы природы, которые воспринимаются как нечто само собой разумеющееся, кардинально нарушаются в мире

¹ Не вдаваясь в подробности, заметим, что таким «соответствующим» определением скорости автомобиля относительно поверхности земли не может быть, например, определение скорости автомобиля как разницы скоростей автомобиля и участка земли, по которому движется автомобиль.

больших скоростей и приобретают странную форму. Ознакомиться с основами специальной теории относительности более подробно читатель может, обратившись к научно-популярной и специальной литературе, недостатка в которой нет. Указанные в списке литературы к настоящей работе популярные книги [1;12;14;17–28] — лишь незначительная часть того, что можно найти по данному вопросу.

Одним из «странных» законов специальной теории относительности является закон сложения скоростей. В классической физике название закона говорит само за себя. Согласно этому закону, если скорость v_1 одного поезда относительно платформы равна 60 км/ч, а скорость v_2 другого поезда относительно той же платформы равна 40 км/ч и поезда идут навстречу друг другу, то скорость второго поезда относительно первого поезда определяется путем сложения скоростей по формуле $v_{1,2}=v_1+v_2$ и составляет 100 км/ч. В мире больших скоростей классический закон сложения нарушается. Скорость $v_{1,2}$ при скоростях $v_1=260\,000$ км/с и $v_2=240\,000$ км/с встречного движения определяется в соответствии с теорией относительности по формуле

$$v_{1,2}=(v_1+v_2)/(1+v_1v_2/c^2) \quad (5)$$

(здесь c — фундаментальная постоянная величина, равная скорости света) и составляет не 500 000 км/с, а всего лишь около 295 000 км/с. При скоростях $v_1=v_2=c$ скорость $v_{1,2}=c$. Закон, выражаемый этой простенькой, но удивительной формулой, открыт Пуанкаре и называется релятивистским законом сложения скоростей.

Вопреки классической модели физического мира, в которой предполагалось, что значение скорости света, распространяющегося в пустом пространстве с конечной скоростью c , измеренное в движущейся в том же пустом пространстве со скоростью v лаборатории, составит $c+v$ при встречном движении пучка и лаборатории и $c-v$ при их однонаправленном движе-

нии, оказалось, что измеренное значение скорости света относительно любой лаборатории всегда равно постоянной c . Таким образом, в специальной теории относительности не скорость света в абсолютном пространстве, а местная скорость света, т.е. скорость света в любой системе отсчета, впервые приобрела абсолютный характер.

Релятивистский закон сложения скоростей кажется невероятным. И не только он. Еще до создания теории относительности анализ результатов эксперимента Майкельсона — Морли показал, что при больших скоростях (при скоростях, близких к скорости света) должны обнаруживаться удивительные свойства материальных тел. Одним из первых таких свойств оказалось замеченное Фицджеральдом, а позже математически описанное Лоренцом (см. преобразования Лоренца) укорочение (или, как чаще говорят, сокращение) тела в направлении движения.

В рамках классической физики такое сокращение на арене абсолютного пространства было странным, но не парадоксальным, поскольку тело оставалось носителем геометрических размеров и изменяло эти размеры в результате физического воздействия на это тело. В том же, что путем физического воздействия на тело (разгоняя его до большой скорости) можно изменить эти размеры, ничего удивительного нет. Можно же, деформируя тело, изменить его длину, а прикладывая к телу силу и ускоряя его, увеличить его абсолютную скорость и энергию.

Лоренцовское сокращение, как его понимал сам Лоренц, носит причинный характер, т.е. является следствием физического воздействия на тело и результатом физического взаимодействия эфира и движущегося в нем тела.

Иначе этот эффект стал восприниматься тогда, когда лоренцовское представление мира больших скоростей сменилось эйнштейновской безэфирной релятивистской картиной мира

и Лоренцово сокращение стало рассматриваться не как абсолютный, а как относительный (или, как еще говорят, релятивистский) эффект. Что это значит?

Это значит, что длина тела и его скорость стали зависеть от произвольного выбора систем отсчета и, строго говоря, перестали принадлежать данному телу или объекту.

В специальной теории относительности не только длина, но и масса, энергия тела, длительность физических процессов, частота «тиканья» часов зависят от произвольного выбора систем отсчета.

Если, к примеру, в космическом пространстве встречаются две одинаковые ракеты R_1 и R_2 , летящие навстречу друг другу, то пассажиры ракеты R_1 обнаружат, что летящая ракета R_2 короче и массивнее их ракеты R_1 , а каждые из часов, которыми снабжена ракета R_2 , «тикают» реже, чем точно такие же часы, размещенные на ракете R_1 (рис. 2), в то время как пассажиры ракеты R_2 зафиксируют укорочение и «утяжеление» (правильнее — «умассивление») летящей ракеты R_1 и уменьшение частоты «тиканья» каждой из часов ракеты R_1 (рис. 3).

Если бы наблюдатели одной из ракет проследили за поведением одного из пассажиров другой ракеты, то они бы обнаружили, что все движения пассажира замедлены настолько же, насколько снижен темп хода его часов.

Укорочение предмета происходит только в направлении движения. Поперечные размеры предмета сохраняются.

Если пассажир ракеты повернет стержень из перпендикулярного к направлению движения положения в параллельное положение, то наблюдатели встречной ракеты обнаружат, что стержень в замедленном темпе поворачивается и при этом укорачивается. Сам же пассажир ни замедленности поворота, ни укорочения стержня не заметит.

Укорочение тела и прочие релятивистские эффекты, как было выше сказано, не являются следствием физического воз-

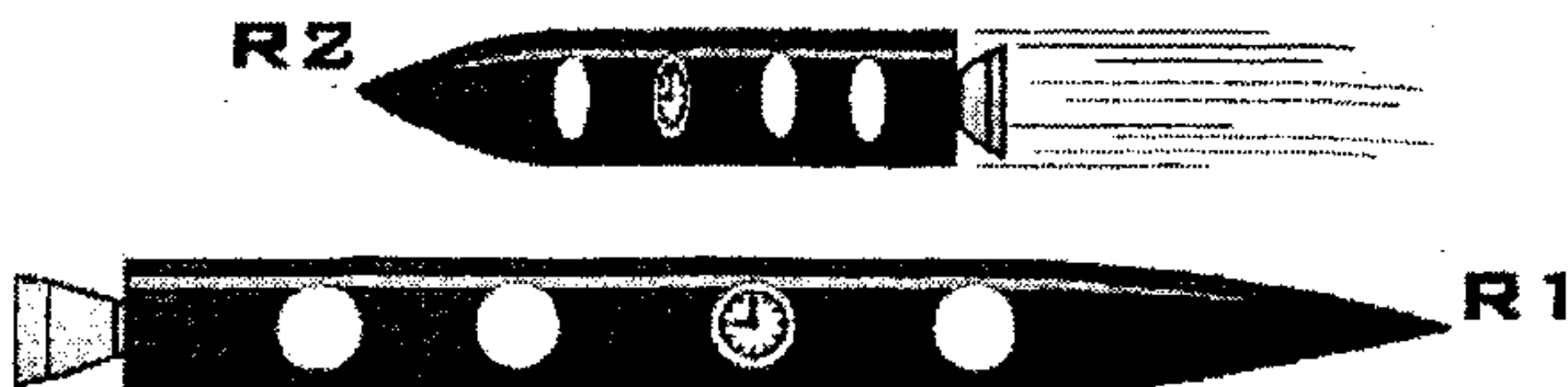


Рис. 2. Наблюдатели ракеты R_1 воспринимают свою ракету как покоящуюся в космическом пространстве и обнаруживают, что проносящаяся мимо них ракета R_2 короче и массивнее их собственной ракеты. Стрелка секундомера в одном из окон ракеты R_2 перемещается медленнее, чем стрелки их собственных секундомеров.

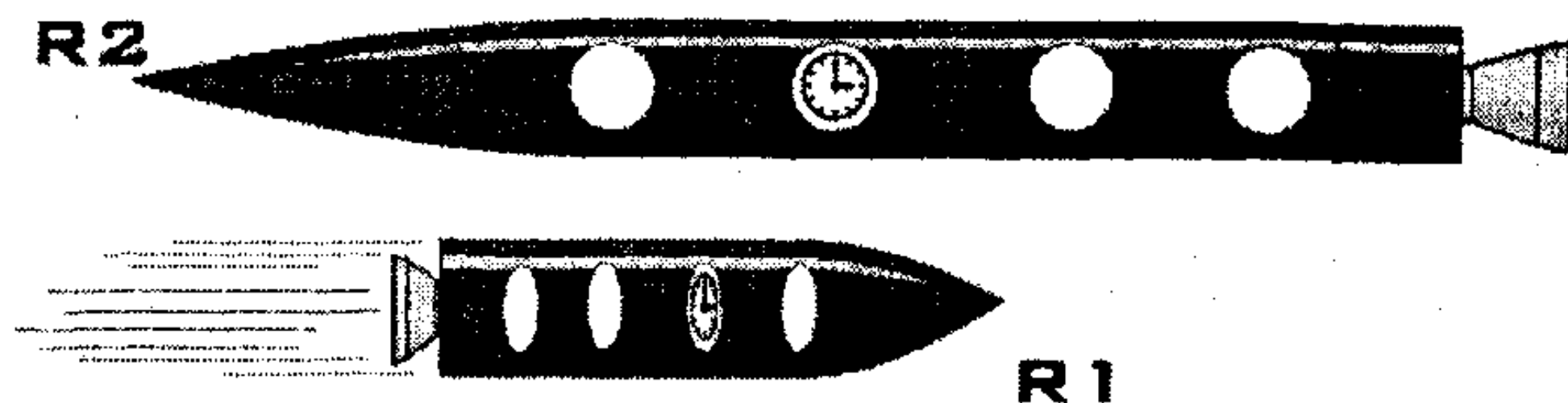


Рис. 3. Наблюдатели ракеты R_2 воспринимают свою ракету как покоящуюся в космическом пространстве и обнаруживают, что проносящаяся мимо них ракета R_1 короче и массивнее их собственной ракеты. Стрелка секундомера в одном из окон ракеты R_1 перемещается медленнее, чем стрелки их собственных секундомеров.

действия. Правда, мы можем изменить размеры относительных физических величин тела и путем физического воздействия на это тело, ускорив его по отношению к нам до какой-то скорости. Однако, увеличив, например, таким образом массу тела и укоротив его, мы не можем утверждать, что это тело **вследствие физического воздействия** «поднабрало» в себя массы и укоротилось и из-за этого стало массивнее и короче точно такого же тела, оставшегося с нами, ибо оказывается, что по отношению к равномерно и прямолинейно движущемуся после ускорения

телу движется, «поднабирает» массы и укорачивается оставшееся с нами аналогичное тело, т.е. физическое воздействие на тело, приводящее к его ускорению, и релятивистские эффекты не состоят в причинно-следственной связи.

Важным следствием специальной теории относительности является относительность одновременности, которая проявляется следующим образом.

Если, например, в очень длинном гипотетическом поезде (длина может составлять световые годы), мчащемся со скоростью, соизмеримой со скоростью света (в так называемом поезде Эйнштейна), в переднем и заднем вагонах произошли одновременные, с точки зрения пассажиров этого поезда, события, например одновременно загорелись электрические лампочки (рис. 4), то стоящие на столь же гипотетической очень длинной платформе люди обнаружат, что эти события не одновременные — одна из двух лампочек загорится раньше другой (рис. 5).

Если же во время прохождения поезда в разных концах платформы одновременно (с точки зрения стоящих на платформе наблюдателей) включатся фонари, то уже пассажиры поезда зафиксируют не одновременное, а последовательное загорание этих фонарей. Скорость света, излучаемого фонарями, стоящими на платформе, и прожектором, установленным на поезде, окажется одинаковой и равной c и на платформе, и в поезде.

Относительность одновременности проявляется только при пространственно разнесенных событиях. Если же события одновременно происходят в одной и той же точке пространства, то эта одновременность абсолютная. Например, события, состоящие в достижении центра поезда светом от одновременно (по часам наблюдателей поезда) загоревшихся лампочек переднего и заднего вагонов (встреча двух пучков), происходят в центре поезда абсолютно одновременно. Правда, истолковываться причина одновременности наблюдателями поезда и платформы будет по-разному.



Рис. 4. Наблюдатели в поезде видят проносящуюся мимо них платформу укороченной. В некоторый момент времени по часам наблюдателей поезда одновременно загораются лампочки в переднем и заднем вагонах. Свет от обеих лампочек достигает центра поезда одновременно вследствие покоя поезда и равенства скоростей света от обеих лампочек.

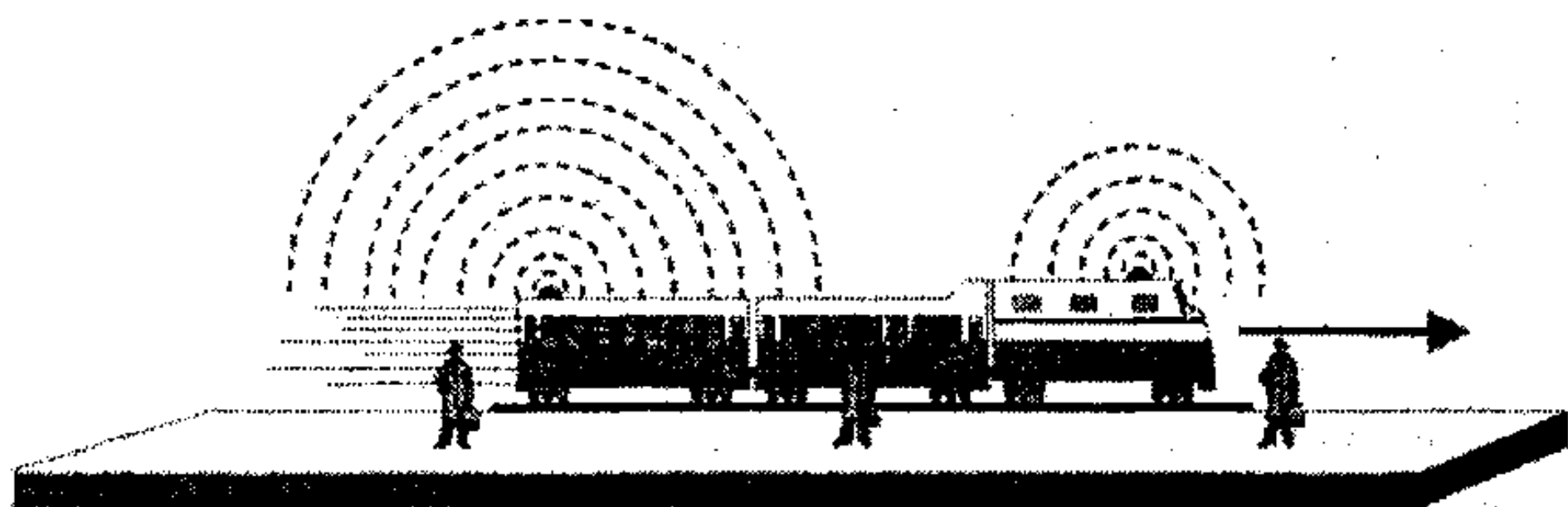


Рис.5. Наблюдатели на платформе видят проносящийся мимо них поезд укороченным. Загорание лампочек в переднем и заднем вагонах они фиксируют по своим часам как последовательные события – сначала загорается лампочка в заднем вагоне, потом в переднем. Свет от обеих лампочек достигает центра поезда одновременно вследствие того, что свету от заднего вагона нужно пройти большее расстояние, чем свету от переднего вагона.

Наблюдатели, находящиеся в поезде, будут утверждать, что лампы зажглись одновременно и пучки света, пройдя с одинаковой скоростью по половине длины поезда, встретятся в центре поезда одновременно.

Наблюдатели же, стоящие на платформе, заявят, что лампа в первом вагоне зажглась позже, чем лампа в последнем вагоне, но в силу того, что средняя часть поезда набегаёт на пучок света, испущенный лампой первого вагона и убегает от пучка света, испущенного лампой последнего вагона, оба пучка при одинаковой скорости света пройдут разное расстояние, но придут в среднюю часть поезда одновременно.

Таким образом, если, например, в центре вагона расположены два фотоэлемента, принимающие импульсы света с противоположных направлений, и лампочка, которая может загораться от питающего её электронного устройства (работающего по схеме совпадения «и») только при одновременном поступлении сигналов от фотоэлементов, то лампочка загорится «с точки зрения» обоих наблюдателей.

Пассажиры поезда и стоящие вдоль железнодорожного полотна наблюдатели обнаружат и другие «несуразицы». Так, если стандартная длина платформы равна стандартной длине поезда Эйнштейна при его стоянке, то тот же поезд, проносящийся мимо платформы, окажется, с точки зрения стоящих на платформе наблюдателей, короче платформы. С точки же зрения пассажиров поезда, ситуация будет совершенно противоположной. Они будут ощущать себя покоящимися, а платформу увидят движущейся и обнаружат, что мчащаяся мимо них платформа короче их поезда.

Теперь несколько замечаний по методике измерений и наблюдения релятивистских эффектов. Одним из основных условий правильности измерений является точность и согласованность показаний или, как ещё говорят, синхронность часов, расположенных в разных точках лаборатории. Для наблюдателей, едущих в поезде, это — часы, размещённые в разных вагонах, для наблюдателей на платформе — часы, установленные в разных точках платформы.

В тех случаях, когда можно обойтись одними-единственными часами, особых вопросов не возникает. Достаточно обеспечить высокую точность часов. Так, скорость света можно измерить с помощью одних-единственных часов, посылая световой импульс к зеркалу и принимая его после возвращения от отражающего свет зеркала. Зная расстояние между источником света и зеркалом и измерив время распространения света туда и обратно одними и теми же часами, можно рассчитать скорость света. Все измерения скорости света на практике осуществлялись именно таким образом. Именно таким образом был доказан и тот факт, что скорость света не зависит от скорости системы отсчета. Определенная таким образом в движущемся относительно платформы поезде и на платформе скорость света оказалась бы одинаковой и равной фундаментальной постоянной c .

Кажется, что измерить скорость света можно и другим путем, например используя двое пространственно разнесенных синхронно идущих часов и отправляя световой импульс от одних часов к другим. Зная расстояние между часами и засекая разными часами моменты испускания импульса источником и прихода импульса в конечную точку, нетрудно определить скорость света.

Но сколь бы естественным этот способ ни казался, им никто и никогда скорость света не измерял.

Мало того, иногда утверждается, что измерить ее таким образом вообще невозможно, так как невозможно однозначно синхронизировать часы. Синхронизация часов — очень болезненный вопрос в специальной теории относительности. Мы обратимся к нему ниже. Пока же будем считать, что часы данной системы отсчета идут синхронно, если наблюдатель, стоящий в средней точке между двумя любыми часами данной системы отсчета, видит одинаковые показания этих часов.

Синхронные часы в специальной теории относительности требуются на каждом шагу. Без них невозможно измерить даже длину проходящего поезда, ибо для измерения длины проносящегося мимо платформы поезда стоящие на платформе наблюдатели должны в один и тот же момент засечь положение головы и хвоста поезда и измерить расстояние между точками платформы, в которых в этот момент находились голова и хвост поезда. Так же, но используя свои синхронизированные часы, измеряли бы длину проносящейся мимо них платформы и наблюдатели, едущие в поезде.

В случае несинхронности часов, находящихся на платформе, измеренное на ней значение длины проходящего поезда окажется неверным. Неверным оно окажется и в том случае, если положение головы и хвоста поезда засекать, исходя из условия одновременности показаний часов поезда, даже если часы поезда идут точно и по отношению к самому поезду синхронно, т.е. если наблюдатели, едущие в голове и хвосте поезда, по своим часам одновременно оставят метки (например, краской с помощью кисти) на железнодорожном полотне, а наблюдатели, стоящие на платформе, измерят расстояние между оставшимися на полотне метками, то длина едущего мимо платформы поезда окажется неверной — она будет не меньше, а больше длины того же поезда, пребывающего в состоянии относительного покоя.

То, что это так, видно хотя бы из того факта, что наблюдатели в поезде в момент нанесения меток на платформе будут воспринимать платформу укороченной (поэтому по меньшей мере одну метку наблюдателям в поезде придется оставить именно на железнодорожном полотне, а не на платформе).

Физики говорят по поводу этого, что длина поезда, измеренная таким образом, измерена неверно.

Запомните, пожалуйста, это замечание.

Набор точных синхронных часов нужен и для того, чтобы в нужный момент времени сфотографировать с платформы поезд. Дело в том, что если сфотографировать поезд одним фотоаппаратом, то полученное на фотографии изображение поезда вряд ли устроит наблюдателей на платформе. Угол обзора фотоаппарата вряд ли позволит получить снимок всего длинного поезда — платформа находится близко к поезду, и хорошо будет, если в кадр поместится часть вагона. Конечно, можно себе представить фотоаппарат с углом обзора в 180° , но тогда сохраняется другая проблема. Полученный снимок поезда не будет мгновенным снимком — снимком в данный момент. Условию данного момента отвечает только изображение ближайшего вагона. Изображения же дальних вагонов в силу конечности скорости света будут соответствовать вагонам в более ранние моменты времени. По этой причине изображение поезда в целом окажется искаженным.

Поэтому лучше всего произвести фотосъемку поезда множеством фотоаппаратов, расставленных вдоль платформы. Тогда, делая в какой-то момент времени *одновременно* снимки всеми аппаратами, а затем совмещая полученные снимки, можно сделать фотомонтаж всего поезда в данный момент времени. В дальнейшем мы будем часто прибегать к методу фотомонтажа отдельных кадров воображаемой фото- или киносъемки рассматриваемых объектов.

Заметьте, что группа наблюдателей в поезде и группа наблюдателей на платформе синхронизируют часы независимо одна от другой. Нельзя ли это осуществить единым образом для всех наблюдателей в целом?

Нельзя, потому что невозможно согласовать темп хода часов в разных системах отсчета. Если бы стоящие на платформе наблюдатели понаблюдали за одними из часов, находящимися в поезде, и сравнили в разных местах платформы показания этих часов и показания часов, находящихся на платформе, то

они обнаружили бы, что разница показаний проезжающих часов (*одних и тех же!*) в этих местах платформы всегда меньше разницы показаний соответствующих часов (*разных!*), стоящих на платформе, т.е. темп хода проезжающих часов оказался бы меньше темпа хода часов платформы.

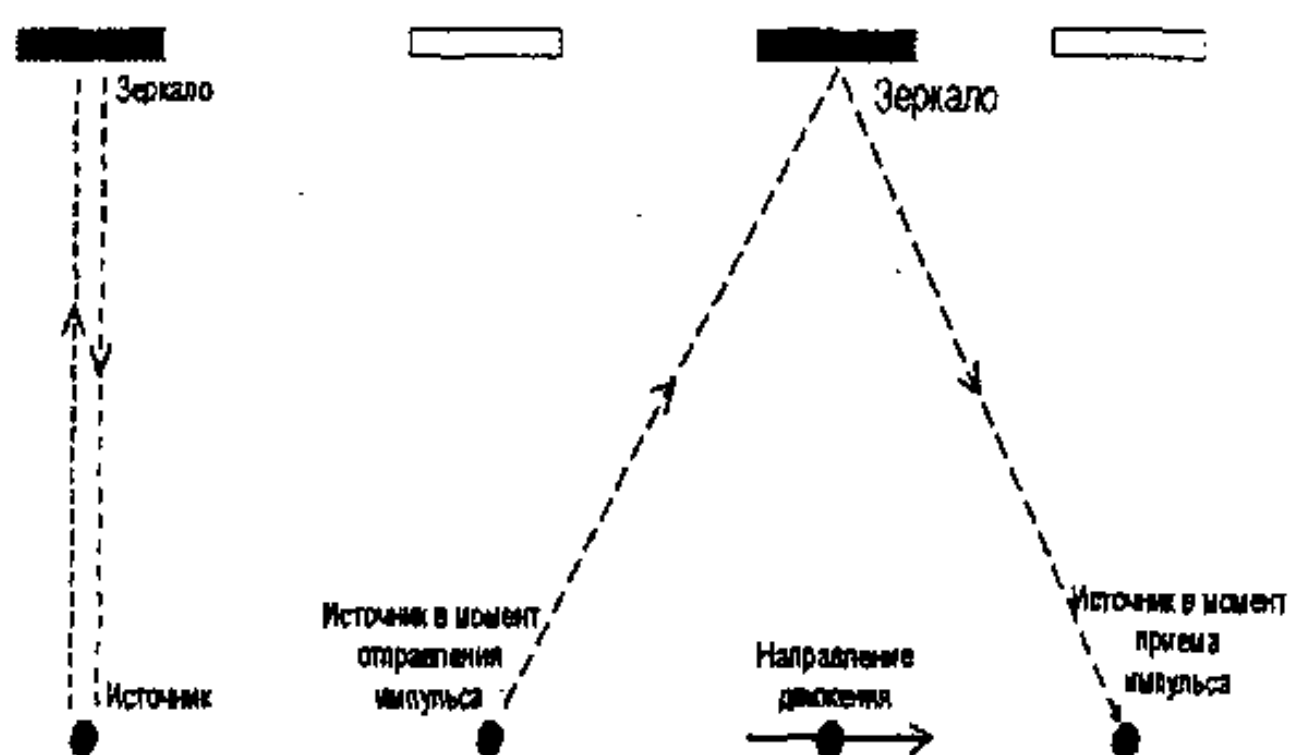


Рис. 6. Слева показан путь светового импульса, как его видят наблюдатели, находящиеся в поезде. Справа путь того же импульса, как он виден с платформы.

В замедлении хода часов нетрудно убедиться, проведя следующий мысленный эксперимент с учетом факта постоянства скорости света.

Представим себе, что в вагоне поезда находится импульсный источник света, расположенный на полу, часы и зеркало, установленное на потолке. Едущий в вагоне пассажир посылает световой импульс к зеркалу, принимает его после отражения от зеркала и возвращения в исходную точку и фиксирует моменты отправления и возвращения импульса. На все «путешествие» импульса, с точки зрения пассажира, потребуется время, определяемое скоростью света и двойным расстоянием между источником и зеркалом.

А как будет смотреться описанный эксперимент на платформе, мимо которой поезд движется с субсветовой скоростью? За время прохождения светом пути от источника к зеркалу и обратно источник света смещается на некоторое расстояние и свет, как видно из рис. 6, проделывает путь больший, чем

удвоенное расстояние между источником света и зеркалом. Так как скорость света на платформе такая же, как и в поезде, то время, требуемое на то, чтобы покрыть расстояние от источника к зеркалу и обратно, на платформе превышает время в поезде, т.е. разница показаний *одних и тех же* часов вагона между посылкой и приемом импульса меньше, чем разница показаний *разных* часов между этими событиями на платформе. Это показывает, что темп хода часов, находящихся в состоянии относительного покоя, превышает темп хода часов, пребывающих в состоянии относительного движения.

Легко провести и количественную оценку замедления времени.

Едущий в вагоне пассажир фиксирует моменты отправления t_1 и возвращения t_2 импульса. За это время импульс, с точки зрения пассажира, пройдет расстояние, равное $\Delta t c$, где $\Delta t = t_2 - t_1$.

С точки зрения наблюдателей на платформе, мимо которой поезд движется со скоростью v , за время $\Delta t'$ прохождения светом пути от источника к зеркалу и обратно источник света смещается на расстояние $\Delta t' v$ и свет проходит путь, равный $\Delta t' c$. Отсюда, используя формулу Пифагора, после несложных преобразований нетрудно получить

$$\Delta t = \Delta t' \sqrt{1 - (v/c)^2}. \quad (6)$$

Часто говорят, что если относительно друг друга пролетают два космических странника, Олег и Роман, снабженных одинаковыми часами (у каждого только одни часы), то, с точки зрения Олега, часы Романа идут медленнее его собственных, а с точки зрения Романа, медленнее идут часы Олега.

Такой эффект скептики считают абсурдным. Если часы Олега тикают реже часов Романа, говорят они, то часы Романа явно должны тикать чаще часов Олега.

Чтобы убедить скептиков в истинности и даже естественности этого эффекта, серьезные ученые в качестве аналогии

приводят эффект взаимного визуального уменьшения двух наблюдателей, Ивана и Петра, удаленных друг от друга на большое расстояние. С точки зрения Ивана, мал Петр, а с точки зрения Петра, мал Иван. Нелепость такой аналогии очевидна. Ясно, что речь здесь идет об оптическом эффекте, об иллюзии, а это никакого отношения к проблеме замедления часов не имеет.

Дело здесь в другом. Формула (6) не показывает, что одни часы идут медленнее других. Такое утверждение неверно, поскольку, проводя эксперимент с источником света и зеркалом не в вагоне, а на платформе (пучок света на платформе распространялся бы вдоль вертикальной линии) и наблюдая за наклонным распространением света из поезда, можно было бы получить, казалось бы, парадоксальный и не согласующийся с формулой (6) результат, а именно: $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - (v/c)^2}$ (из формулы (6) следует $\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - (v/c)^2}$). Формула (6) показывает (правда, не очень наглядно из-за неудачных обозначений), что разница показаний Δt *одних и тех же* часов (эту разницу лучше было бы обозначить $\Delta t_{\text{одних}}$) меньше разницы показаний ($\Delta t'$) *разных* часов (эту разницу следовало бы обозначить $\Delta t'_{\text{разных}}$). Используя более удачные обозначения, преобразования времен можно было бы записать: $\Delta t_{\text{одних}} = \Delta t'_{\text{разных}} \sqrt{1 - (v/c)^2}$; $\Delta t'_{\text{разных}} = \Delta t_{\text{одних}} / \sqrt{1 - (v/c)^2}$, а также: $\Delta t'_{\text{одних}} = \Delta t_{\text{разных}} \sqrt{1 - (v/c)^2}$; $\Delta t_{\text{разных}} = \Delta t'_{\text{одних}} / \sqrt{1 - (v/c)^2}$.

Замедление хода пролетающих мимо часов не может быть зафиксировано одними-единственными часами. Таковых должно быть как минимум двое. Замедление единственных часов Олега могут зарегистрировать Роман со своим другом, если они, став как можно дальше друг от друга и предварительно синхронизировав свои часы, снимут показания пролетающих единственных часов Олега в разных точках пространства (при этом сам Олег обнаружит ускоренную смену показаний последова-

тельно пролетающих мимо него часов Романа и его приятеля). Соответственно замедление единственных часов Романа могут зарегистрировать Олег со своим другом, отойдя подальше друг от друга (при этом сам Роман обнаружит ускоренную смену показаний последовательно пролетающих мимо него часов Олега и его приятеля).

Если бы Олег со своими друзьями расположились в пространстве вдоль линии прямолинейной траектории полета Романа и понаблюдали за его действиями, то они обнаружили бы, что не только перемещение стрелок часов, но и все движения Романа происходят замедленно. Мало того, жизненные (биологические) процессы Романа, с их точки зрения, тоже будут протекать в течение всего времени езды замедленно. Сам же Роман заметить этого не в состоянии.

И тем не менее, отвлекаясь от методики наблюдения, нельзя говорить о замедлении процессов мчащего мимо нас поезда.

Если, например, в одном из вагонов идущего мимо нас поезда некто танцует «Rock around the clock», а мы последовательно отслеживаем положение *одного и того же* очень узкого вертикального элемента (полосы) тела танцующего и узкого вертикального элемента часов, вокруг которых он танцует, из очень узких щелей окон разных вагонов, то мы придем к выводу, что танцующий совершает очень медленные движения, не соответствующие привычному ритму этого танца, а стрелки часов движутся замедленно.

Если же мы отслеживали бы поведение танцующего, следя за ним из одной и той же узкой вертикальной щели окна одного и того же вагона («сканируя» его и видя последовательно разные участки его тела), то мы обнаружили бы, что танец исполняется в бешеном даже для этого танца ритме, а стрелки часов перемещаются в щели очень быстро.

Специальная теория относительности справедлива только в рамках инерциальных систем отсчета. Никакие переходы из

одной системы отсчета в другую недопустимы. Пренебрежение этим требованием приводит к парадоксам. Одним из таких парадоксов является парадокс часов, или парадокс близнецов. Суть его в следующем.

Если Олег сядет на платформе в поезд и совершит скоростное путешествие до другой платформы и обратно, а Роман останется на месте и дождется странствующего Олега, то при встрече выяснится, что часы Олега отстали от часов Романа. Отставание зависит от скорости езды Олега и от расстояния, которое он проехал. При субсветовой скорости и покрытом расстоянии в несколько световых лет это отставание может составить годы — поэтому Олег может за это время почти не состариться, в то время как Роман состарится на несколько лет.

Но путешествие Олега можно условно разбить на три эпизода: проезд туда, поворот и проезд обратно. На первом и третьем этапах в соответствии со специальной теорией относительности Олег может считать себя покоящимся и поэтому может полагать, что не его часы отстанут от часов Романа, а, напротив, часы Романа отстанут от его, Олега, часов. Второй же этап можно сделать ничтожно малым по времени по сравнению с длительностью всего путешествия — поэтому кажется, что за время поворота не должно произойти ничего такого, что могло бы в корне изменить вывод Олега об отставании часов Романа. На самом же деле это не так. Общая теория относительности, которой мы здесь не касаемся, показывает, что за время поворота происходит нечто такое, что приводит к отставанию часов именно Олега. В рамках специальной теории относительности нужно помнить, что она справедлива только по отношению к инерциальным системам отсчета, а система отсчета, «привязанная» к Олегу, не инерциальна.

Остановимся еще на одном очень важном для дальнейшего рассмотрения вопроса моменте.

Если бы во время стоянки поезда с платформы был сделан фотоснимок поезда, то ничего особенно интересного наблюдатели на платформе не заметили бы. Но если бы поезд проезжал мимо платформы, то они бы обнаружили, что показания часов поезда не одинаковые (рассогласованные) — они увеличиваются в направлении к хвосту поезда, как это показано на рис. 7. Это рассогласование тем больше, чем выше скорость поезда. Данное обстоятельство наряду с фактом замедления темпа часов при их относительном движении показывает невозможность использования единого набора часов, распределенных по всему пространству. Набор часов, идущих синхронно в одной из систем отсчета, оказывается рассинхронизированным в другой системе отсчета.

Все, что говорилось о наблюдателях на платформе, в полной мере справедливо и по отношению к наблюдателям, рас-

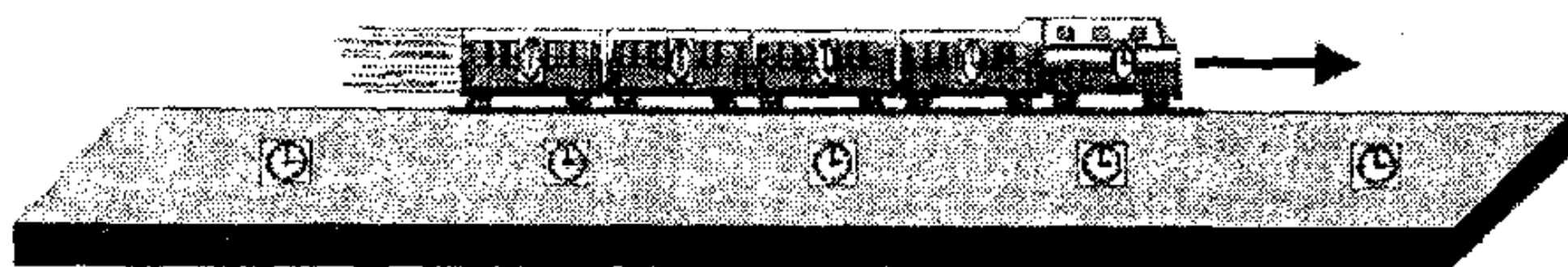


Рис. 7. Рассогласование показаний часов движущегося поезда, обнаруживаемое наблюдателями на платформе.

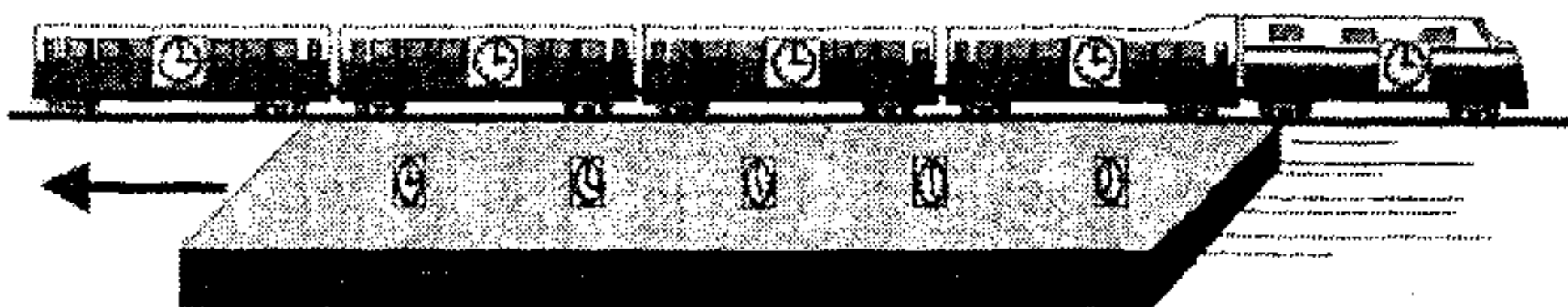


Рис. 8. Рассогласование показаний часов движущейся платформы, обнаруживаемое наблюдателями в поезде.

средоточившимся по всем вагонам поезда. В частности, если бы они, проезжая мимо платформы, сделали снимок платформы, то обнаружили бы рассогласование показаний часов на платформе (рис. 8).

Рассогласование показаний часов следует из преобразования времени преобразований Лоренца. Преобразование $t' = (t - xv/c^2) / \sqrt{1 - (v/c)^2}$ показывает, что показание t' часов «защитрихованной системы отсчета» не просто отличается от показаний t в какое-то число раз, определяемое коэффициентом $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$, но оказывается разным в разных сечениях этой системы, перпендикулярных оси X , поскольку зависит от координаты x .

Эффект рассогласования показаний часов в движущемся поезде будет для нас очень важным эффектом при выявлении факта абсолютного движения реальных объектов.

6. ПРОБЛЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ЧАСОВ

Вернемся к упомянутому выше «болезненному» вопросу синхронизации часов. Сразу заметим, что решение этого вопроса напрямую не связано с вопросом о «правильности» или «неправильности» специальной теории относительности. Существуют разные решения этого вопроса, однако ни одно из них не опровергает непротиворечивости специальной теории относительности как формы описания физического мира.

В чем же состоит суть проблемы?

Выше мы полагали, что часы данной системы отсчета идут синхронно, если наблюдатель, стоящий в средней точке между двумя любыми часами данной системы отсчета, видит одинаковые показания этих часов. Для того чтобы достичь этого эффекта, наблюдатели А и В, стоящие на платформе, обычно синхронизируют часы следующим образом.

В некоторый момент времени наблюдатель А посылает наблюдателю В световой импульс с сообщением о показании своих часов в момент отправки импульса. Наблюдатель В, зная, на каком расстоянии от наблюдателя А он находится, и полагая, что скорость света равна фундаментальной постоянной c , получив сообщение, устанавливает на своих часах показание, полученное путем суммирования показания, указанного в сообщении, и промежутка времени, необходимого для прохождения светом пути от наблюдателя А к наблюдателю В.

Аналогично поступают и наблюдатели А' и В', находящиеся в поезде и считающие поезд покоящимся, а платформу движущейся¹.

На первый взгляд кажется, что данный метод синхронизации безупречен и основывается на экспериментальном факте постоянства скорости света. Однако, как было отмечено выше, экспериментально доказан лишь факт постоянства *средней* скорости света на пути туда и обратно. Равенство же скорости света туда и скорости света обратно либо предполагается, либо считается очевидным.

Отметив невозможность измерения скорости света в одном направлении без произвольных допущений, Эйнштейн разорвал этот замкнутый круг, *предположив*, что скорость света от А к В равна скорости света от В к А, и дал на этом основании определение одновременности пространственно разнесенных событий [2]. Метод синхронизации часов, основанный на данном предположении, называется эйнштейновским методом синхронизации.

Однако не у всех есть уверенность в том, что скорость света от А к В непременно равна скорости света от В к А.

¹ Если движение платформы и покой поезда кажутся читателю подвохом, то он может заменить в своем воображении платформу встречным поездом или платформу и поезд встречающимися в космическом пространстве ракетами.

Анализируя эйнштейновский метод синхронизации, известный французский физик Л. Бриллюэн писал: «Следует подчеркнуть очень важную роль *эйнштейновского правила синхронизации часов* и фактической синхронизации часов по этому правилу в каждой системе отсчета. Это правило является произвольным и даже метафизическим. Его нельзя доказать или опровергнуть экспериментально; оно утверждает, что сигналы, распространяющиеся с востока на запад и с запада на восток, имеют равные скорости, тогда как опыт Майкельсона позволяет измерить только среднее арифметическое этих двух скоростей. Очевидно, что мы имеем здесь дело с неожиданной и непроверяемой гипотезой» [33].

Существует метод синхронизации, основанный на признании равноценности допущений как равенства, так и неравенства скорости света в противоположных направлениях при неизменности средней скорости света на пути «туда и обратно». Такой метод синхронизации называется методом Рейхенбаха¹ [18; 29–32].

Иногда даже предлагались теоретические модели анизотропного пространства, в которых использовался рейхенбаховский метод синхронизации часов и которые называли ϵ -СТО (ϵ — символ, смысл которого мы раскроем ниже, а СТО — специальная теория относительности). ϵ -СТО и эйнштейновская СТО являются формально непротиворечивыми моделями², адекватно³ описывающими поведение реальных физических объектов. В каждой из ϵ -СТО предполагается возможность существования пространства определенной степени анизотропии.

¹ Рейхенбах — американский философ, одним из первых рассмотревший синхронизацию часов с допущением неравенства скоростей света во встречных направлениях.

² Здесь о моделях говорится во множественном числе, поскольку параметр ϵ может принимать бесчисленное множество значений, каждому из которых соответствует своя ϵ -СТО.

³ Адекватно — не значит одинаково или единообразно. *Разные* адекватные теоретические пути ведут к правильному предсказанию одного и того же конечного физического результата.

Однако противники метода Рейхенбаха считают его формальным, а время, которое показывают часы, синхронизированные методом Рейхенбаха, нефизическим¹ и искусственным [34].

Итак, как измерить скорость света, распространяющегося от наблюдателя А к наблюдателю В?

Используя одни-единственные часы, это сделать невозможно. Если, например, установить рядом с наблюдателем В зеркало и, используя часы наблюдателя А, засечь момент времени $t_{A,1}$ послышки светового сигнала от А к зеркалу и момент $t_{A,2}$ его возврата после отражения от зеркала к А, то скорость $V = l_{ABA} / (t_{A,2} - t_{A,1})$ даст лишь среднюю скорость света на пути l_{ABA} от наблюдателя А к наблюдателю В и обратно.

Если же использовать двое часов, установленных в точках А и В, и попытаться измерить скорость света в одном направлении, то возникает другой вопрос — как синхронизировать эти часы?

Сверить их показания в точке А, а затем перенести одни из них в точку В?

Но, как показывают и *непротиворечивая* специальная теория относительности, и косвенные экспериментальные данные, и теоретические модели, построенные на незейнштейновском методе синхронизации, показание часов после их перемещения зависит от скорости их транспортирования. С какой же скоростью их транспортировать? Чем, например, медленное перемещение лучше быстрого или наоборот? Хотим мы того или нет, а для синхронизации таким способом мы должны отдать предпочтение какой-либо одной скорости из бесконечного множества возможных скоростей перемещения часов, посчитав ее

¹ Участники дискуссий о физическом характере времени часто преувеличивают связь физического момента времени и показания часов (или физического времени и хода часов) и недооценивают тот очевидный факт, что, например, разные показания часов разных часовых поясов могут относиться к одному и тому же физическому моменту. Ниже мы вернемся к этому вопросу.

единственно приемлемой и предположив, что при перемещении часов с данной скоростью они практически не рассинхронизируются. Предпочесть одну скорость другой, может быть, и несложно, но как строго доказать, что эта скорость и в самом деле наилучшая?

Можно, конечно, обойтись и без транспортирования часов. Например, можно синхронизировать часы, отправив световой импульс из точки А в точку В. Но тогда возникает другой вопрос — сколько времени потребуется свету на то, чтобы покрыть расстояние l_{AB} ? Как ответить на данный вопрос, если для этого нужно знать ту самую скорость света из А в В, которую мы и пытаемся определить в результате синхронизации часов?

Любопытно, что даже метод измерения скорости света, основанный на астрономических наблюдениях и использованный в свое время Ремером, дает возможность измерить лишь среднюю скорость света на пути «туда» и «обратно» [31].

Вопрос измерения скорости света в одном направлении является центральным вопросом всех дискуссий по проблеме синхронизации часов в теории относительности. Этому вопросу посвящено множество работ. С ним тесно связаны рождение и развитие такого направления философии, как конвенционализм.

Конвенционалисты считают скорость света в одном направлении результатом соглашения (конвенция — соглашение). Условие синхронности часов наблюдателей А и В, согласно принципу Рейхенбаха, имеет вид [29; 31]

$$t_B = t_{A,1} + \varepsilon \Delta t, \quad (7)$$

где ε — некоторый произвольный коэффициент, причем $0 < \varepsilon < 1$, а $\Delta t = t_{A,2} - t_{A,1}$ — промежуток времени между моментом $t_{A,1}$ послышки светового импульса наблюдателем А и моментом $t_{A,2}$ его возвращения (после отражения зеркалом наблюдателя В)

к наблюдателю А, а t_B — момент отражения импульса от зеркала наблюдателя В.

Скорость света на пути из А в В согласно условию (7) равна $c/2\varepsilon$, а на пути из В в А значению $c/[2(1-\varepsilon)]$.

Таким образом, наблюдатель В, находящийся от наблюдателя А, например, на расстоянии одного светового часа, получив от него световой импульс, отправленный в 3 часа, может в момент получения импульса (в момент прихода его к зеркалу) выставить на своих часах 3 часа с небольшим (ε близок к нулю), около пяти часов (ε близок к единице) или любое показание, лежащее между этими показаниями. В первом случае наблюдатели будут считать, что свет почти мгновенно¹ достигает зеркала (скорость почти бесконечна) и со скоростью $c/2$ возвращается обратно. Во втором случае соотношение скоростей обратное. В третьем случае скорости света в разных направлениях лежат в диапазоне между $c/2$ и бесконечностью². Частным случаем является условие $\varepsilon=1/2$. В этом случае часы оказываются синхронизированными эйнштейновским методом, а скорости света в противоположных направлениях становятся равными (и равными c).

Обычно, говоря о рейхенбаховской синхронизации часов, имеют в виду выставление часов в соответствии с условием (7) путем произвольного выбора коэффициента ε . Однако выставить часы методом Рейхенбаха можно и не решая буридановской проблемы выбора подходящего коэффициента в каждой из систем отсчета. Достаточно синхронизировать часы какой-либо одной опорной системы отсчета, взвалив груз проблем

¹ Почти мгновенно, а не мгновенно. Условие Рейхенбаха часто ограничивают неравенством $0 < \varepsilon < 1$, а не $0 \leq \varepsilon \leq 1$, т.е. значения параметра ε , равные нулю или единице, исключаются из рассмотрения.

² Иногда говорится, что в соответствии с условием Рейхенбаха скорость света может принимать значения от 0 до $2c$ [29]. Это действительно так, но чтобы получить такие значения, нужны дополнительные предположения [34].

произвольных допущений на наблюдателей этой системы отсчета, а затем воспользоваться показаниями часов этой системы. Если наблюдатели каждой из множества систем отсчета, мчащихся мимо опорной системы, договорятся выставить часы в разных точках своей системы ровно, к примеру, в 16 ч 00 мин 00 с по часам опорной системы отсчета, то часы всех систем отсчета окажутся выставленными методом Рейхенбаха с разными коэффициентами ϵ в разных системах отсчета.

В дальнейшем, чтобы не путаться в понятиях, мы не будем рассматривать эйнштейновский метод синхронизации как частный случай условия Рейхенбаха, а будем говорить об эйнштейновском ($\epsilon=1/2$) и неэйнштейновском, рейхенбаховском ($\epsilon \neq 1/2$) методах. Такое разграничение терминов правомерно, ибо говорить об условии синхронизации Эйнштейна как о частном случае условия синхронизации Рейхенбаха не вполне корректно. Скорее можно бы говорить об условии Рейхенбаха как об обобщении эйнштейновского и неэйнштейновского условий. Не Эйнштейн сузил условие Рейхенбаха, а Рейхенбах расширил условие Эйнштейна.

Использование неэйнштейновского метода синхронизации приводит не только к несовпадению скорости света в противоположных направлениях. Измерение длины проходящего мимо платформы поезда, осуществленное наблюдателями, находящимися на платформе, дает значение, зависящее от параметра ϵ , т.е. длина проезжающего поезда оказывается также следствием конвенций (соглашений).

Одним из основателей конвенционализма был Пуанкаре. Согласно точке зрения Пуанкаре, то, что Эйнштейном названо относительностью одновременности, проявляющейся в разных системах отсчета, является неопределенностью одновременности, которая имеет место даже в одной и той же системе отсчета и устраняется только путем дополнительных конвенций.

Почему скорость света в одном направлении оказалась таким крепким орешком? А может быть, он не столь уж крепок? Может быть, Эйнштейн и Пуанкаре поспешили с замечанием о невозможности измерения скорости света в одном направлении *без произвольных допущений* (без конвенций), не проанализировав детально этого вопроса, а впоследствии это замечание стало рассматриваться как истина?

То, что дело обстоит именно так, покажут рассуждения, которые будут приведены в главе 3 настоящей книги. Там мы докажем, что для измерения скорости света в одном направлении никаких допущений не требуется и что скорость света в замкнутой лаборатории в любом направлении равна фундаментальной постоянной c . Однако доказательство этого факта не позволит нам объявить неверным неэйнштейновский метод синхронизации часов. Напротив, правомерность использования неэйнштейновского метода окажется также доказуемой и не связанной ни с какими допущениями.

7. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ. АБСОЛЮТНОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ. ВЫМЫСЕЛ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Положение об абсолютности пространства оказалось слабым звеном в цепи ньютоновского учения.

Один из главных ударов в процессе релятивистской ломки традиционных представлений о физическом мире был нанесен именно по этому положению. Рассмотрение пространства как неподвижного вместилища (сформированного множеством неподвижных точек) оказалось неверным. Никаких точек, в которых материальная точка могла бы рассматриваться как покоящаяся, и никаких абсолютных траекторий в пространстве не оказалось.

Показав, что геометрические размеры любого (одного и того же) материального тела, а также длительность любого (одного и того же) процесса отличаются в разных инерциальных системах отсчета, специальная теория относительности дала повод для провозглашения относительности пространства и времени. Под относительностью пространства стали понимать зависимость местоположения, кинематического состояния, геометрических размеров и формы физического тела от произвольного выбора системы отсчета, а под относительностью времени — зависимость от такого выбора длительности процессов (темпа хода часов) и невозможность единой синхронизации разных наборов часов, движущихся относительно друг друга.

В рамках релятивистских представлений о пространстве и времени отношение к ним у ряда физиков и философов такое же, как и их отношение к движению и вообще ко всему относительному. Если относительная скорость движения единичного тела рассматривается этими физиками и философами как свидетельство иллюзорности движения тела *самого по себе*, то относительность пространственных и временных характеристик рассматривается ими как свидетельство иллюзорности, нереальности пространства и времени *самих по себе*. Обратитесь еще раз к фразе Эйнштейна о том, что «реальность не может быть ни произвольной, ни субъективной, ее законы не могут зависеть от наблюдателя и его системы координат»!

Но что такое нереальность чего-либо *самого по себе*? На этой фразе может быть построено много спекуляций. В мире все взаимосвязано. Это сегодня общеизвестно и общепризнано. И словосочетание «само по себе» не отрицает факта этой взаимосвязи. Можно ли утверждать, что книга, которую вы держите в руках, нереальна *сама по себе*, поскольку все в мире взаимосвязано. Если не впадать в софистику, то нет. Утверждение о нереальности того или иного объекта *самого по себе* делается *с учетом факта взаимосвязи объектов физического мира*. Если

под фразой «само по себе» понимать отсутствие этой взаимосвязи, то в мире вообще ничего «самого по себе» нет и нечего об этом говорить. Так что, когда о нереальности пространства и времени *самих по себе* говорят философы, то, по-видимому, они имеют в виду не необходимость учета взаимосвязи между реальными пространством и временем, а нереальность как таковую («*саму по себе*»!).

Отметим, что понятие пространства распространяется не только на то физическое трехмерное пространство, которое человек воспринимает как некое вместилище. Существуют и формальные математические пространства. Так, плоскость, если исключить из рассмотрения все, что расположено вне нее, можно рассматривать как двухмерное пространство. Иногда даже шутки ради представляют себе неких гипотетических двухмерных существ — плосковитян или 2-существ, живущих в этом плоском двухмерном пространстве. Эти 2-существа не могут выйти за пределы своего 2-пространства, они не могут представить себе нашего трехмерного пространства, а мы с высоты нашего третьего измерения можем наблюдать за их проблемами.

Можно представить себе наличие среди плосковитян уникамов, которые обладают способностью «выскакивать» из плоскости в третье измерение и возвращаться обратно, но, к примеру, уже в другую точку плоскости. Этот трюк уникама может потрясти обычных простых плосковитян, так как, не подозревая о существовании третьего измерения, они воспримут трюк как исчезновение своего соплосковитянина в одном месте и появление его в другом.

Плоскость-пространство плосковитян может быть прямой и ровной, а может быть кривой, изогнутой, покореженной в трехмерном пространстве. Мы это можем обнаружить без проблем. А плосковитяне? Если они не очень умны, то им этого никогда не заметить, но если их двухмерный мозг достаточно развит и они знают геометрию, то они могут догадаться об этом,

даже не выходя из плоскости, а произведя геометрические замеры. Как? Мы не будем останавливаться на этом, так как этот вопрос для нас несуществен и освещен во многих книгах и статьях.

Зададимся теперь таким вопросом: а не могут ли плосковитяне существовать в действительности? Уж слишком красиво с ними все получается, чтобы отказываться от такого допущения.

Читателю, не склонному к фантазированию, такая мысль покажется бредовой. Но, как показывает практика, есть немало людей, для которых красивая фантазия милее скучной реальности. «А почему бы и нет?» — думают они. И вправду, где грань между признанием вымысла возможным и невозможным? А если этот вымысел математический? Лобачевский и Риман показали всего лишь непротиворечивость неевклидовой геометрии, а оказалось, что это не выдумка, а геометрия реального мира. Двухмерный мир с плосковитянами тоже математический вымысел, и если Иван не верит в возможность существования плоскоголовых плосковитян с плоскими мозгами, то почему в них не поверить Петру?

Ну, что касается плосковитян, то стычек по поводу их реальности в целом нет. Не верит народ в плоскомозгих. Но есть такие стычки по вопросу реальности многомерных миров. Не является ли реальное пространство 4-, 5- или вообще n -мерным, но мы не способны представить себе этого? Частенько на этот вопрос дается положительный ответ. Особенно часто говорится о существовании четырехмерного мира. Четырехмерные существа — это те самые, которые взирают на нас, как мы гипотетически взирали на плосковитян.

В соответствии с некоторыми представлениями о четырехмерном мире особенно талантливые наши сотрехмерные (те, что с трехмерными мозгами, но с четырехмерными возможностями) могут через четвертое измерение непостижимым для нас способом перескакивать из одной области нашего трехмер-

ного пространства в другую. Возможны в соответствии с такими представлениями и другие непостижимые для нас явления. Ими могут быть ясновидение, спиритизм и прочие чудеса. Но так как в науке чудес не бывает, то сторонники этих представлений переименовывают чудеса в «каузальные аномалии». «Следует строго различать понятие «чуда», не имеющего ничего общего с наукой, и понятие каузальной аномалии», — пишут авторы книги «Четырехмерность пространства и времени» [35].

Удивительно то, что вся эта мистика имеет под собой почву.

Так, согласно специальной теории относительности, длина l стержня перестала быть инвариантом по отношению к выбору системы отсчета. Однако вскоре после разработки Эйнштейном начал специальной теории относительности Минковский обнаружил, что если измерить расстояние между двумя точками пространства A и B , в которых в моменты времени t_1 и t_2 произошли кратковременные (мгновенные) события α и β (например, вспышки), и время Δt между событиями α и β равно $t_2 - t_1$, то величина

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - (c\Delta t)^2 = \text{const}, \quad (8)$$

где Δx , Δy , Δz — длины проекций отрезка AB на оси X, Y, Z прямоугольной системы координат, а c — постоянная, равная скорости света в пустоте, оказывается постоянной, инвариантной к произвольному выбору системы отсчета. Инвариантность величины, определяемой из выражения (8), оказалась удивительным фактом, который был бы еще удивительнее, если бы перед последним членом стоял знак плюс. В этом случае выражение (8) было бы схоже с ранее упоминаемым выражением (3), а величину const можно было бы рассматривать как четырехмерное расстояние между событиями α и β в четырехмерном пространстве. Но заменить плюс на минус в математике дело плевое. Чтобы избавиться от постылого минуса в выражении (8),

последний член ($c\Delta t$) подменяется членом $i c\Delta t$, где $i = \sqrt{-1}$ — мнимая единица, и нужная формула готова. Вот она:

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 + (i c\Delta t)^2 = L_4^2. \quad (9)$$

Величина L_4 называется пространственно-временным интервалом. Индексом 4 мы подчеркнули четырехмерность этой величины.

Если величину $i c\Delta t$ обозначить $\Delta \tau$, то выражение инвариантности приобретает еще более красивую форму

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 + (\Delta \tau)^2 = L_4^2 \quad (10)$$

и становится похожим на упомянутое выше выражение $(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 = L^2$, но не трех-, а «четырёхкоординатное». Системы координат X, Y, Z и X', Y', Z' в этом случае следует снабдить четвертыми осями соответственно T и T' и превратить их в системы координат K_4 (с осями X, Y, Z, T) и K_4' (с осями X', Y', Z', T').

На первый взгляд кажется, что инвариантность выражения (10) при нарушении инвариантности первых трех членов невозможна. Действительно, если события α и β произошли одновременно и $\Delta \tau = 0$, то кажется, что при замене системы отсчета X, Y, Z, T на систему отсчета X', Y', Z', T' , в которой длина отрезка $A'B'$ отличается от длины отрезка AB , L_4 не может сохраниться. Так как $(L_4')^2 = (\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2 + (\Delta \tau')^2$, а $(\Delta x')^2 + (\Delta y')^2 + (\Delta z')^2 \neq (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2$ и $(\Delta \tau')^2 = 0$ вследствие одновременности событий α и β , то рассчитанное в системе отсчета X', Y', Z', T' значение L_4' должно быть меньше, чем значение L_4 .

Но дело в том, что в специальной теории относительности одновременность относительна и $(\Delta \tau')^2$ в системе отсчета X', Y', Z' будет отличной от нуля, причем в такой степени, чтобы L_4' оказалось равным L_4 .

Еще раз обратим внимание на то, что в специальной теории относительности пространственно-временной интервал приня-

то рассматривать как «четырехмерное расстояние» не между предметами, а между событиями. Например, это четырехмерное расстояние не между двумя *пистолетами*, а между двумя *выстрелами* из пистолета.

Если, например, Роман, едущий в поезде, не сходя с места, делает два следующих друг за другом выстрела из пистолета, то, с точки зрения Романа, он произвел оба выстрела в одной и той же точке пространства. С точки же зрения Олега, стоящего на платформе и наблюдающего за ездой Романа, выстрелы были произведены в разных точках пространства, даже если поезд едет с малой земной скоростью. Трехмерное расстояние между точками пространства, в которых были произведены выстрелы, равно нулю в системе отсчета Романа (в поезде) и величине, равной произведению скорости поезда на период времени между выстрелами, в системе отсчета Олега (на платформе).

Разница расстояний между точками, в которых были произведены выстрелы, в поезде (где расстояние между этими точками равно нулю) и на платформе может быть значительной и на первый взгляд кажется, что она не может быть полностью компенсирована очень небольшой разницей времен между выстрелами в поезде и на платформе. Однако такая компенсация не только возможна — она всегда имеет место из-за того, что величина c^2 очень велика.

Если в момент первого выстрела Романа *одновременно* с ним из пистолета выстрелил Артем, едущий в другом вагоне, то при малых «земных» скоростях расстояние между точками пространства, в которых были произведены первый выстрел Романа и единственный выстрел Артема, окажется практически равным и для Романа, и для Олега. При больших субсветовых скоростях расстояния между точками в пространстве и промежутки времени между выстрелами окажутся разными для наблюдателей на платформе и для наблюдателей в поезде. Од-

нако интервал, рассчитанный по формуле (9), окажется постоянным. На него не окажут влияния обнаруживаемые в поезде и на платформе разница промежутков времени между моментами времени выстрелов и разница расстояний между точками пространства, в которых произведены эти выстрелы.

Частным случаем результатов измерений промежутков времени между следующими друг за другом выстрелами Романа и расстояний между точками пространства, в которых они произошли, являются результаты их измерения наблюдателями в поезде. Расстояние между точками, в которых были произведены выстрелы, в этом случае равно нулю, последний член отрицателен и величина L^2_4 отрицательная.

Определенный по формуле (8) интервал между событиями, квадрат которого отрицателен, называют времениподобным интервалом.

Частным случаем получения результатов измерений промежутков времени между выстрелами и расстояний между точками, в которых произошли выстрел Артема и первый выстрел Романа, является результат их измерения наблюдателями в поезде. Промежуток времени между выстрелами в поезде равен нулю (выстрелы произошли по часам наблюдателей в поезде одновременно), а расстояние является действительной величиной, в силу чего и величина L^2_4 положительная.

Такие интервалы между событиями, имеющие действительные значения, называются пространственноподобными интервалами.

Если события разделены пространственноподобным интервалом, то всегда существует система отсчета, в которой эти события происходят одновременно в разных точках пространства, и не существует системы отсчета, в которой они происходят в одной и той же точке.

Если же события разделены времениподобным интервалом, то существует система отсчета, в которой они происходят в од-

ной точке, но ни в одной из систем отсчета эти события не происходят одновременно.

Если интервалы, которые разделяют события, равны нулю, то их называют светоподобными интервалами. Время между событиями, разделенными светоподобными интервалами, и расстояние между точками, в которых они произошли, таковы, что частное от деления этого расстояния на время равно постоянной c .

Впоследствии кроме пространственновременного интервала были обнаружены и другие четырехмерные «аналоги» трехмерных величин, например энергия-импульс, инвариантная к произвольному выбору систем отсчета. Формально (математически) относительные трехмерные величины иногда рассматривают как «проекции» четырехмерных инвариантных величин на пространство и на время.

Например, расстояние $l = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$ формально можно рассматривать как «проекцию» инвариантного интервала L_4 «на пространство», а величину Δt как проекцию того же интервала «на время». Замену системы координат K_4 на систему координат K'_4 с соответствующим изменением координатного расстояния l между точками, в которых произошли события α и β , и координатного промежутка времени между событиями α и β можно представить себе как некий «поворот» четырехмерной системы координат в пространстве-времени, не влияющий на «реальный» пространственно-временной интервал L_4 .

Придав идее четырехмерного пространства математический смысл и считая инвариантность четырехмерных величин доказательством реальности «вне головы», Минковский объявил четырехмерный мир реальным, а его «тени» или «оси» — время и трехмерное пространство как таковые — фиктивными. «...Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в тени и лишь некоторый вид соединения

обоих должен еще сохранить самостоятельность», — заявил Г. Минковский [12].

Четырехмерные величины стали рассматриваться как элементы, формирующие четырехмерный мир Минковского, а четырехмерное пространство (пространство-время) Минковского превратилось в арену, на которой происходят освобожденные от относительности процессы.

Однако не только реальное, но даже формальное превращение времени в четвертую координату вызывает сомнение. Величина $ic\Delta t$ мнимая, а если от мнимой единицы избавиться, то условие инвариантности (10) превращается в условие инвариантности (8) с появлением знака «минус», что подтверждает искусственность приписывания времени роли четвертой «пространственной» координаты.

Когда-то В. Паули, правда по другому поводу, заметил: «Нельзя объединять то, что Господь сотворил отдельно». Не относится ли данное замечание в полной мере и к единому пространству-времени?

8. ЧУТЬ-ЧУТЬ ФИЛОСОФИИ

В предпосланных на стр. 11 настоящей главы эпиграммах отражены довольно распространенные убеждения в предельной ясности механики Ньютона и в туманности эйнштейновской теории относительности. В чем причина такой оценки вкладов Ньютона и Эйнштейна в физику? Ведь и механика Ньютона, и теория Эйнштейна являются работающими теориями — этот факт вряд ли можно оспорить. Так что, по-видимому, не физическое содержание этих теорий является определяющим в отношении к учениям Ньютона и Эйнштейна.

Что же тогда? Что придает ясность ньютоновской механике и туманность теории относительности?

В значительной мере это делают те философские оболочки, которыми окутаны механика Ньютона и теория Эйнштейна.

Философская оболочка ньютоновской механики построена на гипотезе об абсолютных пространстве, времени, движении. Практически не соприкасаясь с самой механикой, эта оболочка тем не менее надежно прикрывает ее релятивистское содержание.

Абсолютизивировав пространство и наделив его конкретными свойствами, Ньютон поставил мировоззренческие принципы, требующие введения абсолютных пространства и движения, выше математического аппарата, который, как и чувства, не позволяет «различать отдельные части пространства одну от другой», допускает относительность пространства и движения и пригоден, по мнению Ньютона, лишь для решения «дел житейских», т.е. практических вопросов.

Философская и математическая стороны ньютоновской картины мира разграничены. Тот, кто пользуется практической ньютоновской механикой, вообще забывает об абсолютных пространстве и движении. При решении практических задач это совершенно не нужно. Практическая механика Ньютона — это механика относительных пространства и движения. И лишь физическое учение Ньютона в целом (его картина мира) опирается на тезис об абсолютных движении и пространстве. Эта зыбкая абсолютистская опора оказалась для Ньютона ценнее математически безупречно построенного релятивистского здания.

Теперь о специальной теории относительности. Что туманного скрывается в ней? Быть может, это укорочение предметов или замедление всех процессов в них (замедление времени) при наборе ими скорости? Или странный релятивистский закон сложения скоростей? Не эти ли физические эффекты препятствовали восприятию специальной теории относительности? Конечно, и они тоже, но когда эти эффекты были математически опи-

саны Лоренцом (а это было сделано до появления первой работы Эйнштейна), они не вызывали ни массового неприятия, ни массового ажиотажа.

Туманной для скептиков (которыми в первые годы создания специальной теории относительности были многие физики, включая Лоренца) была релятивистская оболочка специальной теории относительности. Известный парадокс близнецов или часов обязан своим существованием не кажущемуся неправдоподобным эффекту замедления времени, а тому факту, что абсолютное старение одного из близнецов достигается при *относительном* замедлении времени в процессе перемещения близнеца туда и обратно.

И вообще причиной болезненности эйнштейновской ломки традиционных представлений о физическом мире, о пространстве и времени стало то, что орудием этой ломки послужил ничем не прикрытый физический релятивизм.

Болезненной была не смена *представлений о физическом мире* (эта смена происходит постоянно и не так уж болезненно), а удар по той *философской платформе*, стержнем которой является признание объективной реальности и безотносительности мира и которая называется материализмом, неважно каким – стихийным или осмысленным.

Насколько важна эта самая философская платформа, показывает вся история развития физики. Эта платформа не позволила Ньютону допустить разрушающую абсолютный мир (абсолютные пространство и движение) относительность в свою картину мира, несмотря на факты. Она же не позволила Лоренцу, преобразования которого являются стержнем специальной теории относительности, воспринять релятивистскую трактовку его преобразований. Эта платформа побудила Минковского и его последователей «овеществить» формальный четырехмерный мир и этим четырехмерным миром закрыть

релятивистскую дыру современной физики так же, как Ньютон закрыл эту дыру абсолютным пространством.

Но уберечься от релятивизма не удалось. Прочно обосновавшись в физике, он укрепился и за ее пределами, что привело к самым серьезным последствиям.

Даже кратковременного триумфа физической относительности при чрезвычайной популярности в те годы теории относительности оказалось достаточно, чтобы на долгие десятилетия релятивизировать сознание людей. Этот триумф послужил поддержкой релятивизма в целом. Укрепился философский релятивизм. Появилась гротескная форма бытового релятивизма¹ с его нигилистическим принципом-формулой «Все в мире относительно». Название теории относительности нередко стало использоваться чудаискателями для псевдонаучных обоснований и признания возможности самых невероятных случаев, граничащих с откровенной дьявольщиной.

Причиной всего этого явилось лишение объективной реальности ее основного свойства.

Основным свойством объективной реальности, как известно, является ее независимость от сознания, от условий наблюдения (от системы отсчета). Однако в соответствии с принципом относительности можно, например, изменить энергию тела, не оказывая физического воздействия на это тело, т.е. не добавив и не убавив энергии, а лишь реально или даже мысленно сменив систему отсчета, т.е. в лучшем случае оказав физическое воздействие на нас самих или на измерительные приборы и тем самым изменив лишь условия наблюдения.

Можете ли вы себе представить, уважаемый читатель, что, совершая ритуальные движения и не прикасаясь к определен-

¹ Примитивная формула бытового релятивизма изредка находила понимание и в научной среде. «Все в мире в той или иной мере относительно», — заявлял академик А. Д. Александров в статье [36].

ному предмету, некий шаман способен изменить такие реальные вещи, как форма и масса этого предмета? Наверное, если вы не верите в шаманство и телепатию, то нет. Но, выполнив действия, обеспечившие вам состояние движения по отношению к некоторому предмету, вы можете изменить скорость, кинетическую энергию, а по большому счету (при очень высоких скоростях) и те же форму и массу этого не претерпевшего физического воздействия с вашей стороны предмета. Ведь после того, как вы ускоритесь до некоторой скорости, вы сможете считать себя покоящимся, а упомянутый предмет движущимся и обладающим кинетической энергией, соответствующей его скорости.

Так реальна кинетическая энергия или нет? Где она заключена? Или нигде и ее локализация зависит от того, кто и из какой системы отсчета ее разыскивает и куда ее загоняет? Реальна ли энергия вообще? И, ставя вопрос более широко, реально ли вообще все относительное — относительные размеры физических величин, относительные пространство и время?

Для ответа на эти вопросы физики и философы часто готовы идти на любые ухищрения.

Некоторые из них разделяют точку зрения Минковского, не признают объективного характера относительности и, считая все относительное фикцией, материализуют инвариантные математические схемы. В разряд фикции попадают и энергия, и время с пространством.

Эти физики полагают, что в материальном мире ничего относительного нет и быть не может, и готовы вообще отказаться от признания объективной реальности воспринимаемого нами мира в пользу реальности абсолютного (математического, инвариантного) четырехмерного мира теоретической физики.

Ряд физиков (Минковский, Фридман, Фок, Ланцош, Терлецкий) полагают, что понятие «относительность» не отражает ис-

тинного содержания теории относительности. Считая только четырехмерную геометрию адекватной окружающему миру, Я. П. Терлецкий утверждает, что «в четырехмерной геометрии истинный физический смысл могут иметь лишь четырехмерно ковариантные величины... Энергия E в четырехмерной теории не имеет самостоятельного физического смысла» [1]. Авторы сборника «Философия естествознания», отметив, что формальное введение четырехмерной системы координат было известно еще в XVIII в. (Лагранж называл механику геометрией четырех измерений), утверждают, что «Эйнштейн и Минковский превратили пространственно-временной континуум из вспомогательного приема в физическую реальность» [37].

Рассматривая относительные величины как вспомогательные, сторонники этой точки зрения (Терлецкий, Фридман, Логунов, Ланцош) считают их нереальными, называют кажущимися, фиктивными [1;12;13;19], координатными, нефизическими. Отмечая искусственный характер относительных свойств и их оторванность от объектов материального мира, А. Фридман писал об относительных свойствах как несобственных, т.е. не принадлежащих к объектам материального мира [12].

Противники признания реальности физической относительности нередко ссылаются на упомянутое выше заявление Эйнштейна о том, что «реальность не может быть ни произвольной, ни субъективной, ее законы не могут зависеть от наблюдателя и его системы координат». Но как понимать эту фразу Эйнштейна? Если практическое свойство проявляет свою реальность на каждом шагу, но зависит от системы координат, следует ли считать это свойство нереальным, как это делают последователи Минковского, или же нужно полагать, что что-то неладно с относительностью этих свойств? Следует ли считать, что реальность, не являясь «ни произвольной, ни субъективной», может зависеть от наблюдателя и его системы координат, а ее законы, будучи все-таки формой субъективного

представления особенностей материального мира, а не самим материальным миром, не могут обладать такой зависимостью? Неужели написанные субъектом законы объективной реальности, сколь бы объективными они ни были, объективнее самой реальности?

Обратите внимание на то, что даже противники относительности не оспаривают самого факта относительности ряда свойств. Они лишь отправляют относительность в тот странный мир, который они, с одной стороны, считают нереальным, а с другой — не могут отказать ему в существовании. Во-первых, этот нереальный для них мир реально воспринимается субъектом (нами с вами), а во-вторых, то, что для них нереально, реально для их оппонентов (Кард, Меллер) — сторонников признания существования «вне головы» относительных свойств.

Последние выступают за признание объективной реальности физической относительности и не могут согласиться с тем, что относительные практические физические величины, время и трехмерное пространство не имеют физического смысла и не существуют вне нашей головы. Сторонники этой точки зрения предпочитают отказать от основного свойства объективной реальности в пользу реальности практических относительных физических величин. Как можно, говорят они, считать энергию не имеющей физического смысла, если на ней построено чуть ли не все мироздание, а на понятии энергии — чуть ли не вся физика? Абсолютный четырехмерный мир вообще и четырехмерное пространство в частности эти физики считают фикцией, математической абстракцией, не поддающейся прямому экспериментальному обнаружению. «Я хотел бы, чтобы вы ясно видели, что в четырехмерном пространстве нет ничего, кроме способа выражения...» — писал Мандельштам [38]. В. А. Угаров в учебном пособии «Специальная теория относительности» называет четырехмерный мир «фиктивным» [39]. Эйнштейн в 1917 году писал: «...нет более банального утверждения,

что окружающий нас мир представляет собой четырехмерный пространственно-временной континуум» [2]. И далее там же: «Даже нематематику должно быть ясно, что благодаря этому чисто формальному положению теория относительности чрезвычайно выиграла в наглядности и стройности»¹.

Таким образом, несмотря на эффективность формальной четырехмерной геометрии, многие физики и философы верили и верят в то, что в реальном мире реальное пространство и время существуют независимо от тщетных попыток окончательно разделаться с ними или по меньшей мере превратить их в относительное «ни то ни се», зависящее от прихотей субъекта и от его произвольного выбора воображаемых систем отсчета.

Неприемлемо признание нереальности практических относительных физических величин и для физиков, специализирующихся в области метрологии, ибо в этом случае следовало бы признать, что они имеют дело с фикцией. Поэтому метрологи, как правило, считают такие величины реальными.

«Хотя с точки зрения теории относительности длины отрезков и промежутки времени утратили свою абсолютность, поскольку они зависят от относительного движения систем координат, они сохранили свою объективность, подобно тому как в обычной геометрии проекции отрезка на координатные оси, будучи относительными (т.е. зависящими от системы координат), тем не менее остаются объективными. Эти соображения позволяют нам без всяких оговорок включить в число основных единицы длины и времени», — говорится в книге Л. А. Сены «Единицы физических величин и их размерности» [9].

Иначе как неудачной попыткой оправдаться приведенное выше замечание Л. А. Сены не назовешь. Зачем вообще огова-

¹Правда, уже в 1931 году Эйнштейн, возражая против введения Калуцей пятого измерения, пишет: «Неудовлетворительность теории Калуцы прежде всего в предположении пятимерного континуума, тогда как наблюдаемый нами мир является четырехмерным» [40].

ривать то, что можно принять «без всяких оговорок»? По-видимому, дело в том, что высказывание Л. А. Сены о единицах длины и времени не безоговорочно и писавший приведенные выше строки Л. А. Сена это, по-видимому, либо знал, либо чувствовал. А что касается попытки Л. А. Сены поставить знак равенства между физической величиной и проекцией отрезка на ось, то эта попытка не выдерживает никакой критики. Во-первых, проекция вообще не является величиной (величиной является длина проекции), а во-вторых, длина проекции отрезка, как мы уже говорили, не является размером физической величины *этого* отрезка.

Отношение физиков и философов к пространству и времени сходно с их отношением к размерам физических величин. Сторонники точки зрения Минковского считают пространство и время относительными и поэтому нереальными. Сторонники признания реальности относительных размеров физических величин полагают, что пространство и время относительны, но реальны. Но и те, и другие едины в том, что положение об абсолютных пространстве и времени несостоятельно.

9. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ

В длительной истории развития и существования человечества есть отрезок времени, с которым по количеству поставленных и решенных проблем не может сравниться ни один другой период времени.

Этот отрезок времени — XX век.

Среди великих мира сего, в значительной степени определявших ход событий XX столетия, особые, если не центральные, места занимают личности Ленина, революционные идеи которого захватили добрую половину человечества, и Эйнштей-

на, революционно перевернувшего представления о пространстве и времени.

И хотя Эйнштейн вошел в историю как человек, заложивший фундамент новой физики, а Ленин как основатель новой общественно-экономической формации, результаты их деятельности самым драматическим образом соприкоснулись в той области, которой и посвящена настоящая книга, а именно в вопросе понимания сущности пространства и времени.

Несмотря на то что общая оценка Эйнштейном и Лениным друг друга была самой высокой¹, их «пространственно-временные» точки зрения расходились.

Философские аспекты представлений о пространстве и времени у Эйнштейна и Ленина, осторожно говоря, не совпадали, а точно выражаясь, были диаметрально противоположными.

Занятен тот факт, что отправной точкой для решения вопроса пространства и времени у Ленина и у Эйнштейна послужило одно и то же произведение австрийского физика и философа Э. Маха «Механика».

Для Эйнштейна взгляды Маха на пространство и время послужили неким мировоззренческим стержнем его (Эйнштейна) дальнейших изысканий. «Мах, — писал Эйнштейн, — оказал огромное влияние на ученых нашего поколения. Я прошу читателя взять в руки работу Маха “Механика. Историко-критический очерк ее развития” и прочитать содержащиеся в разделах 6 и 7 второй главы “Взгляды Ньютона на время, пространство и движение” и “Критический обзор ньютоновских представлений”. В этих разделах мастерски изложены мысли, которые до сих пор еще не стали общим достоянием физиков».

¹ Ленин причислял Эйнштейна к великим «преобразователям естествознания» [41], а Эйнштейн писал о Ленине: «Я уважаю в Ленине человека, который всю свою силу с полным самопожертвованием своей личности использовал для осуществления социальной справедливости... Люди, подобные ему, являются хранителями и обновителями совести человечества» [42].

Совершенно иная оценка работы Маха дана Лениным. Ведь основной философский труд Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» по сути дела посвящен критике взглядов Маха и его последователей — махистов (эмпириокритицизмом Ленин называл махизм). В этой книге, направленной против махизма и его составной части — релятивизма, Ленин выступал против утверждения Маха об относительности пространства и времени, а тех, кто поверил в новый взгляд Маха на относительные пространство и время, называл наивными людьми.

Вывод о несостоятельности положения об абсолютности пространства и времени, ставший частью новой релятивистской физики, оказался впоследствии крайне неудобным для сторонников диалектического материализма, опиравшихся на труды Маркса, Энгельса, Ленина. Осознавая трудности диалектического материализма, его сторонники отказывались от объективного анализа ленинского подхода к вопросу пространства и времени, нередко прибегая к прямому лукавству.

Примером такого лукавства может служить раздел «Пространство и время» Большой Советской Энциклопедии, в котором говорится о несостоятельности представления об абсолютных пространстве и времени и тут же дается ссылка на «Материализм и эмпириокритицизм», в которой Ленин писал... совершенно противоположное.

Ленин писал [43]: «В современной физике, — говорит он (Мах), — держится взгляд Ньютона на абсолютное время и пространство как таковые. Этот взгляд «нам» кажется бессмысленным, — продолжает Мах, не подозревая, очевидно, существования на свете материалистов и материалистической теории познания».

Другим примером лукавства является утверждение, что точке зрения Ленина на абсолютные пространство и время соответствует концепция абсолютного четырехмерного пространства-времени как объективной реальности [36].

Искусственность такого утверждения очевидна, ибо Ленин писал именно о пространстве и времени, а не о пространстве-времени и именно пространство как таковое и время как таковое рассматривал как абсолютные объективные реальности. В рамках же модели абсолютного пространства-времени пространству и времени как таковым отводится, как правило, роль не существующих в материальном мире абстракций.

Причины такого беспринципного поведения защитников позиции Ленина понятны. Ошибка Ленина, если это была ошибка, оказалась бы очень серьезной, а его рекомендация, согласно которой *«ни единому из этих профессоров, способных давать самые ценные работы в специальных областях химии, истории, физики, нельзя верить ни в едином слове, раз речь заходит о философии»*, — несостоятельной.

Кстати, Ленин говорил и об эфире как об объективной реальности, но это по своим последствиям ни в какое сравнение с утверждением об абсолютности пространства не идет. Ведь считать ошибочным *диалектико-материалистический компонент* фразы Ленина об объективной реальности эфира нельзя. Говоря об объективной реальности эфира и электрона, Ленин (как и все философы) опирался на данные, представленные философам физиками. Не веря физикам *«ни в едином слове, раз речь заходила»* о философии, Ленин целиком и полностью верил им, *«раз речь заходила»* о физике, — верил в достоверность физических данных о существовании электрона и эфира, и не его вина в том, что сведения физиков об эфире оказались недостоверными¹.

Ошибочен не философский компонент (а только на него Ленин и претендовал) утверждения Ленина, провозглашающий

¹ Энгельс в «Диалектике природы» писал: «Материален ли эфир? Если он вообще *есть*, то он должен быть материальным». Замечание Энгельса «если он вообще *есть*» можно рассматривать как составную часть любого утверждения философов о реальности какого-либо физического объекта или явления, существующих согласно данным специалистов.

объективную реальность *существующего согласно физическим данным того времени* эфира, а *данный специалистами* физический компонент, провозглашающий существование эфира. В целом утверждение об объективной реальности эфира ошибочно, но эта ошибочность рождена не диалектическим материализмом, а идеалистическим методом получения этого физического компонента — методом первичности теоретической модели и вторичности объективной реальности (сначала формула — потом материя).

А можно ли, не входя в противоречие с диалектическим материализмом, по аналогии с вышеупомянутым заявлением признать допустимой ошибочность утверждения (в целом) об объективной реальности абсолютного пространства? Нет, потому что никакой аналогии здесь нет в силу отсутствия в этом утверждении данного специалистами физического компонента. Говоря об объективной реальности абсолютного пространства, Ленин фактически излагал материалистический принцип объективной реальности материи, данной нам в ощущениях, не зависящий от новизны и достоверности физических выводов (пространство обнаружено задолго до появления физики как точной науки) и обобщающий в рамках материалистического воззрения весь практический опыт человечества.

Была ли у советских философов возможность «примирить» ленинский и эйнштейновский взгляды на пространство и время? В полной мере в рамках *современных* представлений о пространстве и времени, наверное, нет. Но найти более удовлетворительное, чем прямой подлог, обоснование позиции Ленина можно было и тогда.

Ведь что такое абсолютность пространства и времени?

В ньютоновской механике и в диалектическом материализме под абсолютностью пространства подразумевалось не одно и то же.

В ньютоновской механике под абсолютностью пространства понимались конкретные свойства, приписанные Ньютоном пространству. В диалектическом же материализме под абсолютностью пространства и времени подразумевается не набор каких-то определенных свойств, а только объективная реальность пространства и времени, т.е. их существование независимо от познающего субъекта и его точки зрения. Неподвижность, неизменность, оторванность от материи пространства, так же как неизменность и оторванность от материи времени, вообще говоря, не рассматриваются в диалектическом материализме как неотъемлемые свойства абсолютных пространства и времени. Абсолютные пространство и время рассматриваются как формы существования материи, неразрывно связанные с материей. Априорно им не приписывается никаких конкретных свойств, кроме свойства быть объективной реальностью или, что то же самое, существовать независимо от наблюдателя (субъекта), от условий и от самого факта наблюдения.

Поэтому вопрос «Абсолютны ли пространство и время?» в диалектическом материализме фактически равноценен вопросу «Реальны ли пространство и время?» (Заметим, что в диалектическом материализме абсолютность *пространства и времени* не противопоставлялась относительности *понятий* пространства и времени.) А ответ на этот вопрос, как было отмечено выше, и в современной физике не всегда отрицателен, ибо далеко не все признают реальность четырехмерного пространства и фиктивность времени и пространства как таковых.

Дискуссии о возможности существования четырехмерного пространства велись издавна. Не всем известно, что впервые четвертое измерение и корень квадратный из минус единицы встретились друг с другом не у Пуанкаре и не у Минковского, а у Энгельса. Встреча эта была случайной, но пророческой.

Энгельс в произведении «Диалектика природы» резко выступал против «духовидца» профессора Цельнера, «интенсивно

работавшего» в области четвертого измерения пространства. В этом же произведении Энгельс выступает с критикой попыток приписать «реальность вне нашей головы» мнимым величинам и корню квадратному из минус единицы. Причем корень квадратный из минус единицы не только упоминается, но и «встречается» у Энгельса с четвертым измерением во фразе: «...однако если только мы привыкнем приписывать корню квадратному из минус единицы или четвертому измерению какую-либо реальность вне нашей головы, то уже не имеет особенно большого значения, сделаем ли мы еще один шаг дальше, признав также и спиритический мир медиумов» [44].

Прошло не так много времени, и корень квадратный из минус единицы роковым образом встретился с четвертым измерением в модели четырехмерного пространства Минковского.

Автор настоящей работы, занимаясь проблемой относительности и обращаясь к работам Ленина и Энгельса («Материализм и эмпириокритицизм» и «Диалектика природы»), убедился в том, что раскрыть истинную сущность релятивизма можно, только опираясь на диалектический материализм. По существу, высказанных в этих работах идей достаточно для того, чтобы вести поиск решения проблемы относительности в нужном направлении. И тем более странно, что в диалектическом материализме вопрос относительности проработан крайне слабо и непоследовательно.

Причиной этого, по-видимому, явилось то, что истинные *приверженцы* диалектического материализма долгое время находились под влиянием *проповедников* диалектического материализма. Последние, идя на поводу у физиков и проповедуя диалектический материализм, но не веря в него, занимались прямой подтасовкой фактов. На словах повторяя замечание Ленина о существовании грани между диалектическим материализмом и релятивизмом, они на деле решали принципиаль-

но неразрешимую в рамках диалектического материализма задачу по стиранию этой грани.

В том, что современная физика, которая, по словам Ленина, «свихнулась на релятивизме» и «лежит в родах», «рожая диалектический материализм», так и не разродилась, есть вина и релятивизированных апологетов диалектического материализма, ловко рядивших любые заявления авторитетных «профессоров» физики в тогу диалектического материализма. Представление диалектического материализма в виде абсолютного учения, лихо снимающего все проблемы, не позволяло не только решить, но даже поднять действительно существовавшие в нем проблемы.

Диалектический материализм же, не будучи абсолютным учением, переживал, как и любое другое учение, как, наконец, наука в целом, и хорошие, и не лучшие для него времена. Переживал он и кризисы, обусловленные как объективными, так и субъективными факторами.

Помимо проблемы пространства и времени в нем существовала и проблема самой простой формы движения — механического движения. Отношение к этому виду движения в диалектическом материализме было двойко.

С одной стороны, фраза «движение абсолютно — покой относителен» была одним из постулатов «диамата», с другой стороны, Энгельс, описавший различные формы движения, писал Марксу: «Движения отдельного тела не существует, — о нем можно говорить только в относительном смысле» [44].

Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» писал: «Механика была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений».

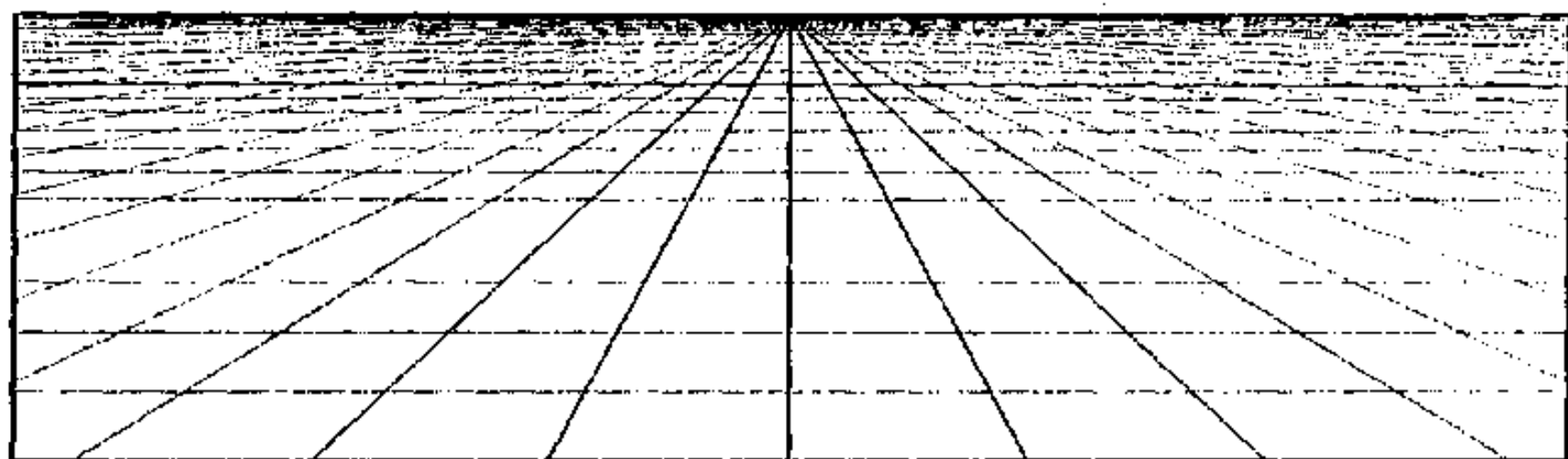
Что имел в виду Ленин, говоря о снимках с *реальных* движений, — то, что было сказано нами в начале раздела 5 данной главы об абсолютности и реальности относительного движения,

или же он говорил о *реальности* движения тела самого по себе, сказать трудно, но замечание о реальности движения вряд ли было случайным — оно было повторено дважды.

Длительная борьба с физической относительностью математическими методами не дала результата по крайней мере в рамках представления об относительно самостоятельных времени и пространстве. Существуют ли еще какие-либо способы решения проблемы относительности?

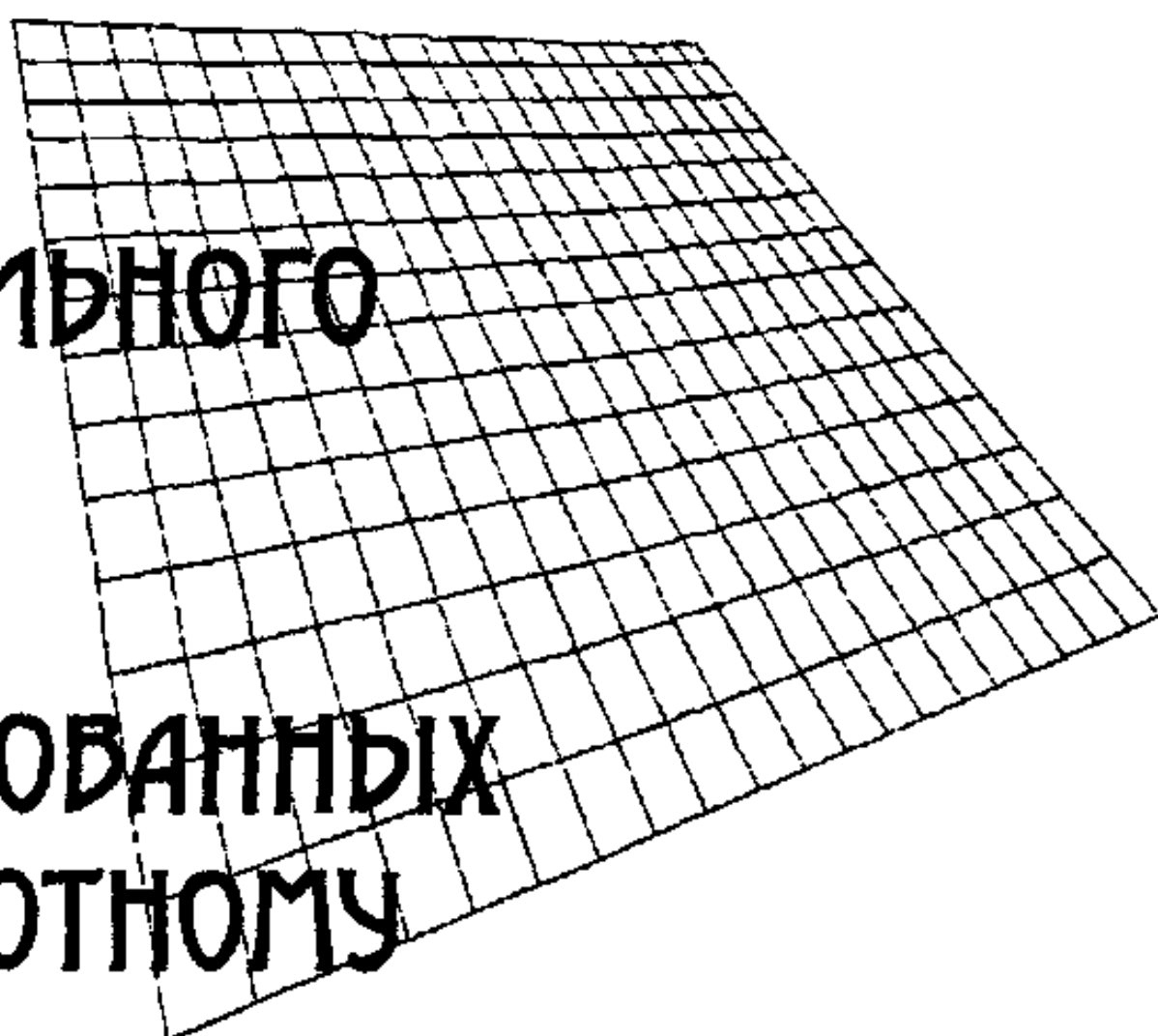
Об одном из таких способов Энгельс писал: «Там, где дело идет о понятиях, диалектическое мышление приводит по меньшей мере к столь же плодотворным результатам, как и математические выкладки».

Вот мы и попытаемся в следующих частях книги вскрыть абсолютную сущность пространства, времени и движения, обращаясь к понятиям и, по меньшей мере для решения этой задачи, практически не используя математические выкладки.



ГЛАВА 2

ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЧНО КОНКРЕТИЗИРОВАННЫХ ТЕЛ К АБСОЛЮТНОМУ ДВИЖЕНИЮ ТЕЛ КОНКРЕТНЫХ



*В действительности все обстоит не так,
как на самом деле.*

Станислав Ежи Лец

1. ПРЯМАЯ И КОСВЕННАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ

Итак, в соответствии с современными представлениями движение и покой материального тела *самого по себе* (в отрыве от системы отсчета) не имеют смысла.

Если вы, уважаемый читатель, мыслите современно, то без сомнений воспринимаете идею относительного движения материальных тел и считаете, что, например, книга, лежащая в

данный момент времени на столе вагона движущегося по рельсам поезда, в каждый момент времени одновременно и покоится, и движется — она покоится (обладает нулевой мгновенной скоростью) относительно вагона и движется (обладает мгновенной скоростью, отличной от нуля) относительно железнодорожного полотна. Обобщенно говоря, вы полагаете, что скорость материального тела зависит от произвольного выбора системы отсчета.

Позвольте попытаться разубедить вас в правильности ваших представлений и показать вам абсолютный характер скорости тела, не прибегая к реанимации эфира и ньютоновского пространства для «спасения» абсолютного движения. Под абсолютным характером скорости будем понимать тот факт, что скорость *реального* материального тела зависит только от внутренней пространственно-временной структуры последнего и не зависит от произвольного выбора внешней по отношению к этому телу системы отсчета.

Прочитайте внимательно и непредвзято эту часть книги, и вы, как я надеюсь, будете склонны признать, что относительно-го движения в природе не существует (реальное движение абсолютно) и что относительность скорости данного конкретного тела представляет собой обычную неопределенность, которая появляется не в природе, а «в нашей голове» и от которой мы избавляемся путем искусственной привязки данного тела к посторонним телам или системам отсчета. Эта неопределенность обусловлена расплывчатостью понятия данного конкретного тела, которая скрывает тот факт, что то, что мы называем данным конкретным телом и считаем единственным в своем роде, на самом деле является не единственным телом, а множеством тел.

Вы увидите, что в *принципе (теоретически)* для избавления от относительности движения и придания определенности скорости данного тела самого по себе совсем не обязательно ука-

зывать внешние и не имеющие никакого отношения к данному телу системы или тела отсчета, а достаточно *в большей, чем это обычно делается, степени* конкретизировать тело *само по себе*. Правда, увиденное вами не будет значить, что нужно срочно «требовать» от физиков переделки физики, ибо то, что я хочу вам показать, имеет скорее принципиальное, мировоззренческое, чем практическое значение.

Я хочу показать, что вся проблема абсолютности и относительности движения материальных тел упирается в проблему их конкретизации. Поэтому конкретизации тела мы уделим повышенное внимание. Не считите, пожалуйста, за бесцельное перемалывание общеизвестных школьных истин приводимые ниже рассуждения о разнице между абстрактным понятием книги и конкретной книгой. В этих школьных истинах и затерян ключик к тайне абсолютного движения.

Измерить абсолютную скорость конкретной книги, лежащей на столе вагона движущегося поезда, оказывается, невозможно не по той причине, что абсолютного движения нет в природе, а по той же причине, по которой невозможно подсчитать количество листов в книге вообще (не в конкретной книге, а в абстрактной книге, существующей как общее абстрактное понятие лишь в воображении).

Поясню сказанное.

Понятно, что в книге вообще — в «абстрактной» книге — нет определенного количества листов, определенное количество листов может содержать лишь конкретная книга. Для того чтобы количество листов в книге приобрело реальное содержание, необходимо из огромного количества всех конкретных книг на нашей планете, входящих в объем абстрактного понятия «книга», выбрать одну-единственную конкретную книгу.

Аналогично, как будет показано ниже, для того чтобы измерить абсолютную скорость движения такой конкретной книги самой по себе, необходимо уяснить себе, что и эта книга,

которую мы считаем конкретной и единственной, является не единственным конкретным объектом, а лишь частично конкретизированным объектом, объединяющим в себе множество разных книг-объектов более высокой степени конкретности, каждая из которых движется с определенной абсолютной скоростью. Уяснив себе это, необходимо из этого множества выбрать единственную книгу-объект, по отношению к которой имеет смысл понятие абсолютного движения.

То, что конкретная книга «расщепляется» на еще более конкретные книги-объекты, не тождественные друг другу, видно хотя бы из того, что «одна и та же» книга, из которой в новогоднюю ночь с 1998 на 1999 год был вырван один, например 25-й, лист, содержала в 1998 и в 1999 годах разное количество листов — например, 134 и 133, т.е. конкретная книга расщепляется на два не тождественных друг другу объекта.

Конечно, вы можете сказать, что никакого расщепления здесь нет — просто одна и та же конкретная книга может содержать 134 листа в 1998 году и 133 в 1999-м. В целом утверждать так ваше право, ибо речь идет о привычном и не очень-то строгом понятии «одна и та же конкретная книга». Вы вправе называть одним и тем же мешком с сахаром мешок с сахаром сразу после покупки, весивший 25 кг, и «тот же мешок с сахаром» через полгода, когда добрая половина сахара из этого мешка была израсходована, а вес сахара уменьшился до 12 кг. Никто не может упрекнуть вас в неточности.

Однако и я в силу той же нестрогости этого понятия вправе считать, что «одна и та же конкретная книга» не является единственным объектом. С моей точки зрения, книга в 1998 году и та же книга в 1999 году — это не одно и то же, так же как не одно и то же упомянутый выше мешок сахара сразу же после покупки и спустя полгода.

Понимая под конкретной книгой конкретную объективную реальность, а не субъективное обобщение, я считаю, что в 1998

и в 1999 годах она представляла из себя очень похожие, но все-таки разные реальности, не тождественные друг другу. Ведь «одна и та же книга», как ее понимаете вы, не содержит однозначного количества листов, и для того, чтобы указать точное количество листов, вы помимо книги должны указать и год, ибо одна и та же книга содержит разное число листов в 1998 и в 1999 годах.

Это свидетельствует об обобщенности того, что вы называете одной и той же книгой. Вырванный в новогоднюю ночь 25-й лист может содержать настолько важную информацию, что после его удаления книга, которую вы считаете той же самой, может потерять всю свою ценность, а ее название может оказаться не соответствующим ее содержанию. Так, если книга называлась «Иллюстрированное пособие по макияжу», а все иллюстрации были сосредоточены на злополучном 25-м листе, называть ее иллюстрированной после удаления этого листа можно весьма условно. Каждая из двух книг (из двух разных реальностей), как их понимаю я, «сама по себе» содержит определенное количество листов: или 134, или 133. Конкретизируя ту или другую книгу, я вообще могу не указывать года, а называть эти слегка отличающиеся книги разным образом. Например, книгу с вырванным 25-м листом я могу пометить, перечеркнув слово «Иллюстрированное» вот таким образом: «~~Иллюстрированное~~».

Для вас «Иллюстрированное пособие по макияжу» и книга «~~Иллюстрированное~~ пособие по макияжу» — это одна и та же книга, которую слегка испортили, вырвав лист и перечеркнув часть названия. Для меня испорченная книга — это уже другая книга и другая реальность. Книга «~~Иллюстрированное~~ пособие по макияжу» в моем понимании содержит 133 листа не потому, что речь идет о 1999 годе, а потому, что она *такая*. Я считаю, что количество листов в книге зависит не от того, что там сейчас указано на календаре, а от того, что из себя сейчас пред-

ставляет эта книга. Конкретизируя книгу, я использую методы прямой конкретизации. Вы же, обращаясь к календарю, прибегаете к косвенным методам конкретизации.

Под прямой конкретизацией объекта будем понимать уточнение признаков самого объекта.

Косвенной конкретизацией данного объекта будем называть ссылки на объекты, которые в данный объект не входят, но сослаться на которые необходимо для получения определенных данных, характеризующих данный объект.

Упоминание показаний часов или числа на календаре является типичным примером косвенной конкретизации объекта, если этот объект не является частью данных часов или календаря. Если же, например, календарь сам рассматривается как интересующий нас объект, то уточнение признаков календаря является его прямой конкретизацией. Кстати, чем-то напоминая рассмотренную нами книгу, отрывной календарь «расщепляется» на триста шестьдесят четыре календаря-объекта, содержащие разное количество листов.

Повышение степени прямой конкретизации данного «конкретного» объекта позволяет избавиться от неопределенности, которая присутствует без такой конкретизации и которую приходится устранять косвенной конкретизацией.

Например, чтобы определить местонахождение и мгновенную скорость относительно железнодорожного полотна конкретной книги, находящейся в вагоне поезда, необходимо указать момент времени (указание момента времени — это косвенная конкретизация), так как местоположение и мгновенная скорость конкретной книги относительно железнодорожного полотна сами по себе без указания момента времени неопределенны. Данное замечание в равной мере относится и к книге

«Иллюстрированное пособие по макияжу», как ее понимаете вы, и к книгам «Иллюстрированное пособие по макияжу» и «Иллюстрированное пособие по макияжу», как их понимаю я.

Но у меня есть еще одна конкретная книга-объект, о которой я вам не сказал и которая является частью книги, как ее понимаете вы. Это — книга-объект с наполовину надорванным 25-м листом. Если 25-й лист нашей книги был вырван резким движением и длительность существования книги с наполовину (ровно наполовину) надорванным 25-м листом составляет доли секунды, то книга с наполовину надорванным 25-м листом находится в определенном месте и обладает определенной мгновенной скоростью *относительно железнодорожного полотна*.

Для того чтобы определить мгновенную скорость относительно железнодорожного полотна книги-объекта с наполовину надорванным 25-м листом, не нужно указывать косвенные данные в виде показания часов, а достаточно указать сам объект.

Мгновенная скорость относительно железнодорожного полотна книги-объекта с наполовину надорванным 25-м листом определена, но мгновенная скорость этого объекта самого по себе не абсолютна, поскольку относительно вагона она другая. Но если книгу-объект с наполовину надорванным 25-м листом продолжить конкретизировать, то мы обнаружим объект, который обладает абсолютной скоростью. Как продолжать конкретизацию, будет видно из дальнейших рассуждений.

Книга не совсем удобный объект, поскольку из нее не так уж часто вырывают листы. Отрывной календарь удобнее. Еще удобнее часы или секундомер, в которых стрелка непрерывно «скачет», благодаря чему часы или секундомер «дробятся» на множество секундомеров-объектов, каждый из которых характеризуется своим положением стрелки.

2. КОСВЕННАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧЕЧНОГО ОБЪЕКТА

Рассмотрим движение ничем не примечательного «нормального» тела, движущегося относительно — так, как и подобает ему двигаться в рамках современных физических представлений.

Пусть таким телом будут часы, находящиеся на руке пассажира поезда.

Предположим, что время от времени пассажир перемещается по вагону поезда, а поезд изменяет скорость, вследствие чего меняется и скорость часов.

Можете ли вы с заданной мною точностью измерить мгновенную скорость часов и предоставить мне однозначный объективный результат измерения, если я, поставив перед вами такую задачу и указав (например, указательным пальцем) вагон поезда, в котором едет пассажир с часами, не указал ни самого пассажира, ни интересующего меня момента времени?

Ясно, что нет. Для получения определенного однозначного результата вам нужна дополнительная конкретизация часов.

Прежде всего необходимо выбрать одни часы из нескольких десятков часов, находящихся на руках пассажиров. Назовем эту конкретизацию внешневыборочной.

Внешневыборочной конкретизацией будем называть указание данного объекта путем исключения из рассмотрения всех объектов, внешних по отношению к данному объекту, но обладающих общими с ним признаками.

Внешневыборочную конкретизацию можно осуществить прямым или косвенным способом.

При косвенной внешневыборочной конкретизации часов можно указать не часы, а пассажира, на руке которого находят-

ся часы, и в дальнейшем считать часы на его руке интересующими нас часами. В случае прямой конкретизации указать необходимо не пассажира, а сами часы.

Несмотря на приемлемость обоих способов внешневыборочной конкретизации, предпочтение следует отдать прямой конкретизации, поскольку при косвенной конкретизации может произойти не замеченная нами подмена часов, например, вследствие того, что пассажир обменялся часами с одним из попутчиков.

Кроме внешневыборочной конкретизации объекта для получения однозначного результата требуются также указание момента (или множества моментов) времени, т.е. временная (назовем ее так) конкретизация объекта, и указание системы отсчета, относительно которой следует измерить скорость объекта. Последний вид конкретизации назовем отсчетной конкретизацией объекта.

Указание момента или периода времени рассмотрения данного объекта будем называть временной конкретизацией объекта.

Указание системы отсчета, относительно которой измеряются значения размеров относительных физических величин объекта конкретизации, назовем отсчетной конкретизацией объекта.

Давайте внешневыборочно конкретизируем (например, укажем с помощью указательного пальца и пометим) часы, а чтобы в дальнейших рассуждениях не спутать их с другими часами, еще и обозначим их каким-нибудь своеобразным символом. Пусть таким символом будет символ O , формой напоминающий часы. Чтобы символ еще больше походил на часы, можно было бы подрисовать в нем стрелки, но иногда присутствие стрелок в символе лишь искажает смысл того, что за ним скрывается. Так, если часы идут и стрелки перемещаются, то, чтобы

не исказить важнейшую особенность *идущих* часов, нужно было бы нарисовать стрелки перемещающимися. Поскольку на бумаге этого сделать нельзя, то уж лучше при обозначении *идущих* часов обходиться вообще без стрелок, чем подменять перемещающиеся стрелки стрелками неподвижными.

Для *стоящих* же (незаведенных) в течение какого-то периода времени часов наряду с символом O на этот период можно безболезненно использовать и символ со стрелками, нарисованными в том положении, в котором они расположены на часах. Кроме того, стрелки в символе можно подрисовывать и в тех случаях, когда речь идет об идущих часах в тот конкретный момент времени и только в тот конкретный момент, которому соответствует данное расположение стрелок. Под конкретным моментом будем понимать промежуток времени настолько короткий, что никакие изменения объектов и их параметров, в частности смещение стрелки часов, не могут быть достоверно обнаружены при заданной точности измерений.

В дальнейшем будем отдавать предпочтение символу со стрелками, но в тех случаях, когда его использование приводит к ложной информации, будем использовать упрощенный символ O (например, мы не будем использовать символ со стрелками, находящимися в определенном положении на циферблате, для обозначения часов тогда, когда их стрелки находятся в другом положении).

Предположим для начала, что часы находятся в незаведенном состоянии (стрелки часов не движутся и находятся в верхнем положении на цифре 12). Для обозначения незаведенных часов мы можем использовать как символ O , так и более предпочтительный для нас символ $\odot_n$, схематически изображающий часы со стрелками на цифре 12 и снабженный индексом n , указывающим на то, что часы не заведены.

Теперь ни в практических действиях при проведении измерений, ни в обсуждении результатов измерений вы уже не спу-

таете рассматриваемые часы с другими часами. Тем не менее получение определенного значения мгновенной скорости выборочно конкретизированного объекта $\odot_v$ по-прежнему остается для вас невыполнимым в силу неопределенности системы отсчета и момента времени. Но если в качестве системы отсчета выбрать вагон, в котором находятся часы $\odot_v$, то сохранится только та неопределенность значения мгновенной скорости относительно вагона, которая обусловлена неопределенностью момента времени.

Это обстоятельство можно выразить в форме следующего весьма банального замечания:

Замечание 1. *Мгновенная скорость внешневыборочно конкретизированного объекта $\odot_v$ относительно вагона в неопределенный момент времени есть величина неопределенная.*

Чтобы получить определенное значение мгновенной скорости незаведенных часов, помимо выборочной и отсчетной конкретизации часов необходима и их временная конкретизация — конкретизация момента времени, которую косвенным способом можно осуществить, например, путем задания показания метрологических часов (часов, используемых для определения точного времени) или произведя в нужный момент времени выстрел из стартового пистолета.

Если момент времени конкретизирован, то мгновенная скорость незаведенных часов относительно вагона становится определенной.

Замечание 2. *Мгновенная скорость внешневыборочно конкретизированного объекта $\odot_v$ относительно вагона в определенный момент времени есть величина определенная.*

Обратим внимание на то, что измерить мгновенную скорость относительно конкретной системы отсчета, не выходя за

пределы промежутка времени, который мы называем моментом времени, невозможно. К выше сделанному замечанию о необнаружимости изменений объекта в течение этого промежутка времени при заданной точности измерений следовало бы добавить еще одно. По причинам, на которых в данной книге нет возможности останавливаться, определяя момент времени, следовало бы считать, что в пределах этого промежутка не следует вводить понятия «раньше» и «позже». Поэтому для измерения мгновенной скорости объекта допустимо и нужно выйти за пределы момента времени, как это и делается и на практике, и теоретически.

Указание момента времени — процедура привычная, и ее правомерность с учетом ее удобства никаких сомнений не вызывает, однако что-то искусственное в этой процедуре есть. Как метрологические часы, так и стартовый пистолет являются сторонними, внешними предметами, не имеющими никакого отношения к часам O . Проведенная с их помощью временная конкретизация часов O является косвенной. Конечно, показание сторонних метрологических часов или выстрел из стартового пистолета вне всякого сомнения являются «метками» чего-то реального, что является общим для этих событий и для какого-то состояния часов O и что мы называем моментом времени. Но можем ли мы утверждать, что момент времени сам по себе определяет физические параметры материального объекта, а течение времени само по себе определяет изменение этих параметров?

Что является причиной уменьшения массы стакана с водой в процессе испарения воды? Время само по себе или температурное воздействие (конечно же, во времени!) на воду и наличие условий для выхода пара из стакана (масса точно такого же стакана с водой, прикрытого крышкой или стоящего в холоде, за тот же период времени практически не изменяется).

Скажите, чем определяется масса стакана с водой? Тем, который сейчас час, или тем, что представляет из себя стакан с водой в данный момент времени (кратковременной структурой стакана с водой)? Обязательно ли указывать момент времени для того, чтобы однозначно определить массу стакана с водой, или для этого можно, даже не указывая момента времени, детально описать стакан с водой с указанием количества или уровня воды в этот момент времени? Имеют ли какое-либо отношение к массе стакана с водой в данный момент времени выстрел из стартового пистолета или показание каких-либо часов в этот же момент времени? Если нет, то почему им придается такое значение?

Почему для определения скорости тела в заданный момент времени дается описание сторонних часов (положения стрелки) в заданный момент времени, а не дается достаточного для этой операции точного описания самого тела в заданный момент времени?

Ответ понятен.

Во-первых, это делается из удобства, во-вторых, чтобы установить временную связь между разрозненными событиями, процессами и состояниями объектов, а в-третьих, если даже изменения объекта не обусловлены непосредственно временем, они происходят во времени. Но не приходится ли иногда дорого расплачиваться за удобства и замену прямой зависимости зависимостью косвенной?

Кому-то эти вопросы покажутся надуманными, и все-таки давайте в дальнейшем при определении размеров физических величин объекта «на всякий случай» («Береженного Бог бережет!») постараемся там, где это возможно, избегать использования сторонних по отношению к рассматриваемому нами объекту предметов и событий, т.е. будем косвенной конкретизации предпочитать конкретизацию прямую.

Представьте себе, что я завел часы О и дал вам задание измерить скорость относительно вагона этих идущих часов при определенном положении их стрелок¹.

Результат измерения окажется в этом случае однозначным, а скорость определенной, поскольку определенное положение стрелка занимает в определенный момент времени. Вместе с тем, задав положение стрелки на часах-объекте О, я в любом случае не прибег к использованию сторонних предметов и событий, а воспользовался указанием состояния идущих часов, т.е. я конкретизировал не часы О отдельно и безотносительно к конкретному моменту времени и момент времени (как глобальный фактор) отдельно, а **только** часы, находящиеся в конкретном кратковременном (мгновенном) структурном (или, иначе говоря, внутреннем) состоянии².

Выбрав одно конкретное структурное (внутреннее) состояние часов из огромного множества их состояний, я произвел не временную, а выборочную конкретизацию.

Конкретизацию объекта, в процессе которой уточняются внутренние признаки (структурное состояние) данного объекта, будем называть внутренневыборочной конкретизацией.

Вы можете сказать, что часы есть часы и неважно, показание стрелок каких часов мы используем — самих часов О или часов метрологических, ведь показания всех правильно идущих часов должны быть одинаковыми или легко сводиться к одинаковым показаниям, например, путем указания часовых поясов.

¹Для обеспечения однозначности задания предположим, что часы заводятся только один раз за время их существования и завода часового механизма хватает не более чем на полный оборот часовой стрелки.

²Под кратковременным структурным состоянием часов будем понимать внутреннее устройство, «строение» часов — «застывшее» взаимоположение составных частей часов (зубьев шестеренок, стрелок и т.д.) в некоторый момент времени.

В том-то и дело, что нет! Так может быть, но не обязательно. Конечно, разные метрологические часы предназначены для измерения времени и для того, чтобы с ними можно было работать и получать однозначные результаты измерения, действительно должны идти правильно. Часы же O в принципе, будучи объектом, а не метрологическим инструментом, могут идти как угодно, и их показания могут быть практически не сводимыми к показаниям метрологических часов. (Неправильно идущие часы перестают быть часами, но не перестают быть объектом.)

Результат измерения скорости часов с определенным положением стрелок совершенно не зависит от точности хода часов O . Если часы O в принципе идут *не останавливаясь*, то независимо от того, спешат они, отстают или вообще идут неравномерно, скорость объекта при определенном положении стрелок и высокой точности определения их положения имеет вполне определенное значение (разумеется, если саму скорость вы будете измерять с помощью сторонних метрологических часов, обладающих достаточной точностью). Мало того, идущие часы-объект O могут быть не «часами» в обычном смысле слова, а неким «часоподобным» устройством, снабженным циферблатом с самым экзотическим характером делений, например с буквенной, знаковой или неравномерной числовой шкалой¹.

Можно вместо часов рассматривать и, например, кусок радиоактивного материала с заметно изменяющейся во времени активностью. Принципиальных различий в движении часов и куска радиоактивного материала нет. Если, запросив от вас значение скорости относительно вагона идущих часов с определенным положением стрелок, я получу определенное значение скорости, то, запросив относительно определенной системы от-

¹Неравномерность хода часов O или неравномерность последовательности показаний, разумеется, не имеют никакого отношения к протеканию времени, поскольку вызваны конструкцией часов O , а не «конструкцией» *мирового «механизма времени»*.

счета значение скорости куска радиоактивного материала с заданной активностью, я также получу определенное значение скорости. Стрелочные часы были выбраны мною из соображений удобства и простоты.

Вернемся к нашим удобным и простым *идущим* стрелочным часам O .

Предположим, что я получаю от вас результат, согласно которому значение мгновенной скорости часов $\odot_z$ (здесь символ передает положение стрелок, которое я указал вам в задании, а индекс z показывает, что часы O заведены) относительно вагона оказывается равным, например, 4,7 км/ч. Если я повторю задание, попросив вас измерить мгновенную скорость вот таких часов-объекта $\odot_z$, то получу новое значение мгновенной скорости часов, которое может отличаться от предыдущего и составить, например, 2,4 км/ч, т.е., как и часы незаведенные, идущие часы O могут обладать разными мгновенными скоростями относительно вагона (в разные моменты времени), но часы $\odot_z$ разными мгновенными скоростями относительно вагона обладать не могут.

Конкретизация объекта $\odot_z$, будучи, как было сказано выше, внутренневыборочной, а не временной, является прямой конкретизацией, как и выше рассмотренная конкретизация книги с наполовину вырванным 25-м листом, и, как и в примере с книгой, приводит к определенности скорости внутренневыборочно конкретизированного тела в рамках заданной системы отсчета.

Замечание 3. *Мгновенная скорость внешневыборочно конкретизированного объекта (идущих часов) O относительно вагона (в неопределенный момент времени) есть величина неопределенная. Мгновенная скорость внешневыборочно конкретизированного объекта (идущих часов) O относительно вагона в*

определенный момент времени есть величина определенная.

Вместе с тем:

Замечание 4. *Мгновенная скорость внутренневыборочно конкретизированного объекта $\odot_3$ относительно вагона есть величина определенная.*

Замечания 3 и 4 показывают, что, заменяя косвенную временную конкретизацию прямой выборочной конкретизацией, удастся избавиться от неопределенности скорости.

Точное значение мгновенной скорости объекта O , в частности и объекта $\odot_3$, может быть получено только при точном указании положения стрелок часов O , включая и секундную (микросекундную, наносекундную и т.д.) стрелку, которая не была «нарисована» на нашем символе, чтобы не переусложнять его. При высоких точностях измерения и считывания положения стрелок даже незначительное несовпадение положения секундной стрелки часов O может привести к несовпадению мгновенных скоростей последних.

Определенность скорости объекта $\odot_3$ относительно вагона обусловлена его большей по сравнению с объектом O степенью конкретизации. За конкретными символами $\odot_3$ и $\odot_3$ скрываются конкретные и не тождественные друг другу объекты. За символом же O , в силу его большей степени абстракции, может скрываться многое: это и объект (незаведенные часы) $\odot_n$, и объект (идущие часы) $\odot_3$ в момент времени, соответствующий положениям стрелок 15ч 00мин (мы будем использовать значения послеполуденного времени), и объект $\odot_3$ в момент времени, соответствующий положениям стрелок 19ч 00мин. Вообще, чем выше степень конкретизации объекта, тем меньше степень неопределенности его скорости.

Однако никакая конкретизация не устраняет неопределенности скорости объекта самой по себе без привязки к системе

отсчета. Если дать такое же задание наблюдателю, стоящему на платформе, то он также получит определенное значение скорости, но скорость объекта $\odot_3$ на платформе будет отличаться от скорости того же объекта $\odot_3$ в вагоне, поскольку один и тот же объект $\odot_3$ имеет разную мгновенную скорость в вагоне и на платформе.

Замена косвенной отсчетной конкретизации часов прямой конкретизацией в свете современных представлений кажется невозможной. Ведь если бы можно было допустить это, то можно было бы говорить и об определенной (абсолютной) скорости таких часов самих по себе.

Замечание 5. *Мгновенная скорость внутренневыборочно конкретизированного объекта $\odot_3$ самого по себе (без права указания системы отсчета) есть величина неопределенная.*

Уточнение «самого по себе» (без права указания системы отсчета) в замечании 4 важно, так как при отсутствии этого уточнения принято говорить не о неопределенности, а об относительности мгновенной скорости объекта $\odot_3$. Говорят так по той причине, что неопределенность скорости объекта устраняется выбором системы отсчета, если на такой выбор субъект имеет право (т.е. если объект рассматривается *не сам по себе*).

Если мы наряду с часами $\odot$ желаем рассмотреть другие выборочно конкретизированные (указанные пальцем и помеченные) часы, то их следует обозначить другим символом, например символом $\underline{\odot}$, снабженным «подставкой» в виде черточки. Это позволит нам различать разные часы в процессе обсуждения их поведения, даже если часы очень похожи друг на друга, а они могут быть похожи друг на друга, причем не только конструктивно, но и показаниями. Ведь часы $\underline{\odot}$ могут быть заведены одновременно с часами $\odot$ и постоянно идти в вагоне синхронно с последними. Последнее возможно, если и те и другие

часы перемещаются относительно друг друга настолько медленно, что взаимной рассинхронизации часов O и $\underline{O}$ не наблюдается.

Рассматривая пару часов, можно понаблюдать за физическими величинами, которые имеют смысл по отношению к паре часов, а не к одним-единственным часам, например, за расстоянием между ними. Это расстояние, *измеренное внутри вагона*, в процессе их перемещения изменяется, однако в случае сохранения синхронности часов O и $\underline{O}$ внутри вагона конкретное расстояние, например, между внутренневыборочно конкретизированными объектами $\odot$ и $\odot$ (в момент времени, соответствующий показанию обоих часов, равному 15 ч 00 мин) вполне определено и неизменно. Расстояние же между объектами $\odot$ и $\odot$ ни в какой момент времени нельзя прямо измерить, так как эти часы обнаруживаются только в разные моменты времени. Конечно, можно измерить расстояние между *точками пространства* вагона, в которых находились в разные моменты времени (соответственно в 15 ч 00 мин и в 19 ч 00 мин) объекты $\odot$ и $\odot$, но это расстояние не является расстоянием между объектами.

3. ПРЯМАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ И АБСОЛЮТНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО ПРОТЯЖЕННОГО ОБЪЕКТА

Теперь перейдем к рассмотрению более сложного объекта, чем часы O или $\underline{O}$.

Пусть таким объектом служит *пара* часов O и $\underline{O}$, соединенных очень длинным стержнем. Обозначим данный объект символом $O—\underline{O}$, напоминая сам объект. Под линией — будем понимать стержень, соединяющий часы. Как и в предыдущем примере, предположим сначала, что часы O и $\underline{O}$ не заведены, а их стрелки направлены вверх. В этом случае мы можем обозначить объект $O—\underline{O}$ также символом $\odot_n—\odot_n$.

Предположим, что объект $\textcircled{1}_в — \textcircled{1}_н$ не изменяет своей длины (длины стержня) и не ускоряется/не замедляется и что вы находитесь в состоянии относительного покоя с рассматриваемым объектом. В этом случае проведенные вами измерения скорости и длины объекта $\textcircled{1}_в — \textcircled{1}_н$ дадут результат, в соответствии с которым скорость объекта окажется равной нулю, а его длина — некоторой вполне определенной величине. В то же время скорость объекта $\textcircled{1}_в — \textcircled{1}_н$, измеренная другими участниками эксперимента (предположим, что таковые имеются), движущимися относительно вас параллельно стержню, соединяющему часы, будет отлична от нуля, а длина окажется меньше длины, которая была зафиксирована вами. Это находится в согласии с известными положениями специальной теории относительности об относительности движения материальных тел и об их продольном сокращении при относительном движении.

Замечание 6. *Внешневыборочно конкретизированный объект $\textcircled{1}_в — \textcircled{1}_н$, содержащий пару незаведенных часов, имеет разную мгновенную скорость и разную длину в разных системах отсчета.*

Теперь несколько усложним эксперимент и предположим, что рассматриваемый нами объект представляет собой пару *заведенных* и идущих часов, соединенных очень длинным стержнем.

Предположим, что часы идут синхронно в том смысле, что наблюдатель, стоящий на средней точке стержня, всегда видит одинаковые показания часов.

Опять-таки предположим, что вы находитесь в состоянии относительного покоя с рассматриваемым объектом и вам дается задание с высокой точностью измерить скорость и длину объекта $\textcircled{1}_в — \textcircled{1}_н$. Результаты вашего измерения дадут значение скорости, равное нулю, и определенное значение длины.

А какой результат получают другие участники нашего мысленного эксперимента, движущиеся относительно вас параллельно стержню и измеряющие мгновенную скорость и длину объекта $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$?

Они не получают никакого результата!

Никакого!

Объект $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$ недоступен для их наблюдения. Вспомним тот факт, что, согласно специальной теории относительности, показания разных часов движущегося поезда для наблюдателей, стоящих на платформе, оказываются разными в один и тот же момент времени. В какой-то момент времени участники эксперимента, движущиеся относительно вас параллельно стержню, могут обнаружить часы $\textcircled{1}_3$ или часы $\textcircled{2}_3$, но они никогда не обнаружат **одновременно** пару часов $\textcircled{1}_3$ и $\textcircled{2}_3$. В зависимости от скорости относительно вас какие-то наблюдатели могут обнаружить объект $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$, какие-то — объект $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$, кто-то увидит объект $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$, но никто из них не обнаружит объекта $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$, т.е. участники эксперимента, движущиеся относительно вас параллельно стержню, могут обнаружить только объект с отличающимися положениями стрелок на циферблатах, причем чем быстрее участники эксперимента по отношению к вам движутся, тем значительнее расхождение показаний часов. Объект же $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$ можете видеть только вы и те участники эксперимента, которые либо покоятся относительно вас, либо движутся перпендикулярно стержню.

В дальнейшем мы не будем упоминать движения перпендикулярно стержню, а будем рассматривать только движение параллельно стержню и, говоря о скорости, иметь в виду только продольную скорость.

Замечание 7. *Мгновенная (продольная) скорость внутренневыборочно конкретизированного объекта $\textcircled{1}_3 - \textcircled{2}_3$ с заведенными часами (самого по*

себе) есть величина определенная и равная нулю.

Вполне определенной является и длина объекта $\odot_3 - \odot_2$.

Невозможность непосредственного обнаружения объекта $\odot_3 - \odot_2$ движущимися относительно вас участниками эксперимента не дает вам основания считать себя в привилегированном положении, ибо вам в свою очередь не дано наблюдать объекты с несовпадающими показаниями стрелок часов $\odot$ и $\odot_3$, например объект $\odot_3 - \odot_2$, скорость которых отлична от нуля.

Если наблюдателям в разных инерциальных системах дать задание измерить мгновенную скорость и длину объекта $\odot_3 - \odot_2$, то с этой задачей справятся только те наблюдатели, по отношению к системе отсчета которых объект $\odot_3 - \odot_2$ обладает вполне определенной скоростью — той самой, которая принадлежит данному объекту и которая является абсолютной скоростью данного объекта $\odot_3 - \odot_2$. Длина объекта $\odot_3 - \odot_2$ окажется меньше длины покоящегося объекта $\odot_3 - \odot_2$.

Говоря о мгновенной скорости, я избегал упоминать о движении и покое. Это делалось мною из осторожности. Дело в том, что я не знаю, можно ли, например, говорить о движении в некоторой системе отсчета часов $\odot_3$, мгновенная скорость которых в данной системе отсчета отлична от нуля. Ответ на этот вопрос зависит от того, что понимается под мгновением — существует ли минимальная или вообще нулевая длительность мгновения. Ведь движение — это перемещение в пространстве данной системы отсчета, а заведенные часы $\odot_3$ с фиксированным положением стрелки ни в каком пространстве не перемещаются, они находятся в одном и том же месте. Если момент времени как нечто, не имеющее длительности, имеет физический смысл, то и мгновенному покою как мгновенному состоянию тела, обладающего мгновенной скоростью, можно приписать физический смысл (ведь наполняем же мы физическим смыслом мгновенное ускорение тела, обладающего в данный

момент *фиксированной* мгновенной скоростью). Но имеет ли момент времени без длительности *физический* смысл?

Часы же с движущейся стрелкой непременно перемещаются в пространствах *каких-либо* систем отсчета. Если бы, к примеру, предлагаемый вашему вниманию материал данной главы излагался в научно-популярном кинофильме, то всегда можно было бы показать часы, стрелки которых перемещаются из одного положения в другое, а часы при этом перемещаются из одной точки пространства в другую. Так как у нас нет такой возможности, то мы введем обозначение $\textcircled{1} \dots \textcircled{5}$, которое будем использовать для часов, стрелка которых перемещается из положения 12 ч 00 мин в положение 15 ч 00 мин. Точки между двумя изображениями циферблатов со стрелками обозначают упорядоченное множество часов в мгновенных состояниях, соответствующих разным положениям часов в течение времени от 12 ч 00 мин до 15 ч 00 мин. Здесь не проставлены индексы z , так как по разнице положений стрелок на первом и на последнем циферблатах символа и без того ясно, что речь идет об идущих часах.

Часы $\textcircled{1}_z$, часы $\textcircled{2}_z$, часы $\textcircled{3}_z$ могут быть засняты на отдельных кадрах киноплёнки, но часы $\textcircled{1} \dots \textcircled{5}$ могут быть засняты только на длинном куске киноплёнки. Скорость часов $\textcircled{2}_z$ относительно какой-либо системы отсчета — это мгновенная скорость, скорость же часов $\textcircled{1} \dots \textcircled{5}$ относительно какой-либо системы отсчета — функция, которая лишь в частных случаях (при отсутствии ускорений часов) может быть выражена постоянной величиной (точнее, множеством совпадающих друг с другом одинаковых значений).

Если в некоторой системе отсчета мгновенная скорость часов с любым промежуточным положением стрелок (между 12 ч 00 мин и 15 ч 00 мин) равна 4,7 км/ч, то можно говорить о том, что часы $\textcircled{1} \dots \textcircled{5}$ равномерно движутся с постоянной скоростью 4,7 км/ч. Понятно, что равномерно движущиеся часы $\textcircled{1} \dots \textcircled{5}$

движутся не абсолютно. Всегда можно найти систему отсчета, в которой часы $\odot \dots \odot$ покоятся.

Замечание 8. *Внутренневыборочно конкретизированные часы $\odot \dots \odot$ покоятся относительно одной из систем отсчета и движутся относительно других систем отсчета.*

Введем теперь сложный символ $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ для обозначения объекта $\odot \text{---} \odot$, стрелки часов $\odot$ и $\odot$ которого синхронно перемещаются из положения 12 ч 00 мин в положение 19 ч 00 мин. Точки в этом символе обозначают упорядоченное множество мгновенных объектов $\odot \text{---} \odot$, соответствующих разным в разные моменты времени синхронным показаниям часов в течение времени от 12 ч 00 мин до 19 ч 00 мин. Об этом объекте мы можем говорить, что он абсолютно покоится, ибо ни один из мгновенных объектов, из которых «собран» во времени объект $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$, недоступен для наблюдения в системах отсчета, которые находятся по отношению к нему в состоянии движения.

Замечание 9. *Внутренневыборочно конкретизированный объект $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ сам по себе является абсолютно покоящимся объектом.*

Аналогично об объекте $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ следует говорить как о абсолютно движущемся объекте. Каждый из мгновенных объектов, формирующих объект $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ в целом, может быть зарегистрирован только в системе отсчета, относительно которой объект $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ движется со скоростью, при которой разница показаний часов $\odot$ и $\odot$ равна трем часам.

Замечание 10. *Внутренневыборочно конкретизированный объект $\odot \text{---} \odot \dots \odot \text{---} \odot$ сам по себе является абсолютно движущимся с определенной абсолютной скоростью объектом.*

Таким образом, утверждение о зависимости скорости и размеров других физических величин объекта от выбора системы

отсчета верно, как говорится, с точностью «до наоборот». Не размеры физических величин объекта зависят от произвольного выбора системы отсчета наблюдателями, а выбор системы отсчета зависит от того, какой объект, обладающий абсолютными размерами, желают зарегистрировать наблюдатели.

Если различие объектов $\textcircled{1}—\textcircled{2} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ и $\textcircled{1}—\textcircled{9} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ кажется вам натянутым (ведь эти объекты составлены из одних и тех же объектов $\textcircled{1}$, $\textcircled{2}$, $\textcircled{9}$, $\textcircled{7}$, $\textcircled{8}$ и т.д.), то подумайте над следующим.

Во-первых, даже если объекты $\textcircled{1}—\textcircled{2} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ и $\textcircled{1}—\textcircled{9} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ составлены из одних и тех же часов, то они составлены по-разному в пространстве и времени, т.е. пространственно-временная структура объекта $\textcircled{1}—\textcircled{2} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ и объекта $\textcircled{1}—\textcircled{9} \dots \textcircled{7}—\textcircled{8}$ разная.

Во-вторых, каждый из объектов, который нами рассматривался как единичные часы, в свою очередь является пространственно протяженным объектом, по отношению к которому справедливо все, что было сказано об объекте с двумя идущими часами, соединенными стержнем. Достаточно представить себе, что единичные часы снабжены двумя циферблатами.

А в-третьих...

Представьте себе эйнштейновский поезд, в каждом из вагонов которого находятся ящики. Пусть наблюдатели, находящиеся во всех вагонах, в некоторый момент времени одновременно (по часам поезда) выбрасывают по одному ящику из каждого вагона.

Предположим, что в тот момент, когда из среднего вагона выброшен ящик, наблюдатели, находящиеся в поезде, и наблюдатели, стоящие на платформе, измеряют скорость поезда. По результатам измерений наблюдатели, находящиеся в поезде, полагают, что скорость поезда равна нулю (поезд покоится), а наблюдатели, стоящие на платформе, утверждают, что скорость *того же* поезда равна, допустим, 290 000 км/с. Но если вы про-

анализируете данную ситуацию, то обнаружите, что в тот момент, когда из среднего вагона только что был выброшен ящик, в покоящемся и движущемся поезде находится разное количество ящиков. В этот момент времени количество ящиков в покоящемся поезде меньше первоначального количества ящиков на число, равное числу вагонов в поезде. В движущемся же поезде количество ящиков в поезде в этот момент равно первоначальному количеству минус число, равное половине числа вагонов в поезде (так как показания часов в поезде возрастают от головы к хвосту поезда, в первой половине поезда ящики оказываются еще не выброшенными, а во второй половине уже выброшенными). Таким образом, движущийся и покоящийся поезда в момент выбрасывания ящика из среднего вагона реально отличаются друг от друга количеством ящиков в поезде, т.е. являются разными объективными реальностями. Это свидетельствует о том, что разница пространственно-временной структуры вполне реальная вещь с вполне реальными последствиями.

4. МИРНОЕ ПРОТИВОСТОЯНИЕ ПРИНЦИПОВ

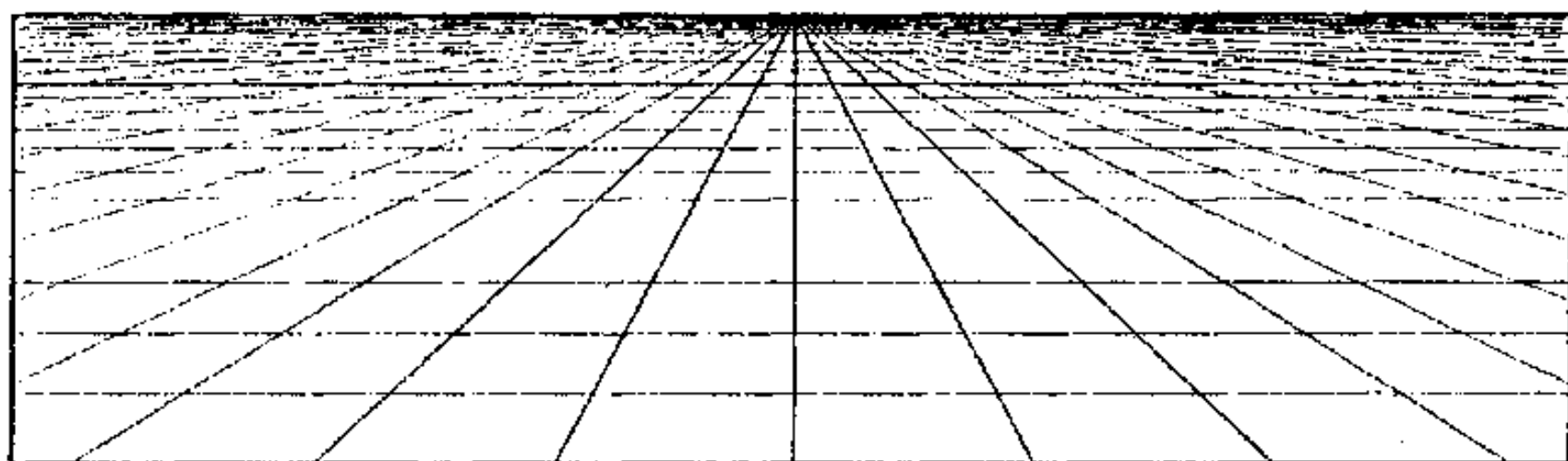
Факт абсолютности движения конкретных материальных тел интересен прежде всего в принципиальном аспекте.

Несмотря на то что абсолютность движения и связанная с ней абсолютность размеров так называемых относительных физических величин материальных объектов теоретически в макромире имеют всеобщий характер, в *обычной* земной человеческой деятельности они себя не проявляют, поскольку необходимый для их проявления уровень конкретизации объектов находится за пределами практической возможности и практической целесообразности.

Поэтому факт абсолютности движения не снижает важности роли принципа относительности в физике, где последний

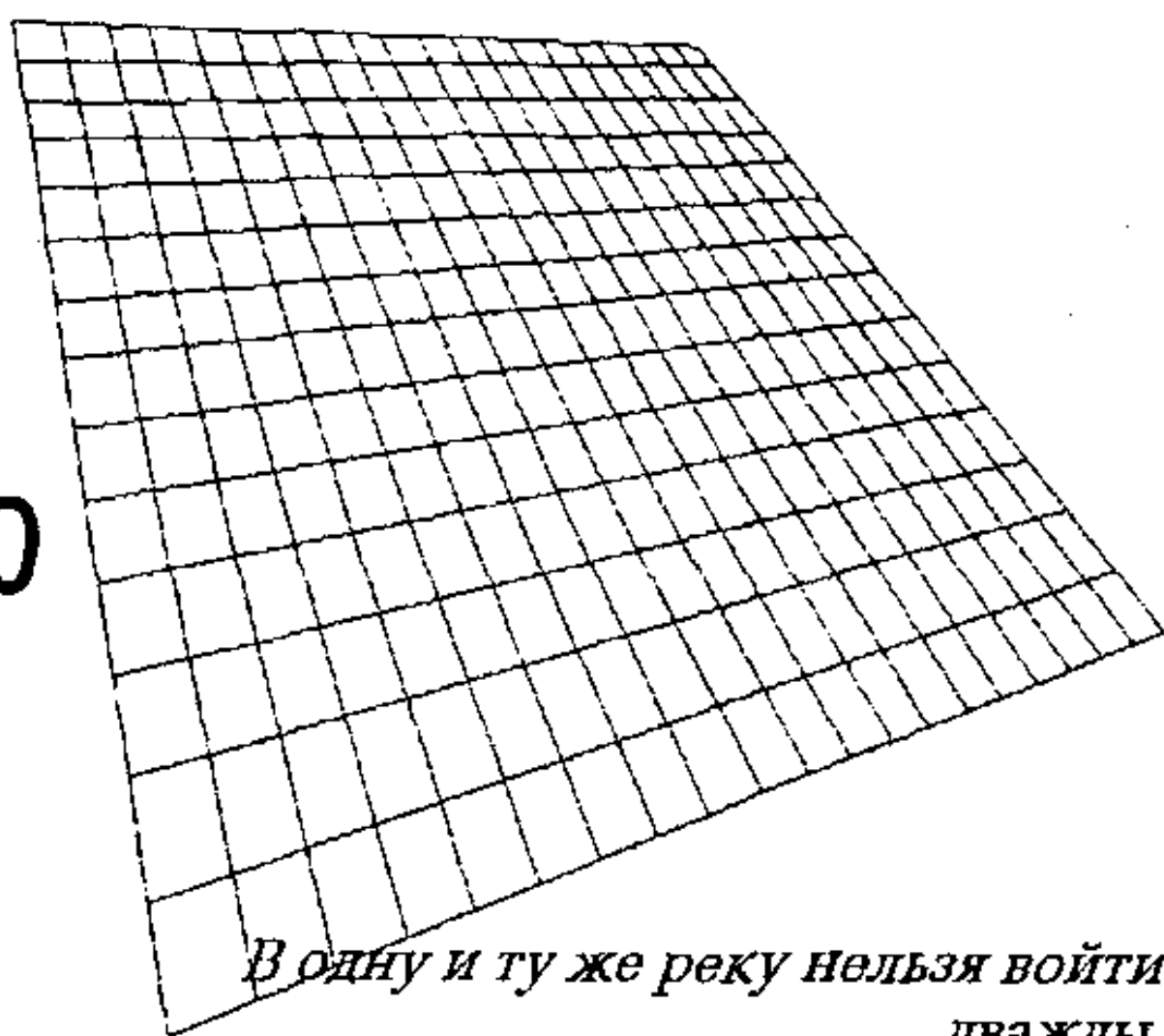
был и остается одним из важнейших элементов картины мира частично конкретизированных физических объектов. Принцип же, согласно которому пространственно протяженные объекты высокой степени конкретизации движутся абсолютно и который «в пику принципу относительности» можно было бы назвать «принципом абсолютности», может найти применение там, где практически достижима высокая степень конкретизации (в космологии?), там, где такая конкретизация практически недостижима, но ее учет в теории приводит к пониманию тонкостей физических моделей, и, наконец, в философии для пересмотра ряда релятивистских концепций.

Заслуживает внимания тот факт, что по мере уменьшения геометрических размеров объектов (микромир?) абсолютность теряется в тумане неопределенности.



ГЛАВА 3

КОНТУРЫ АБСОЛЮТНОГО МИРА



*В одну и ту же реку нельзя войти
дважды.*

Гераклит

1. В МИРЕ СВЕРХВЫСОКИХ ТОЧНОСТЕЙ — МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ

Для обнаружения релятивистских эффектов совершенно не обязательно достигать скоростей, близких к скорости света. Приведенное выше словосочетание «мир больших скоростей» не отражает сути дела, ибо создает ложное впечатление, будто ранее упомянутые релятивистские эффекты проявляются лишь при высоких скоростях. На самом же деле эти эффекты проявляются всегда. Так, классическая формула сложения скоростей $v=v_1+v_2$, строго говоря, вообще не верна, а верна формула $v=(v_1+v_2)/(1+v_1v_2/c^2)$. Просто при обычных «земных» скоростях величина v_1v_2/c^2 настолько мала (практически равна нулю), что на практике не имеет никакого значения.

Замедление хода часов при перемещении по замкнутому контуру также происходит всегда. Сверхточные часы земного путешественника, совершившего обычное земное путешествие,

после возвращения домой отстали бы от точно таких же часов, оставленных им дома. Однако это отставание таково, что на практике в реальной жизни его невозможно обнаружить, поскольку неточность хода часов значительно превышает отставание часов.

В соответствии со специальной теорией относительности энергия E связана с массой m соотношением $E=mc^2$. Это значит, что покоящийся в данной системе отсчета кусок металла массой 1 кг содержит в себе колоссальную внутреннюю энергию около 10^{17} Дж.

Если этот кусок разогнать до скорости, близкой к световой, или, не трогая его, просто перейти в систему отсчета, по отношению к которой он движется с такой скоростью, то к внутренней энергии добавится кинетическая энергия, которая из-за огромной скорости также будет колоссальной. Заметное увеличение суммарной энергии приведет к заметному росту массы куска металла, ибо с увеличением энергии E увеличивается и масса $m=E/c^2$. Если кусок металла разогнать до малой, «земной», скорости или повысить его температуру на несколько градусов, то и в этом случае из-за увеличения внутренней энергии масса куска металла увеличится, однако это увеличение будет ничтожным в силу того, что по сравнению с внутренней энергией дополнительная энергия ничтожна. Одна-единственная пылинка, осевшая на кусок металла, окажет на его массу большее влияние, чем его ускорение или нагрев.

Так что, если из «мира больших скоростей» перейти в «мир малых скоростей, но сверхвысоких точностей», то изменения поведения материальных объектов будут иметь количественный, но не качественный характер.

Для достижения сверхвысоких точностей измерения необходимо решить множество сложнейших научно-технических проблем. Мы на этих проблемах не будем останавливаться, считая, что все теоретически возможное в метрологии нам по пле-

чу, так же как по плечу полеты и поездки со скоростями, близкими к скорости света. На неметрологических же проблемах, непосредственно с техникой измерения не связанных, но играющих не менее важную роль, чем сама эта техника, мы остановимся особо. Остановимся мы на них по той причине, что понимание этих проблем позволит нам понять и проблемы мира высоких скоростей.

Зададимся таким вопросом: является ли проблематичным получение совпадающих результатов измерений одного и того же размера физической величины одного и того же объекта, полученных в одинаковых условиях (в одной и той же лаборатории или системе отсчета) разными независимыми экспертами (или независимыми одной от другой группами экспертов), выполняющими задание некоего заказчика по проверке объективности измерений?

На первый взгляд никаких проблем здесь нет. Результаты измерения, если они объективны, не должны зависеть от того, кто их проводит, и при отсутствии ошибок со стороны экспертов результаты должны совпадать.

Однако в действительности достичь этого не так-то просто. Причем чем точнее измерения и совершеннее измерительные приборы, тем сложнее добиться такого совпадения от разных экспертов.

Сложность, которая ожидает экспертов и заказчика, состоит в следующем.

Для измерения размера физической величины данного объекта нужен конкретный объект. Однако если, проводя измерения, эксперты имеют дело с конкретными объектами, то, обобщая результаты измерения и сообщая их заказчику, используют понятия. Заказчик же, и давая задание, и получая результаты измерения, оперирует не физическими объектами, а понятиями, терминами или другими средствами, лишь приблизительно передающими все стороны конкретных объектов. Даже

после того, как объект словесно описан, указан с помощью указательного пальца или передан из рук в руки, эксперты и заказчик не достигают полной конкретизации объекта и полного единства в понимании того, что скрывается за описанием данного объекта или за жестом, вроде бы однозначно выделяющим данный объект из множества других объектов.

И объект, описанный словесно, и объект, указанный пальцем, являются не конкретными, а **частично конкретизированными** объектами. Причем чем выше точность измерения, тем более явно проявляется **частичность** конкретизации указываемого объекта.

Пусть, например, независимые друг от друга эксперты попробуют взвесить человека, на которого «указали пальцем». Как его взвешивать — в одежде, без нее? Кому нужен результат — медикам, которых не интересует одежда больного, или пилоту воздушного шара, грузоподъемность которого рассчитана с точностью до килограмма и вес одежды пассажира может оказаться решающим фактором при подъеме? Не зная этого, разные независимые друг от друга эксперты измерят не совсем одно и то же. Объект измерения у каждого эксперта будет разный: у кого-то это будет человек в верхней одежде, у кого-то — в нижнем белье, у кого-то — полностью раздетый.

А смогут ли эксперты взвесить металлический брусок, полученный ими от заказчика из рук в руки? Нужно ли с бруска стереть пыль, или это исказит ожидаемый заказчиком результат?

Если требуемая точность измерений не очень высока, то указать объект можно, перечислив его признаки. По мере повышения точности измерений требуется и повышение степени конкретизации объекта, которая становится все более сложным делом, в пределе превращаясь в дело практически безнадежное. В мире сверхвысоких точностей эксперты не смогут без

дополнительной конкретизации воспользоваться объектом, даже получив его от заказчика из рук в руки.

Чтобы понять суть сказанного, представьте себе, что вас и, независимо от вас, вашего друга попросили с очень высокой точностью измерить массу одного и того же физического объекта и представить результаты измерения.

Совпадут ли представленные заказчику результаты измерений массы объекта, полученные вами и вашим приятелем?

Если для соблюдения полной независимости исключен ваш взаимный контакт друг с другом, то скорее всего нет. Причем не потому, что на результатах измерения скажутся метрологические ошибки или какие-либо субъективные факторы. Мы предполагаем полную объективность измерения и отсутствие каких-либо метрологических ошибок. Результаты могут не совпасть, поскольку для исключения контакта между вами и вашим другом время проведения измерений массы объекта вами и вашим другом придется выбрать разное. За период же времени между измерениями могут произойти какие-либо изменения объекта, и масса объекта может измениться. Например, если таким объектом служит стакан с водой, то часть воды из стакана испарится и масса стакана с водой уменьшится.

Вы можете сказать, что данный пример не подтверждает проблематичности получения совпадающих результатов измерений одного и того же размера физической величины одного и того же объекта разными экспертами, поскольку вы и ваш друг имели дело не совсем с одним и тем же физическим объектом. В самом деле, можно ли считать, например, полный стакан воды и пустой стакан после ее *полного* испарения одним и тем же физическим объектом? По-видимому, нет. Но если нет, то можно ли одним и тем же физическим объектом назвать стакан воды сейчас и «тот же» стакан воды спустя некоторое время — после испарения *части* воды?

Это важный вопрос, причем важный не только в «мире сверхвысоких точностей», но и в так называемой релятивистской физике вообще, поэтому, прежде чем продолжать рассматривать проблему совпадения результатов измерений одного и того же размера физической величины одного и того же объекта разными экспертами, остановимся более подробно на словосочетании «один и тот же объект». Что такое один и тот же физический объект?

Как было отмечено во второй части настоящей книги, это вопрос терминологии и определений. Так как нет строгого определения этого понятия, то и вкладываемый в него смысл может быть разный.

Можно говорить, что и оловянный солдатик, и оплавленная фигурка солдатика, почти потерявшая свою форму при частичном расплавлении, и кусочек олова после полного расплавления солдатика и последующего затвердевания расплава — это один и тот же солдатик (по крайней мере никто вам не скажет, когда точно солдатик перестает быть одним и тем же солдатиком).

С одной стороны, в обыденной жизни мы говорим, что диван, который мы купили много лет тому назад и которым сегодня пользуемся, — это *один и тот же* диван, а человек в возрасте 20 и 30 лет — это *один и тот же* человек. С другой стороны, мы прекрасно понимаем, что имел в виду Гераклит, говоривший, что нельзя дважды войти *в одну и ту же реку*, или, выражаясь поэтически: «Никто не может вступить дважды в один и тот же поток. И к смертной сущности никто не прикоснется дважды».

Замечание Гераклита справедливо не только по отношению к потоку и смертной сущности. По отношению к сущности неподвижной и кажущейся нам бессмертной это также справедливо. И живая, и неживая «сущность» никогда не бывает тождественной самой себе дважды. Любой внешне неизменный

объект «живет», хотя бы на микроуровне, и, как следствие, постоянно изменяется, т.е. меняет свой состав и собственную структуру, а также внешние проявления. Состав объекта меняется в силу того, что происходят химические реакции на поверхности объекта, отдельные молекулы покидают объект и осаждаются на него и т.д. Структура объекта изменяется из-за изменения расположения отдельных молекул или участков объекта и т.п. Так что, следуя Гераклиту, можно утверждать, что на один и тот же диван сесть дважды также никому не дано.

Часто изменения объекта видны, как говорится, невооруженным глазом. Поток воды в водопаде изменяется от мгновения к мгновению, изменяются и никогда не повторяются расположение водяной среды, капель в пространстве, распределение скоростей каждого участка водной среды. Любые два фотоснимка одного и того же потока, сделанные в разные моменты времени с одного и того же места, будут отличаться один от другого.

Иногда изменения объекта не видны, но они проявляют себя иным образом. Внешне неизменный кусок радиоактивного материала постоянно изменяет свою радиационную активность. Последнюю несложно измерить прибором и убедиться в том, что что-то в куске изменяется и кусок сейчас и через несколько минут отличается «сам от себя». Изменение активности есть неотъемлемое проявление изменения состава и структуры этого куска. Каждый уровень активности куска материала является неповторимым для этого куска признаком.

В случае если объектом служит жесткий и стойкий к различным воздействиям предмет (например, камень), то изменения его состава и структуры за малые промежутки времени происходят практически незаметно и различить их по внешним проявлениям практически невозможно, хотя вряд ли большинство из нас сомневается в существовании таких изменений и в том, что данный объект сейчас и через мгновение — это не аб-

солютно одно и то же. И хотя на разных фотоснимках водопада обнаруживается различие потока и не обнаруживается различие камня, обтекаемого водой, мы знаем, что и камень за время, прошедшее между двумя фотосъемками, также претерпел изменения. Просто не существует такого фотоаппарата, который показал бы эти изменения.

Можно было бы уточнить смысл словосочетания «один и тот же объект», дав ему строгое определение и сделав верным либо гераклитовское, либо обыденное понимание этого словосочетания, однако, чтобы не покушаться на красочность неточного, но исторически сложившегося объемного по своей значимости термина, дающего возможность понимать и обыденные фразы, и философские мысли, мы в дальнейшем не будем трогать этот термин, а когда это потребуется, воспользуемся другими способами конкретизации объекта.

Различия, о которых только что шла речь, являются временными, поскольку они проявляются со временем, однако существуют и пространственные различия того, что мы называем «один и тот же объект». Чтобы показать, в чем эти различия состоят, вернемся к измерению массы одного и того же стакана с водой.

Предположим, что независимые эксперты имеют возможность одновременного доступа к объекту и одновременно осуществляют измерение массы объекта. Представим себе также, что методика измерения у экспертов настолько совершенна, что позволяет им производить измерение дистанционно — не касаясь самого объекта, причем таким образом они могут определить массу любого самого малого элемента объекта. Каким образом они это сделают, заказчика не интересует. Пусть хоть молекулы и атомы поштучно считают. Для него важна не методика измерения, а тот факт, что объект содержит определенное количество молекул независимо от того, считает их кто-либо или нет. Получат ли эксперты одинаковые результаты?

Здесь опять возникает вопрос: что такое исследуемый объект?

Если это стакан с водой, то следует ли вкладывать в это понятие пары воды в верхней половине стакана, если стакан, к примеру, заполнен наполовину? Где следует провести границу, отделяющую стакан с водой от всего остального? Нужно ли включать в понятие стакана с водой пыль, осевшую на наружные стенки и попавшую внутрь стакана? Вспомним, что одна-единственная пылинка кардинально изменит результат измерения массы нагретого и охлажденного стакана с водой, если этот результат используется для подтверждения правильности идеи роста массы стакана с водой при увеличении его внутренней энергии. А если это — стакан с кипящей водой? Какие капли воды, оторвавшиеся от водной среды и удалившиеся от нее, следует считать принадлежащими стакану с водой (стакан заполнен водой наполовину), какие нет?

На эти вопросы независимые эксперты дадут скорее всего разные ответы и получат разные значения массы одного и того же объекта. Расхождение в результатах измерения снова будет обусловлено тем, что объектами, массу которых определили эксперты, оказался не один и тот же объект.

Обратим еще раз внимание на упомянутое выше обстоятельство. Точное указание объекта часто не требует его привязки к моменту или периоду времени. Если объект быстро, *необратимо* и внешне заметно изменяется, то, вообще говоря, можно обойтись без часов и без привязки показаний часов разных экспертов к единому часовому поясу. Точного описания такого объекта в какое-то мгновение может быть вполне достаточно для того, чтобы результаты измерения всех экспертов отнести к одному и тому же моменту времени без использования часов.

Если же объект в течение времени наблюдения за ним заметно не изменяется (таким объектом может быть, например, твердый металлический предмет), то для того, чтобы пометить

разные состояния данного объекта, необходимы либо указание момента времени измерения путем задания показания часов, либо использование других методов, например подача сигнала (выстрел, вспышка и др.) или использование активности предмета, если металлический предмет содержит в себе радиоактивный изотоп с небольшим периодом полураспада.

Предположим, что разные эксперты, непрерывно и независимо друг от друга производя по заданию заказчика измерения размеров физических величин объекта, непрерывно снимают объект на киноплёнку и снабжают каждый кадр записями результатов измерения, соответствующих этому кадру. Как заказчику обработать полученный материал, найти кадры киноплёнок разных экспертов, на которых запечатлен один и тот же единственный мгновенный объект (объект в одном и том же мгновенном внутреннем состоянии), и сравнить результаты, представленные разными экспертами? ¹

При необратимом и заметном изменении объекта заказчик сможет найти снимки одного и того же мгновенного объекта, так как двух одинаковых кадров на одной киноплёнке быть не может. При отсутствии заметных изменений объекта (например, твёрдого металлического предмета) все кадры на киноплёнке будут одинаковыми. Правда, если объект содержит радиоактивный изотоп с заметным распадом, то оптическая плотность вуали на киноплёнке или показание измерителя текущей активности, вмонтированного в объект, могут служить временным признаком объекта.

¹Часто говорят, что понятие мгновенного объекта неправомерно, поскольку объект не существует в мгновении — он, как писал ещё Уэллс в своей «Машине времени», существует во времени [36]. С таким утверждением трудно согласиться, ибо с не меньшим основанием можно утверждать обратное, а именно что объект существует только в данный момент времени, так как того, что было, уже нет, а того, что будет, ещё нет. На самом же деле понятия и мгновенного объекта, и объекта во времени правомочны и отражают факт существования объекта во времени, состоящем из множества малых промежутков времени — мгновений.

Если объект заметно не изменяется, то его можно снабдить устройством, которое мы будем называть арифметизатором внутреннего или структурного состояния.

Под арифметизатором внутреннего состояния будем понимать либо точные часы, либо просто часоподобное устройство, напоминающее те произвольно, неправильно идущие, но никогда не останавливающиеся часы-объект, о которых речь шла во второй части книги. Арифметизатор дает никогда не повторяющиеся показания (неповторимость показаний может достигаться, например, наличием счетчика числа оборотов малой стрелки или календаря, если арифметизатором служат часы) и вхождением числа оборотов в показания арифметизатора. Каждому цифровому показанию арифметизатора соответствует одно и только одно структурное состояние объекта, поскольку каждое структурное состояние, как и каждое показание арифметизатора, неповторимо. Разные показания приложенного к объекту арифметизатора являются условными числовыми обозначениями разных структурных состояний объекта.

Самым удобным арифметизатором являются правильно идущие часы, и о неправильно идущих часах мы ведем речь только для того, чтобы лишний раз напомнить, что для нас важны не показания часов, а структурное состояние объекта, которое мы можем произвольно «оцифровывать» (арифметизировать).

Как мы уже выше говорили, конкретизация объекта путем привлечения постороннего объекта (таким объектом может быть и арифметизатор) является косвенной конкретизацией. Однако мы можем «обмануть» обстоятельства, рассматривая совокупность внешне неизменного объекта и арифметизатора как единый объект (арифметизатор в этом случае следует рассматривать как *часть* этого единого объекта). В этом случае задание показаний арифметизатора превращается в прямую конкретизацию единого объекта.

Представим себе упрямого заказчика, использующего единственную систему отсчета, которую он по каким-то причинам считает абсолютной, и отказывающегося от использования других систем отсчета.

Пусть заказчик, формально воспринимая и не допуская вольного трактования определения размера физической величины в метрологии (проецированного нами в разделе 2 первой главы), полагает, что размер любой физической величины объекта, включая его скорость, является принадлежностью, собственностью объекта и зависит только от состояния самого объекта. Заказчик убежден в постоянном изменении объекта вообще и в каких-то специфических внешне незаметных изменениях объекта, ответственных за изменение таких его размеров, как скорость и кинетическая энергия в частности. Необнаружимость различий объекта до и после его ускорения заказчик рассматривает как временную трудность, сходную с трудностью обнаружения внутренних изменений внешне неизменного куска радиоактивного материала в период, когда изменение радиоактивности со временем уже обнаружено, а механизм этого изменения еще не ясен.

Давая задание и указывая экспертам объект наблюдения, заказчик отказывается указывать что-либо, не входящее в этот объект, полагая, что все находящееся вне данного объекта *прямо* не сказывается на размерах физических величин данного объекта. О моменте и промежутке времени заказчик может избегать говорить, так как время, по его мнению, *непосредственно* само по себе не имеет отношения к размерам физических величин объекта — эти размеры порождены самим объектом, и их изменение во времени является прямым следствием изменений объекта во времени.

Заказчик считает, что несовпадение результатов измерений одного и того же размера физической величины одного и того же объекта разными экспертами может быть обусловлено толь-

ко неопределенностью в указании объекта, связанной с частичностью конкретизации объекта. Разные мгновенные скорости одного и того же автомобиля с пассажирами на самом деле принадлежат, по мнению заказчика, разным объектам, не тождественным друг другу, но подпадающим под понятие «один и тот же автомобиль». Так же относится заказчик к несовпадению мгновенных скоростей одного и того же радиоактивного бруска в разные моменты времени.

Действительно, предъявленные любым экспертом фотографии этого автомобиля, обладающего разными скоростями, оказываются разными, в частности, позы и взаимное расположение водителя и пассажиров на снимках различаются. Фотографии «одного и того же» бруска, обладающего разными скоростями, отличаются уровнем «вуали», что свидетельствует о разной активности бруска и о том, что объекты, запечатленные на снимках, не тождественны друг другу.

До тех пор, пока заказчик ограничивается рамками своей системы отсчета, он получает подтверждение своей правоты. Размеры физической величины ведут себя как собственные и подпадают под определение размера физической величины, принятое в метрологии. Многозначность скорости при совпадении всех поз исключена, так как исключено повторение всех поз во всех подробностях.

Однако если однажды заказчик приходит к заключению об ошибочности своей первоначальной точки зрения, согласно которой его система отсчета считалась абсолютной и единственно правильной, и обращается к другим системам отсчета, то вся его стройная картина принадлежности размеров физических величин их носителям рушится. Один и тот же автомобиль с неизменными позами водителя и пассажиров, оставаясь тождественным самому себе, оказывается «обладателем» разных размеров мгновенной скорости в разных системах отсчета. Разными размерами мгновенной скорости обладает и брусок с од-

ним и тем же уровнем активности. А если заказчик ознакомится с явлениями мира высоких скоростей и высоких точностей, то его и подавно ожидает шок, поскольку и масса, и геометрические размеры одного и того же объекта оказываются в этом мире неодинаковыми в разных системах отсчета.

2. ОСТАНОВЛЕННЫЕ МГНОВЕНИЯ, ИЛИ ВЗГЛЯД НА АБСОЛЮТНОЕ ЧЕРЕЗ ЗАТВОР ФОТОАППАРАТА

Прежде чем «окидывать взглядом» абсолютное, сделаем отступление от проблем физических величин, вернувшись еще раз к рассмотренному в разделе 2 первой главы книги (см. стр. 33) примеру с шаром, сферическая поверхность которого окрашена наполовину черной, наполовину белой краской. Множество черных элементов, отвечающее понятию полусферы, образует черную полусферу, множество белых элементов, отвечающих этому понятию, — белую. Таких однотонных множеств — два. Множества белых и черных элементов образуют смешанные «черно-белые» полусферы. Таких отличающихся друг от друга множеств огромное количество, поскольку элементы сферы можно объединить в полусферу различным образом, а два множества (две полусферы) считаются разными, если они включают в себя хотя бы по одному разному элементу.

Разные полусферы могут отличаться одна от другой процентным соотношением черного и белого. Но это отличие не обязательно. Если элементы одного цвета отличимы друг от друга (например, пронумерованы), то существуют разные полусферы с одинаковым процентным соотношением черного и белого.

Например, разные полусферы воспринимаются как одинаковые теми наблюдателями, которые смотрят на шар из разных точек, расположенных в воображаемой плоскости, проходящей через линию раздела черной и белой полусфер (эти по-

лусферы содержат по 50% черного и белого), т.е. разные полусферы данной сферы могут обладать одинаковой раскраской.

Раскраску любой конкретной полусферы можно рассматривать как принадлежность, собственность этой полусферы, не зависящую как от места нахождения, так и от самого существования наблюдателей, а саму полусферу как носитель этой раскраски. Разным носителям может принадлежать одинаковая раскраска, но одному и тому же носителю не могут принадлежать разные раскраски (один и тот же носитель раскраски не может быть одновременно и черным, и черно-белым). Одна и та же конкретная полусфера не может обладать разными раскрасками. Каждая такая полусфера есть определенная сторона сферы в целом.

Хотя аналогии между разными по своей сути сторонами физического мира не вполне уместны, проведем, воспользовавшись традицией таких аналогий, аналогию между раскраской полусферы и массой тела в классической физике.

Масса тела, являясь в классической физике собственной величиной, принадлежит телу. Разные тела могут обладать одинаковой массой, но одно и то же тело не может одновременно обладать разными массами.

Кстати, мы сказали «одновременно». Нужно ли здесь говорить об одновременности? Одно и то же тело не должно обладать разными массами и в разные моменты времени, если тело не претерпело соответствующих физических изменений, т.е. если оно действительно «одно и то же» (тождественно самому себе).

Разница в окраске полусфер, которую обнаруживает наблюдатель, смотря из разных точек пространства на шар, объясняется не произвольным выбором этих точек наблюдения, а объективным различием конкретных множеств элементов, формирующих эти разные полусферы. Что касается произвольности выбора наблюдателем точки наблюдения, то он произволен толь-

ко до тех пор, пока перед наблюдателем не стоит никакой цели. Если же наблюдатель желает увидеть, например, черную полусферу, то выбор точки наблюдения перестает быть произвольным, поскольку конкретное множество черных участков сферы можно увидеть только с одного направления.

А не происходит ли нечто подобное в так называемом «релятивистском» мире? Не может ли материальному телу одновременно принадлежать множество размеров скорости, для идентификации каждой из которых нужно выбрать соответствующую систему отсчета? Такая точка зрения высказывалась эстонским физиком Нааном [45]. Точка зрения Наана заслуживает внимания, однако слабость ее состоит в том, что в этом случае одно и то же тело необходимо признать носителем множества размеров скорости.

«Что же тут плохого? — можете спросить вы. — Может ведь один и тот же брусок иметь разные длину, ширину и высоту».

Конечно, может. Но длина, ширина и высота — это не один и тот же размер, а разные размеры, и характеризуют они не брусок в целом, а разные его стороны. Длина — это расстояние между одной парой плоскостей, ширина — расстояние уже между другой парой, а высота — третьей, т.е. разными размерами обладают разные стороны бруска. Что же касается массы или скорости бруска, то они относятся к бруску в целом.

После того, как мы с разных сторон рассмотрели неподвижный шар и поняли, что раскраска абстрактной неконкретной полусферы неопределенна и в определенном понимании относительна, а раскраска конкретной полусферы определена (абсолютна), рассмотрим более сложный объект, постепенно повышая степень его конкретизации.

Пусть таким объектом будет определенный внешневыборочно конкретизированный вагон с пассажирами (именно этот вагон, а не какой-либо другой).

Этот вагон с пассажирами может сегодня идти из Москвы в Петербург, а завтра — в обратном направлении. Направление и модуль скорости этого вагона неопределенны. Но если в этом вагоне из Москвы в Петербург едет Олег, а из Петербурга в Москву на следующий день Роман (поездки Олега и Романа одноразовые), то вагон с Олегом идет по направлению из Москвы в Петербург, а не наоборот, а вагон с Романом идет в обратном направлении.

Конкретизация вагона путем указания пребывания в этом вагоне конкретного пассажира позволила нам снять неопределенность с направления движения вагона, хотя она и не сняла неопределенности с модуля его скорости.

Если в Бологом к Роману присоединяется Виталий, то присутствие Виталия в вагоне не добавляет ничего нового к направлению движения поезда, хотя и несколько сужает место нахождения вагона — если вагон с Романом находится между Петербургом и Москвой и идет в Москву, то вагон с Виталием и Романом находится между Бологим и Москвой и идет в Москву. Но если в какой-то момент времени Виталий надул воздушный шарик, который, просуществовав некоторый промежуток времени, отвечающий условию мгновенности, лопнул, то вагон с воздушным шариком обладает вполне определенным направлением движения и модулем скорости и находится в определенном месте (не просто между Бологим и Москвой, а у вполне конкретного «столба»).

Наличие воздушного шарика может быть использовано как один из признаков вагона с пассажирами, находящегося в определенном внутреннем состоянии. Другими признаками внутреннего состояния вагона с пассажирами могут служить те же расположение и позы пассажиров.

Предположим теперь, что из разных инерциальных систем отсчета по поручению заказчика за вагоном с пассажирами ведется наблюдение «глазами и приборами» наблюдателей этих

систем. Будем считать, что в каждой инерциальной системе для «подстраховки» могут находиться несколько независимых групп наблюдателей, выполняющих функцию экспертов.

Пусть перед разными группами наблюдателей поставлена задача — определить *мгновенную* скорость объекта, находящегося в определенном, тоже мгновенном, внутреннем состоянии, и произвести в процессе измерения и фотосъемку этого объекта, позволяющую документально подтвердить факт одинаковости внутреннего состояния данного объекта.

Пусть таким объектом будет единичный вагон с пассажирами. Вагон время от времени может изменять скорость.

Опять-таки предположим, что в некоторый момент времени в вагоне был надут воздушный шарик, который, просуществовав мгновение, лопнул. Задача, поставленная перед независимыми группами наблюдателей, состоит в определении мгновенной скорости вагона с воздушным шариком и в сравнении полученных ими результатов.

Какие результаты получают группы наблюдателей, сделав фотосъемку и измерив мгновенную скорость вагона с воздушным шариком?

Прежде всего отметим, что группы наблюдателей разных систем отсчета, сделавшие снимки вагона с воздушным шариком, должны получить практически одинаковые снимки, на которых должно присутствовать и изображение воздушного шарика. Что касается значений мгновенной скорости мгновенного вагона, то независимые друг от друга группы наблюдателей, находящиеся в одной и той же инерциальной системе, получают совпадающие значения мгновенной скорости мгновенного вагона с воздушным шариком, в то время как значения скоростей этого мгновенного объекта, полученные группами наблюдателей, находящимися в *разных* системах отсчета (на платформе, во встречно движущихся поездах и т.д.), окажутся разными.

Теперь уже заказчик, отказавшийся от точки зрения об исключительности своей системы отсчета, должен признать, что мгновенная скорость является характеристикой, а не принадлежностью данного вагона. Она не принадлежит последнему, поскольку, при том что все признаки состояния вагона, включая наличие в нем воздушного шарика, показание часов вагона с воздушным шариком, позы и взаимное расположение пассажиров на снимках всех групп наблюдателей во всех системах отсчета совпадают, мгновенная скорость этого тождественного самому себе вагона не одна и та же, т.е. этот мгновенный вагон заказчик не может считать носителем конкретной мгновенной скорости.

Однако упрямый заказчик не признает этого «очевидного» факта и предлагает понаблюдать из разных инерциальных систем отсчета не за отдельным вагоном, а за поездом Эйнштейна, движущимся равномерно и прямолинейно.

Под наблюдением за поездом заказчик понимает не только измерение скорости, длины, массы поезда, но и достаточно полное описание поезда. Степень полноты описания, которое может доходить до повагонного описания, определяет заказчик.

Отметим необходимость в ряде случаев конкретизации всего поезда «повагонно». Если пренебрежение этой конкретизацией еще как-то допустимо при рассмотрении поездов, собственные характеристики, состав, свойства и структура которых абсолютно неизменны, то оно недопустимо при рассмотрении поездов, в которых что-то меняется со временем, особенно если эти изменения затрагивают те характеристики, которые нас интересуют.

Чтобы сказанное было яснее, предположим, что эйнштейновский поезд помимо пассажирских вагонов включает в себя и цистерны.

Пусть цистерны наполнены летучей жидкостью, например эфиром (не тем, что в пространстве, а тем, что в больнице),

люки цистерн негерметичны и происходит непрерывная утечка паров эфира наружу. Возможен и слив эфира через сливной клапан. Снабдим каждый вагон и каждую цистерну часами.

Можем ли мы ожидать от разных групп наблюдателей совпадающих результатов, если им будет дано задание измерить размеры физических величин поезда?

Если некоторые группы наблюдателей находятся на платформе, а другие в рассматриваемом поезде, то результаты окажутся разными. Различие значений скорости поезда явно и понятно. Различие значений массы может быть обусловлено тем естественным обстоятельством, что масса поезда в системе отсчета, связанной с платформой, превышает массу поезда в системе отсчета самого поезда. Но наблюдатели могут натолкнуться и на «неожиданные» обстоятельства. В частности, масса поезда в системе отсчета, связанной с платформой, может оказаться меньше массы поезда в системе отсчета самого поезда.

Явным образом это может произойти, к примеру, если в некоторый момент времени по часам наблюдателей, едущих на поезде (пусть это будет 2 ч 30 мин), из цистерны, расположенной у хвоста поезда, будет очень быстро слит эфир. Если наблюдатели системы отсчета самого поезда и наблюдатели системы отсчета, связанной с платформой, проведут измерения в момент времени, когда часы первого вагона показывают ровно 2 часа, то масса поезда для наблюдателей (и приборов) платформы может оказаться меньше массы поезда для наблюдателей в самом поезде. Это произойдет, если скорость поезда такова, что показание часов цистерны в хвосте поезда будет в момент измерения наблюдателями платформы равно, например, 2 ч 45 мин (показание часов переднего вагона окажется в этот момент равным двум часам), а потеря массы вследствие слива эфира превысит прирост массы поезда, обусловленный релятивистским эффектом.

Строго говоря, определить массу m поезда по его собственной массе m_0 (по формуле $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$) вообще нельзя, если собственная масса m_0 поезда сравнительно быстро меняется, так как вследствие неравномерного испарения эфира из разных цистерн собственная масса поезда и сумма собственных масс вагонов и цистерн поезда, движущегося в некоторой инерциальной системе, различны.

Теперь предположим, что Артем в первом и Роман в последнем вагонах эйнштейновского поезда надуют воздушные шарики. Представим себе, что собственная (т.е. измеренная в самом поезде) длина поезда составляет один световой час¹ и что передний и задний вагоны² содержат часы, синхронизированные методом Эйнштейна наблюдателями, находящимися в этом поезде.

Предположим, что Роман надул воздушный шарик спустя какое-то время после того, как увидел действие Артема. Поставим перед наблюдателями задачу определить скорость и длину поезда с воздушными шариками (с воздушными шариками, а не с воздушным шариком). Это значит, что на фотоснимке каждой из групп наблюдателей должны быть запечатлены оба воздушных шарика. Возможно ли это?

Нет. Это невозможно.

Как было сказано в первой главе книги, ни в какой инерциальной системе отсчета невозможно одновременно увидеть два разделенных времениподобным интервалом события, которые можно подозревать в прямой или косвенной причинно-след-

¹ Под длиной или расстоянием в один световой час понимается расстояние, для прохождения которого свету требуется один час времени.

² Понятия первого и последнего вагонов неопределенные, если их связывать с направлением движения поезда (для наблюдателей других поездов, обгоняющих данный поезд или отстающих от него, первый и последний вагоны воспринимаются диаметрально противоположно). Если же под первым вагоном понимать вагон, ближайший к локомотиву, то эти понятия приобретают определенный характер.

ственной связи (а появление воздушного шарика Романа стало опосредствованным следствием появления воздушного шарика Артема). Поэтому ни на каком фотоснимке невозможно увидеть *оба* воздушных шарика.

Обращаясь к часам, можно заметить, что если часы первого вагона показывали в момент существования воздушного шарика Артема 14 ч 00 мин, то часы последнего вагона показывают в момент существования воздушного шарика Романа не менее 15 ч 00 мин (в противном случае надувание шариков Артемом и Романом разделялись бы пространственноподобным интервалом), например 15 ч 10 мин. Так как наблюдение такого мгновенного поезда принципиально невозможно, то следует признать, что поезда с воздушными шариками в рассмотренном нами случае вообще не существует — он нами выдуман — и о его мгновенной скорости говорить нельзя.

Теперь предположим, что Артем и Роман надували воздушные шарики независимо друг от друга, причем разница во времени надувания воздушных шариков не превышает часа. Например, воздушный шарик в первом вагоне был надут в 14 ч 00 мин, а воздушный шарик в последнем вагоне — в 14 ч 30 мин. Эти события, будучи разделенными пространственноподобным интервалом, в принципе не могут состоять в причинно-следственной связи.

Возможно ли в этом случае измерить скорость поезда с воздушными шариками (и получить на отдельном кадре фотографии поезда с *обоими* воздушными шариками)?

Да, это возможно.

Такой кадр может быть получен наблюдателями той и только той системы отсчета, относительно которой рассматриваемый нами поезд движется со скоростью 150 000 км/с. Для наблюдателей же других систем отсчета прямое мгновенное наблюдение поезда с воздушными шариками Артема и Романа оказывается недоступным (воздушные шарики существуют в

этих системах не одновременно и не могут быть запечатлены наблюдателями этих систем на одном-единственном кадре), и никакой информации о мгновенной скорости этого мгновенного поезда от них не может быть получено. Но у нас нет необходимости получать данные от тех, кто их не может нам предоставить, и мы можем ограничиться информацией, полученной от групп наблюдателей единственной системы отсчета. Не можем же мы отказывать в объективности результата наблюдений наблюдателю, видящему черную полусферу упомянутого нами выше шара, на том основании, что наблюдатели, расположенные в других точках пространства, видят не эту черную, а другие полусферы.

Информация, полученная заказчиком от наблюдателей единственной системы отсчета, свидетельствует о том, что мгновенный поезд с воздушными шариками реален, что подтверждается фотоснимком, и обладает скоростью 150 000 км/ч. При большой скорости поезда и не равной нулю длительности срабатывания затворов фотоаппаратов изображение поезда на фотографии окажется несколько размытым, что может служить как дополнительным признаком движения этого поезда, так и деталью, позволяющей по степени размытия судить о скорости поезда.

Отметим, что в этом случае мгновенная скорость поезда является не просто характеристикой, а принадлежностью данного мгновенного поезда. Ему принадлежит только эта скорость, а не какая-либо другая. «Другая» скорость, которая будет зафиксирована наблюдателями любой другой системы отсчета, принадлежит не этому мгновенному поезду, а другому, поскольку расположение и позы пассажиров в этих поездах не совпадают и либо один из шариков, либо оба отсутствуют. Вернее, позы могут частично совпасть, например, в первом вагоне, но будут отличаться в последующих.

Дело, конечно, не в воздушных шариках. Воздушные шарики играют такую же вспомогательную роль, как и часы. Если бы мы описали данный мгновенный поезд, указав положение и позы пассажиров вагонов данного поезда или показания часов в разных вагонах (показания часов первого и последнего вагонов при этом составляли бы 14 ч 00 мин и 14 ч 30 мин), и потребовали бы от наблюдателей информацию о мгновенной скорости этого мгновенного поезда, то получили бы тот же результат.

Перейдем к следующему эксперименту.

Предположим, что через полчаса после надувания воздушного шарика Артема то же самое делает едущий с ним в одном вагоне Александр, т.е. надувание воздушного шарика Александра и воздушного шарика Романа происходит одновременно по часам поезда, т.е. в 14 ч 30 мин. Какого результата достигли бы группы наблюдателей, получившие задание измерить скорость поезда с воздушными шариками Александра и Романа?

Получить на единственном снимке оба надуваемых шарика могут только те группы наблюдателей, которые находятся в инерциальной системе отсчета, неподвижной относительно нашего поезда. В любой инерциальной системе, относительно которой поезд движется, шарики существуют не одновременно, а последовательно, поэтому на изображении поезда, представленном на одном-единственном кадре, может находиться только один воздушный шарик.

Мгновенный поезд с двумя воздушными шариками (Александра и Романа) в этих системах отсчета непосредственно не наблюдается.

Из этого следует, что мгновенный поезд с воздушными шариками Александра и Романа обладает нулевой скоростью, поскольку оба воздушных шарика могут быть обнаружены только на фотокадре наблюдателей, покоящихся относительно поезда. Ведь часы обоих вагонов показывают в момент существова-

ния шариков 14 ч 30 мин, а в любой системе отсчета, относительно которой поезд движется, показания этих часов не одновременны и оба шарика одновременно не обнаруживаются.

Таким образом, поезд, внутреннее состояние которого соответствует совпадающим показаниям часов переднего и заднего вагонов, обладает скоростью, равной нулю, а поезд с несовпадающими показаниями часов — скоростью, отличной от нуля.

Поезд с показаниями часов первого и последнего вагонов 14 ч 00 мин и 14 ч 00 мин, обладающий нулевой скоростью, и поезд с показаниями часов первого и последнего вагонов 14 ч 00 мин и 14 ч 30 мин, скорость которого отлична от нуля, — это разные объекты, поскольку идентичны у них только первые вагоны. Последние же вагоны отличаются, причем эти отличия могут быть довольно существенными. За 30 минут может произойти многое. Последний вагон, к примеру, вообще может сгореть из-за непредвиденных обстоятельств, а два поезда с одинаковыми первыми вагонами, но с целыми и сгоревшими последними вагонами вряд ли можно считать тождественными друг другу.

Теперь перейдем к измерению расстояния между воздушными шариками.

Если воздушные шарики надуваются в поезде соответственно у передней стенки первого вагона и у задней стенки последнего вагона, то измеренное наблюдателями расстояние между воздушными шариками равно длине поезда без локомотива. Но можно ли, измерив длину поезда без локомотива (мы полагаем, что собственная длина поезда постоянна), говорить, что эта длина равна расстоянию между шариками? Давайте разберемся в этом, постаравшись при этом избегать использования понятий, за которыми не стоит то, чего даже мысленно нельзя «потрогать» или зарегистрировать экспериментами любой сложности.

Как измерить расстояние между шариками Александра и Романа? Наблюдатели, едущие в поезде, легко могут прямо из-

мерить расстояние между воздушными шариками Александра и Романа в тот момент, когда эти шарики существуют (поезд может содержать длинную линейку). Могли ли наблюдатели измерить это расстояние, допустим, год тому назад, когда шариков еще вообще не было «в природе» (мы можем предположить, что поезд существует уже несколько десятков лет, а шарики были изготовлены на заводе лишь несколько дней тому назад)? По-видимому, нет. Как можно измерить расстояние между тем, чего еще нет? Ну, а можно ли было это сделать за секунду до появления шариков? Тоже нет, ибо речь идет только о надутых шариках, которых секунду тому назад еще не было.

Могут ли наблюдатели прямо измерить расстояния между шариками через год после их существования и последующей утилизации, вследствие которой от шариков осталось лишь одно воспоминание? Могут ли они это сделать через секунду после гибели шариков? Опять-таки, как измерить расстояние между тем, чего уже нет?

Конечно, можно провести измерение расстояния между местами (точками) в пространстве, в которых надутые шарики были или будут. Но расстояние между тем, что было, — это расстояние между воспоминаниями, а расстояние между тем, что будет, — это расстояние между мечтами. Кроме того, вспомним заказчика — он заверениям не верит. Ему нужно предоставить фотоснимок, а сфотографировать шары можно только в один момент времени, поскольку и существуют они всего лишь мгновение. Расстояние между точками пространства, где они были, не устроят требовательного заказчика, не понимающего, что это за объект — «место или точка пространства».

Теперь остановимся более подробно на высказанном выше (на стр. 140) утверждении, что мгновенный поезд с воздушными шариками Александра и Романа, обладающий нулевой скоростью, *непосредственно* не наблюдается в системах отсчета,

относительно которых поезд движется. Что значит — «непосредственно»?

В случае с раскрашенным шаром «наблюдать непосредственно» — это значит видеть (или фотографировать) данную поверхность полусферы, не используя внешних технических средств и посторонней помощи, например не устанавливая в других точках пространства зеркал, позволяющих заглянуть на другую сторону шара, и не пользоваться устными сообщениями других наблюдателей о раскраске невидимых наблюдателем полусфер шара.

В случае с разными инерциальными системами отсчета под непосредственным наблюдением мы будем понимать измерение с помощью часов, синхронизированных методом Эйнштейна. Ведь мы исходим из того, что, как мы отмечали на стр. 65, признание равенства скоростей света во встречных направлениях, положенного в основу эйнштейновского метода синхронизации часов, не требует произвольных предположений.

При непосредственном наблюдении, производя одновременно, в эйнштейновском понимании этого слова, в системе отсчета, в которой поезд покоится, фотосъемку поезда множеством фотоаппаратов, каждый из которых захватывает только один вагон, и совмещая эти снимки (см. стр. 52), мы получим фотографию мгновенного поезда с воздушными шариками. Изображение мгновенного поезда не будет смазанным даже при не очень малых длительностях срабатывания затворов фотоаппаратов, что может служить дополнительным подтверждением нулевой скорости сфотографированного поезда.

Обратимся теперь к косвенному методу обнаружения физических объектов. Очевидно, что обладающий нулевой скоростью мгновенный поезд с воздушными шариками Александра и Романа можно косвенно обнаружить и в системе отсчета, относительно которой поезд движется, если часы этой системы отсчета искусственно рассинхронизировать и выставить их так,

чтобы одинаковые показания часов первого и последнего вагонов появились по часам данной системы отсчета одновременно. В этом случае наблюдатели этой системы отсчета, засняв мгновенный поезд, получили бы путем совмещения изображений отдельных вагонов изображение поезда с воздушными шариками Александра и Романа.

Пользуясь методом рассинхронизации часов, можно обнаружить любой мгновенный поезд (поезд, обладающий любой мгновенной скоростью) во всех инерциальных системах отсчета. Интересен тот факт, что как бы мы ни рассинхронизировали часы для наблюдения за *реальным* мгновенным объектом, они всегда окажутся синхронизированными непротиворечивым методом Рейхенбаха.

Справедливо и обратное, а именно: если существует хотя бы одна синхронизированная методом Рейхенбаха система отсчета, в которой обнаруживается некоторый пространственно протяженный мгновенный объект, то этот объект реален, поскольку в этом случае принципиально возможна и система отсчета, синхронизированная методом Эйнштейна, в которой может быть обнаружен данный объект.

Наблюдения, сопровождающиеся синхронизацией часов методом Рейхенбаха, будем называть косвенными наблюдениями.

При использовании косвенного наблюдения путем синхронизации часов обнаруживается одна «неприятность». Изображение мгновенного поезда с воздушными шариками Александра и Романа, *обладающего нулевой скоростью*, оказывается в этом случае смазанным. Как это можно объяснить в рамках логики абсолютных скоростей (техническая причина смазывания ясна и так, и объясняется она взаимным относительным движением системы отсчета и поезда)? В чем причина смаза изображения мгновенного поезда, мгновенная скорость которого абсолютна и равна нулю?

Ведь мы всегда имеем право считать систему отсчета, в которой мы находимся, покоящейся?

В том-то и дело, что нет! Мы не имеем права считать мгновенную систему отсчета, находящуюся в состоянии, отвечающем условию Рейхенбаха, покоящейся. Такая мгновенная система отсчета абсолютно движется, вернее, мгновенная скорость системы отсчета Рейхенбаха абсолютна и не равна нулю.

Еще раз обратим внимание на то, что дело не в показании часов. Дело в состоянии системы отсчета в момент времени, отвечающий условию мгновенности Рейхенбаха. В этот момент времени естественная система отсчета структурно отличается от системы отсчета в момент времени, отвечающий условию мгновенности Эйнштейна. Если в момент времени, отвечающий рейхенбаховскому условию одновременности с параметром $\epsilon \neq 1/2$, в разных местах естественной системы отсчета произошли два конкретных события, то в момент времени, отвечающий условию мгновенности Эйнштейна, эта *пара* событий необнаружима. ***Непосредственно*** наблюдать данную мгновенную естественную систему отсчета с парой событий можно только из другой системы отсчета, относительно которой первая естественная система отсчета движется с соответствующей скоростью.

Но как можно говорить о движении системы отсчета, синхронизированной искусственным методом Рейхенбаха? — можете сказать вы. Ведь выше утверждалось, что именно синхронизация Эйнштейна не требует произвольных допущений, и, следовательно, именно она правильная. Разве можно в таком случае вообще использовать рейхенбаховскую систему отсчета?

Можно!

Можно потому, что рейхенбаховский метод синхронизации *тоже* не требует произвольных допущений. *Оба* метода — и эйнштейновский и рейхенбаховский — *правильные*, и оба не требуют никаких произвольных допущений, если выбор коэф-

фициента ϵ связать с абсолютной скоростью естественной системы отсчета. Правомерность их использования и связь коэффициента ϵ со скоростью системы отсчета могут найти экспериментальное обоснование.

В целом по причинам, о которых говорилось выше, мы, насколько это было возможно, до сих пор избегали упоминания о движении и покое, а вели речь о мгновенных объектах и об их мгновенных скоростях. О движении и покое речь пойдет ниже.

Забегая вперед, отметим, что учет движения собственной системы отсчета позволяет в рамках логики абсолютных движения и неподвижности объяснить не только причину смазывания изображения мгновенного поезда с воздушными шариками Александра и Романа, *обладающего нулевой скоростью*, но и разницу значений скоростей света в противоположных направлениях, полученных при использовании метода Рейхенбаха. Эта разница обусловлена не произвольностью допущений, а абсолютным движением той собственной системы отсчета, которая представляет собой множество упорядоченных во времени моментальных систем отсчета, отвечающих условию мгновенности Рейхенбаха. При учете данного обстоятельства и некоторых других обстоятельств, о которых речь пойдет ниже, скорость света оказывается равной постоянной c .

3. ОБЪЕКТЫ, ТЕРМИНЫ, ОБОЗНАЧЕНИЯ

Прежде чем переходить от мгновенной скорости объекта к его движению, обратимся еще раз к понятиям «данный объект», «конкретный объект», «один и тот же объект». Ранее мы уже говорили о неоднозначности этих понятий. Под понятием «конкретный объект» чаще всего, если не всегда, скрывается частично конкретизированный объект, а понятие «один и тот же объект» толкуется крайне произвольно.

Чтобы ориентироваться в объективных реальностях, подпадающих под эти понятия и термины, будем дополнять термины словесными, буквенными, знаковыми, числовыми обозначениями или пояснениями, как мы это уже делали во втором разделе, используя значки часов-объектов, такие, как O , $\odot$, и т.д.

Для того чтобы лучше понять, что такое объекты, о которых будет идти речь, давайте «поупражняемся» в обозначениях.

В дальнейшем внешневыборочно конкретизированный объект будем обозначать заглавной буквой или несколькими заглавными буквами и называть его, например, объектом A , объектом B , объектом CD и т.д. Конкретного человека по имени Иван Иванович (именно этого, а не другого Ивана Ивановича) мы можем, например, назвать человеком $ИИ$.

Предположим, что каждый из объектов, о которых будет идти речь в данном разделе, снабжен арифметизатором.

Конкретный объект A , находящийся в мгновенном структурном состоянии, соответствующем показанию s арифметизатора (малыми буквами или числами будем обозначать числовые показания арифметизатора), будем обозначать той же заглавной буквой с индексом, а именно A_s . Объект A_s будем называть также мгновенным объектом A_s . Мгновенные объекты A_c и A_s , если $c \neq s$, являются разными мгновенными объектами. Человек $ИИ_D$, в соответствии с такими обозначениями, — это указанный нами Иван Иванович в мгновенном структурном состоянии, соответствующем показанию D его личного арифметизатора. Мгновенный объект может быть запечатлен на единственном кадре киноплёнки или на фотографии.

Под объектом $A_c \dots A_s$ ($c < s$) будем понимать объект A , показания арифметизатора которого последовательно меняются от c до s . Объект $A_c \dots A_s$ не может быть запечатлен на каком-либо одном кадре киноплёнки или на фотографии — он может быть запечатлен только на куске плёнки, состоящем из упорядочен-

ного множества кадров. Такие объекты, в отличие от мгновенных объектов, будем называть длительными объектами.

В тех случаях, когда будет необходимо особое внимание обратить на промежуточное состояние объекта A , соответствующее, например, показанию арифметизатора k ($c < k < s$), объект $A_c \dots A_s$ можно будет также обозначать $A_c \dots A_k \dots A_s$. Объект $A_c \dots A_s$ и объект $A_c \dots A_k \dots A_s$ — это один и тот же тождественный сам себе объект с разными обозначениями. Объект A_c , объект A_s , объект $A_c \dots A_s$ — это разные объекты. Под объектом A можно понимать объект A_c , объект A_s , объект $A_c \dots A_s$, но под объектом A_c нельзя понимать объект A , объект A_s , объект $A_c \dots A_s$. Нельзя и под объектом $A_c \dots A_s$ понимать объект A_c . Объект A_c является *частью* объекта $A_c \dots A_s$, но не равноценен ему.

Чтобы осуществить кинопоказ мгновенного объекта A_c в реальном масштабе времени, нужно быстро (мгновенно) спроецировать соответствующий (один-единственный) кадр на экран. Чтобы осуществить кинопоказ длительного объекта $A_c \dots A_s$, нужно прокрутить соответствующий кусок киноплёнки (множество кадров) — ни кадром меньше, ни кадром больше.

Мгновенные объекты A_c или A_s не являются «объектами Уэллса» (см. сноску на стр. 126), обладающими полной продолжительностью существования. Строго говоря, не является «объектом Уэллса» и длительный объект $A_c \dots A_s$. «Объектом Уэллса» является длительный объект $A_\alpha \dots A_\omega$, где α — показание арифметизатора в момент появления объекта A на «белый свет», а ω — его показание в момент исчезновения¹ (гибели²) объекта A . Объект $A_c \dots A_s$ — это лишь часть объекта $A_\alpha \dots A_\omega$.

¹ Говоря об «объекте Уэллса», мы не отождествляем, как это делал Уэллс, времени с четвертым пространственным измерением, а делаем упор лишь на продолжительность существования объекта.

² Под появлением и гибелью объекта можно понимать соответственно приобретение и потерю объектом признаков, характеризующих его как данный объект.

Конкретного человека в течение всей его жизни от рождения до смерти, о котором говорил Уэллс в «Машине времени», дожившего, например, до 86 лет, мы могли бы обозначить $M_0 \dots M_\Omega$, если бы человек M всю жизнь носил на руке арифметизатор, имевший показание 0 (ноль) в момент рождения и W в момент его смерти. Этого же человека M в возрасте восьми и семнадцати лет, запечатленного в этих возрастах на портретах, которые показывал уэллсовский Путешественник во Времени, мы обозначили бы соответственно M_δ и M_θ , где δ и θ — показания арифметизатора в моменты получения этих портретов.

В дальнейшем измеренное значение размера физической величины будем обозначать строчной буквой, например буквой f . Систему отсчета, в которой получено это значение, будем указывать в виде нижнего индекса при этой букве, а сам размер как объективную реальность — заглавной буквой, например буквой F . В скобках будем указывать объект. Например, $F(A_c)$ будет обозначать размер физической величины объекта A_c , а $f_\Sigma(A_c)$ — значение размера физической величины объекта A_c , полученное в системе отсчета Σ .

Если независимые наблюдатели находятся в одной и той же системе отсчета Σ , то измеренное ими значение $f_\Sigma(A_c)$ размера физической величины (например, значение $v_\Sigma(A_c)$ скорости тела A_c) единственное и, в рамках данной системы отсчета, определенное.

Значение скорости длительного объекта $A_c \dots A_s$ относительно системы отсчета Σ в общем случае (при неравномерном движении) нельзя выразить одним-единственным значением. Если скорость объекта A меняется, то значение скорости объекта $A_c \dots A_s$ является функцией, каждое мгновенное значение которой соответствует конкретному мгновенному структурному состоянию объекта A , т.е. значение скорости объекта $A_c \dots A_s$ — обозначим его $v_\Sigma(A_c \dots A_s)$ — это упорядоченное множество $v_\Sigma(A_c) \dots v_\Sigma(A_s)$ значений мгновенных скоростей.

Продолжая наши упражнения, отметим неточность утверждения Гераклита о невозможности дважды войти в одну и ту же реку.

Под рекой Гераклит понимал реку, конкретизированную периодом времени, необходимым для входа в реку. Если же под рекой понимать реку в период времени, в течение которого некто уже заходил дважды, то можно утверждать, что этот «некто» не мог зайти в эту реку единожды, ибо единожды он заходил в одну из рек, представляющих собой часть той реки, в которую он заходил дважды. Если под рекой понимать мгновенную реку, то в нее вообще нельзя зайти, ибо мгновения недостаточно для захода в реку — в мгновенной реке можно быть, можно не быть, но зайти в нее или выйти из нее нельзя. И, наконец, если под рекой понимать частично (внешневыборочно) конкретизированную реку — именно эту, а не другую, — то в нее можно войти и дважды, и многократно.

Теперь обратимся к движению и покою объекта, используя принцип введенных нами обозначений. Пусть таким объектом будет поезд Эйнштейна, состоящий из локомотива и вагонов. Простоты ради ограничимся поездом, состоящим из локомотива и одного вагона. Локомотив, о котором идет речь (внешневыборочно конкретизированный локомотив), обозначим L , вагон обозначим V . Соответственно поезд будет иметь обозначение LV .

Удобства ради снабдим и локомотив, и вагон каждый своим самым лучшим арифметизатором, т.е. точными часами, дающими показания «скачкообразно». Период времени, равный времени пребывания стрелки в данном положении, будем считать мгновением.

Вначале рассмотрим локомотив без вагонов. Мгновенный локомотив, стрелки часов которого дают показание времени T_1 , обозначим L_1 , мгновенный локомотив со следующим показанием T_2 обозначим L_2 и т.д.

Упорядоченное во времени множество всех мгновенных локомотивов, доступных для наблюдения в течение промежутка времени $T_1, T_2, \dots, T_{10}$, ограниченного моментами времени T_1 и T_{10} , назовем длительным локомотивом (объектом) $L_1, \dots, L_{10}$.

В рамках классической физики абсолютного пространства длительный локомотив $L_1, \dots, L_{10}$, движущийся неравномерно (с ускорением), следовало бы рассматривать как носитель, упрощенно говоря, десяти мгновенных размеров абсолютной скорости, а не какого-либо одного ее размера. Точное указание конкретного мгновенного локомотива, например мгновенного локомотива L_5 , гарантировало принципиальную возможность определения его абсолютной скорости. Зная абсолютные скорости своих систем отсчета, например системы отсчета Σ и системы отсчета Ψ , и локальные значения $v_{\text{локал.}\Sigma}(L_5)$, $v_{\text{локал.}\Psi}(L_5)$ кажущихся местных скоростей локомотива L_5 в этих системах отсчета, наблюдатели разных систем отсчета, согласно модели абсолютного пространства, могли найти единое значение $v(L_5)$ мгновенной скорости, которое в рамках этой модели не зависело от выбора систем отсчета и характеризовало абсолютный размер $V(L_5)$, принадлежащий локомотиву L_5 , т.е. значение $v(L_5)$ следовало рассматривать как значение размера $V(L_5)$.

В специальной теории относительности указание конкретного мгновенного локомотива не обеспечивает даже принципиальной возможности определения его мгновенной абсолютной скорости. Значения размера мгновенной скорости $V(L_5)$ локомотива L_5 в специальной теории относительности оказываются разным в разных равноправных инерциальных системах отсчета, а следовательно, и разным вообще. Поэтому эти значения следует и обозначать по-разному, например $v_\Sigma(L_5)$, $v_\Psi(L_5)$. Эти значения некорректно приписывать одному и тому же размеру скорости $V(L_5)$ и говорить при этом, что это один и тот же размер скорости, но относительный. Разные значения скоростей характеризуют разные размеры скорости. Поэтому после-

дние тоже следует обозначить по-разному. Их можно обозначить, например, так: $V_{\Sigma}(L_5)$, $V_{\Psi}(L_5)$ или $V(L_5, \Sigma)$, $V(L_5, \Psi)$.

Между первой и второй парами обозначений имеется существенное различие.

Так как мы договорились в скобках указывать объект, то первую пару обозначений следует расценивать как формальную констатацию существования двух разных скоростей одного и того же объекта L_5 : одной скорости относительно системы отсчета Σ и второй скорости относительно системы отсчета Ψ . Вторую пару следует расценивать как констатацию существования двух разных скоростей, которые *не характеризуют* один и тот же объект, а *принадлежат* двум разным объектам: объекту L_5, Σ и объекту L_5, Ψ .

Понимайте эти объекты как хотите. Если системы отсчета являются естественными системами отсчета, а следовательно, реальными материальными объектами, то скорее всего первый и второй объекты следует понимать как разные сложные объекты, включающие в себя упорядоченные составные части. Первый объект состоит из локомотива L_5 и системы отсчета Σ , второй — из локомотива L_5 и системы отсчета Ψ (мы говорим об упорядоченных составных частях, поскольку объект L_5, Σ и объект Σ, L_5 — это разные объекты — их скорости направлены в разные стороны¹).

Перейдем теперь к рассмотрению поезда ЛВ, состоящего из локомотива Л и сцепленного с ним вагона В.

Предположим, что часы локомотива и вагона идут синхронно.

Поезд, все часы которого одновременно дают показание T_1 , назовем мгновенным поездом L_1V_1 . Скорость мгновенного поезда L_1V_1 равна нулю, а длительный поезд $L_1V_1, L_2V_2, \dots, L_5V_5$, пред-

¹ Если скорость $V(L_5, \Sigma)$ — это скорость локомотива L_5 относительно системы отсчета Σ , то под скоростью $V(\Sigma, L_5)$ следует понимать скорость естественной системы отсчета Σ относительно локомотива L_5 .

ставляющий собой упорядоченное множество мгновенных поездов (поезда L_1V_1 , поезда L_2V_2 и т.д. до поезда L_5V_5), доступное для наблюдения в течение промежутка времени $T_1, \dots, T_5$, остается неподвижным. Изменяясь во времени, поезд $L_1V_1, L_2V_2, \dots, L_5V_5$ остается в одном и том же месте пространства.

Основанием для такого утверждения служит то обстоятельство, что, согласно преобразованиям Лоренца, показания часов каждого мгновенного поезда остаются синхронными только в системе отсчета K , в которой этот поезд неподвижен.

В других системах отсчета, в которых поезд L_1V_1 в период наблюдения движется, мгновенный поезд L_1V_1 , к примеру, недоступен для непосредственного наблюдения, поскольку показание T_1 часов локомотива и показание T_1 часов вагона регистрируются в этих системах отсчета не одновременно, а следовательно, поезд L_1V_1 теряет признак мгновенности (одновременности кратковременных показаний часов). В этих системах отсчета наблюдаемы и отвечают признаку мгновенности только поезда с несинхронными показаниями часов локомотива и вагона, например, в некоторой системе отсчета K' наблюдаем мгновенный поезд L_1V_2 , скорость которого отлична от нуля. Длительный поезд $L_1V_2, L_2V_3, \dots, L_4V_5$, состоящий из мгновенного поезда L_1V_2 и других мгновенных поездов, движется в течение всего периода его существования (а существует он только в течение времени, ограниченного показанием T_1 часов локомотива и показанием T_5 часов вагона).

Мгновенный поезд L_1V_1 и мгновенный поезд L_1V_2 — это не один и тот же мгновенный поезд, а разные мгновенные поезда, поскольку они содержат разные мгновенные вагоны, причем каждый из этих мгновенных поездов является носителем одной абсолютной скорости. Поезд L_1V_2 короче поезда L_1V_1 , и это укорочение абсолютно.

Длиительные поезда — поезд $L_1V_1, L_2V_2, \dots, L_5V_5$ и поезд $L_1V_2, L_2V_3, \dots, L_4V_5$ — это также разные поезда, поскольку они состоят из разных мгновенных поездов. Первый поезд неподвижен, а второй движется. Первый длиннее, второй короче.

Относительность движения проявляется лишь тогда, когда протяженные в пространстве материальные объекты искусственно сводятся к точкам либо когда признаки внутреннего состояния отдельных составных частей протяженного в пространстве объекта заменяются признаками внутреннего состояния одной-единственной точки данного протяженного объекта (например, показаниями стрелок одних-единственных часов длинного локомотива). Размеры физических величин локомотива, снабженного одними-единственными часами, относительны, размеры же конкретного локомотива, снабженного хотя бы парой часов, разнесенных вдоль линии, параллельной железнодорожному полотну, абсолютны.

4. СИНХРОНИЗАЦИЯ ЧАСОВ, ДОПУЩЕНИЯ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Приступим к проблеме синхронизации часов.

Вспомним, что Эйнштейн, обнаружив невозможность доказательства равенства скоростей света во встречных направлениях, уже в первой своей работе сделал *допущение* такого равенства: «*вводя определение*, что «время», необходимое для прохождения света из А в В, равно «времени», требуемому для прохождения света из В в А», а впоследствии отметил, что «если скорость, в частности скорость света, принципиально невозможно измерить без произвольных допущений, то мы имеем право делать произвольные предположения о скорости света» [2].

В ответ на это конвенционалисты потребовали либо *доказательства*, а не простых *определения или допущения* равенства света скоростей во встречных направлениях, либо призна-

ния правомерности непротиворечивого допущения и их неравенства.

После этого, видимо, по чисто субъективным причинам проблема синхронизации часов превратилась в одну из самых дискуссионных проблем в физике. Я говорю «по чисто субъективным», поскольку «проблем», родственных проблеме синхронизации часов, превеликое множество, но никто всерьез на них не обращает внимания.

Например, можно допустить, что весь наш мир сжат в одном направлении, но мы не можем заметить этого, так как и мы сами, и все остальное сжато в этом направлении. Такое допущение является непротиворечивым, поскольку не существует доказательства того, что это не так.

Представьте себе, что, находясь в лаборатории Lb^* , я рисую на полу прямоугольную, с осями X^* и Ψ^* , систему координат анизотропного пространства. Делая разметку осей, я размечаю ось Ψ^* нормально, деля ее на равные деления метровой длины, а ось X^* делю на равные деления двухметровой длины, но каждое двухметровое деление я называю *одним* метром (можете считать, что я допускаю сжатость нашего мира в направ-

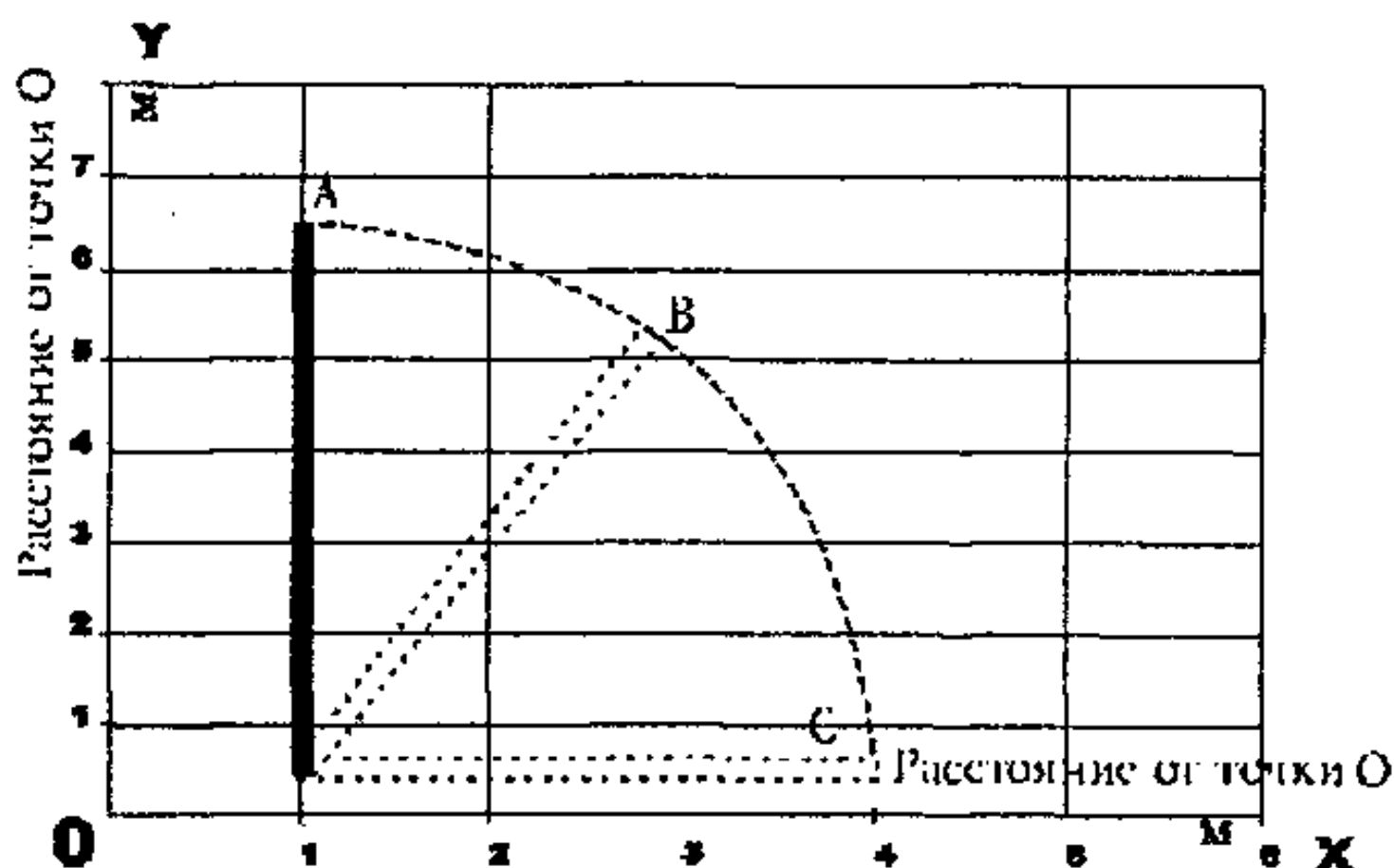


Рис. 9. Прямоугольная система координат анизотропного пространства.

лении оси X^* , которую мы не замечаем, так как сжато все, и подчеркиваю эту сжатость удлинением эталона). Таким образом у меня появляются два эталона метра – эталон X^* -метра и эталон Ψ^* -метра, которые я считаю равными друг другу по непротиворечивому допущению сплюснутости мира. Невозможность совмещения эталона Ψ^* -метра с эталоном X^* -метра я объясняю укорочением Ψ^* -метра при его повороте, обусловленным сплюснутостью нашего мира.

Нарисованная мною система координат с часами будет выглядеть примерно так, как это показано на рис. 9.

Представьте себе, что я беру стержень, например, шестиметровой длины, расположенный параллельно оси Ψ^* , и поворачиваю его из положения А через положение В в положение С до тех пор, пока он не расположится параллельно оси X^* .

Что произойдет со стержнем?

В соответствии с нашей разметкой стержень укоротится до трехметровой длины, хотя, не обращаясь к делениям оси, мы этого не можем заметить, так как укорочение стержня при его повороте происходит согласованно с допущенной мною укороченностью всех объектов в направлении оси.

Ложась в моей лаборатории спать на ось X^* , я укорачиваюсь, согласно разметке оси, в 2 раза и превращаюсь в карлика ростом 85 см, а вставая, становлюсь чрезвычайно худым субъектом нормального роста.

Сочтете ли вы мое непротиворечивое предположение о сплюснутости мира корректным?

Если вы не разделяете моей точки зрения, то попробуйте доказать, что мое допущение несостоятельно. Сможете ли вы доказать это? И вообще, должны ли вы мне или кому-либо еще доказывать несостоятельность подобных, пусть и непротиворечивых, допущений, но все-таки всего лишь допущений?

Вы можете сказать, что мое произвольное допущение «высосано из пальца» и ни на чем не основано.

Я же в ответ на это могу вам заявить, что вы делаете произвольные допущения, только не осознаете этого. Ведь фактически вы *допускаете*, что пространство изотропно. Конечно, допущение всеобщей изотропности пространства более удобно и более очевидно, чем допущение анизотропности пространства, но это тоже допущение. Из множества возможных вариантов, которые создают для нас *видимость* изотропности пространства, вы выбираете самый простой вариант *действительного* изотропного пространства.

Вот что я могу заявить вам в ответ на ваши упреки в высосанности моего допущения из пальца, но я не буду делать этого, потому что в принципе согласен с вами. Хотя, как говорят, и не на все сто. Иначе бы я не терял время на рассуждения, которые заведомо и стопроцентно считаю ложными. В этих рассуждениях есть доля, и очень важная, истины, поэтому позвольте мне предложить вам еще один вариант непротиворечивых допущений.

Например, я могу допустить, что все процессы вокруг нас происходят замедленно, но мы не в состоянии заметить этого, поскольку все вокруг — наши жизненные процессы, частоты электромагнитных колебаний, движение планет и прочее — также замедлено.

Учитывая допущенное замедление, я корректирую ход часов в моей лаборатории Lb^* , запустив их вдвое быстрее нормальных часов, но за периодами времени между показаниями откорректированных часов — назовем их T^* -часами — сохраняю прежние названия¹.

¹ Тем самым я подчеркиваю, что речь идет не о рутинной замене одной единицы времени (секунды) на другую (некую «полусекунду») и о следующем за этой заменой увеличении числовых значений размеров промежутков времени при неизменности самих размеров, а о сохранении единицы времени и перенесении *этой же единицы* в предполагаемый мною замедленный мир, в котором сами размеры промежутков времени возрастают пропорционально их числовым значениям.

Например, период времени между показаниями 13.00 и 14.00 я называю одним часом. Как тот чудака-англичанин, у которого однажды отстали его любимые часы на один час, стал утверждать, что все часы в Англии в одночасье стали однажды спешить на один час, и продолжал ходить на работу по своим часам, пока не был уволен за опоздания, так и я, создав T^* -часы, стал настаивать на том, что именно секунда моих T^* -часов, а не секунда часов всего остального мира является правильной секундой.

Упомянутая выше длительность поворота стержня из положения А в положение С по T^* -часам составит вдвое больше времени, чем длительность его поворота по обычным часам. Кроме того, все процессы в моей лаборатории согласно показаниям моих T^* -часов происходят в два раза медленнее, чем по обычным часам. Постоянно живя в такой лаборатории, я, даже не обладая могучим здоровьем и генетической предрасположенностью к долгожительству, могу стать долгожителем и «дотянуть» лет до двухсот.

Обратите внимание на то, что после моих «издевательств» над часами и над осью X^* средняя скорость света на пути туда и обратно, измеренная с помощью T^* -часов и зеркала, установленного на оси X^* на некотором удалении от T^* -часов, окажется вчетверо меньше фундаментальной постоянной c , поскольку расстояние между часами в масштабных единицах оси X^* вдвое меньше «нормального» расстояния, а время распространения света вдоль оси X^* туда и обратно по T^* -часам вдвое больше «нормального» времени. Если пользоваться понятиями красоты и изящества, то мое допущение из-за «нефундаментальности» фундаментальной постоянной следует признать некрасивым. Это допущение столь же некрасиво, как и положенное в основу рейхенбаховского метода синхронизации часов допущение неравенства скорости света в противоположных направлениях. (Ведь *физическая* скорость в одном направле-

нии после рейхенбаховской синхронизации тоже становится нефундаментальной. Фундаментальной остается скорее математическая, чем физическая, средняя скорость на пути туда и обратно.) Но «некрасивость» если и не украшает, то и не губит непротиворечивость.

Если бы я пошел не по предложенному мною варианту разметки, а по другому, второму, варианту и разметил бы ось X^* на равные деления не двухметровой, а полуметровой длины, «обозвав» их метрами (допустил бы не сжатость, а растянутость мира вдоль оси X^*), или если бы, используя двухметровые деления в качестве метра, я не ускорил бы, а замедлил часы вдвое, то все получилось бы несколько красивее, так как средняя скорость света вдоль оси X^* , измеренная с помощью таких эталонов, оказалась бы равной постоянной c . Но я сделал так, как сделал, и готов примириться с тем, что в допущенном мною анизотропном сжатом пространстве замедленного мира скорость света (средняя) отличается от постоянной c , тем более что, во-первых, скорость света в направлении оси Ψ^* в обоих вариантах все равно отличается от постоянной c , а во-вторых, как я покажу, именно допущение первого варианта разметки имеет под собой реальную почву, став на которую нетрудно измерить скорость света таким образом, чтобы последняя оказалась равной фундаментальной постоянной c .

Кстати, о реальной почве. Когда она уходит из-под ног, непротиворечивое допущение, особенно если оно красивое, становится подобным коварному джинну, выпущенному из бутылки, так как при этом теряется единственный инструмент, позволяющий разграничить логически возможное и реально существующее. Сделав однажды непротиворечивое допущение, не всегда бывает легко впоследствии от него отделаться, так как оно непротиворечиво, а следовательно, *ЛОГИЧЕСКИ* нельзя доказать, что оно неверно, а мы живем в мире, в котором практика как критерий истины порой вытесняется логикой.

Чтобы не вести с непротиворечивыми допущениями трудную и порой безрезультатную борьбу, было бы неплохо вообще не пускать их в естественные науки «без стука» (при отсутствии реальной почвы). «Hypotheses non fingo!» Возможно, что если бы физики последовательно руководствовались своего рода «презумпцией несостоятельности непротиворечивого вымысла» и шли бы не от математики к физике, а наоборот, то многих трудностей в физике удалось бы избежать. Возможно!

Не должны вы доказывать несостоятельность моего непротиворечивого предположения, что динозавры были съедены бескостными шестиногими пятиглазами – это я должен доказать, что такие существа водились на Земле и поедом ели динозавров. Непротиворечивость предположения не является условием его истинности.

Мое утверждение (совпадающее с утверждением большинства конвенционалистов), которое я сделал выше, будто вы тоже неосознанно делаете предположения, допуская изотропию пространства, в принципе неверно. Не делаете вы никаких предположений, а *«бездумно»*, в *лучшем смысле этого слова*, размечаете систему отсчета, поворачивая эталон метра в пространстве и даже не задумываясь о возможности его деформации при повороте в искореженном чьим-то воображением пространстве. Я же не только что-то допускаю и что-то *выдумываю*, в *худшем смысле этого слова*: переделывая эталоны метра, я *совершаю физические действия*, направленные на псевдодоказательство правильности моих предположений. Но это – реальная подтасовка фактов. Чтобы доказать предполагаемую искривленность прямого стержня, я вправе провести самые сложные измерения, но не вправе для доказательства его предполагаемой искривленности изгибать стержень на колене. Чтобы доказать сплюснутость пространства, я, конечно, вправе делать допущения, но не вправе, *мысленно допустив* укороченность линейки, *реально растягивать* ее с целью придания ей той длины, кото-

рую я почему-то считаю так же присущей линейке, как и ее первоначальную длину.

Изгибание стержня, изменение темпа хода часов, растягивание (изменение) эталона метра при его повороте — все это реальные искусственные действия, показывающие отсутствие реальной почвы под предположениями самими по себе (не сопровождающимися такими искусственными действиями).

После отступления в пользу «реальной почвы» попробую доказать вам *ненужность допущений* при измерении скорости света в одном направлении.

Представим себе, что в некоторой *замкнутой(!)*¹ лаборатории множество первоначально покоившихся в непосредственной близости друг к другу совершенно одинаковых часов одновременно катапультируются в различных направлениях с помощью совершенно одинаковых метательных механизмов. Пусть в точках, равноудаленных от места катапультирования, часы встречают одинаковые препятствия, взаимодействие с которыми приводит к их полному торможению.

Предположим, что перемещенные в новое положение часы используются для определения скорости света в одном направлении. Используя эйнштейновское изотропное описание кинематических эффектов, которое является если и не единственным возможным, то по меньшей мере непротиворечивым², можно предсказать результат рассмотренного эксперимента, не проводя его в действительности.

Ясно, что показания часов после их торможения в любом случае должны отвечать эйнштейновскому условию синхронности, а скорость распространяющегося в одном направлении

¹Мы уточним упомянутое выше понятие замкнутой лаборатории предположением, согласно которому наблюдатели замкнутой лаборатории не только не открывают окон, но и никогда (!) не открывали их ранее.

²Неэйнштейновское непротиворечивое описание дает тот же результат.

света, измеренная с помощью любой пары участвовавших в эксперименте часов, оказалась бы равной постоянной c .

Понятно, что можно выдвинуть формально непротиворечивое предположение об анизотропности пространства и о рассинхронизации часов, катапультированных в разных направлениях. Однако само по себе предположение не изменит полученного экспериментального результата, состоящего в том, что независимо от того, будем ли мы считать показания часов синхронными или несинхронными, скорость света, измеренная с помощью этих часов, равна постоянной c и не зависит от направления. Для того же, чтобы экспериментально «подтвердить» выдвинутое предположение и наблюдать неравенство скорости света в противоположных направлениях, необходимо учесть мнимую кинематическую асимметрию процесса перемещения часов и ввести соответствующую корректировку при его проведении. Такой корректировкой могли бы, к примеру, служить подведение стрелок предположительно рассинхронизировавшихся часов либо использование неодинаковых метательных механизмов. Однако наблюдаемое после проведения корректировки неравенство скорости света в противоположных направлениях не служило бы подтверждением выдвинутого предположения, а было бы следствием искусственно введенного в эксперимент физического действия, не согласующегося с методом выявления зависимости скорости света от направления *при прочих равных условиях*.

Вышеизложенные рассуждения показывают, что для экспериментального обнаружения изотропности пространства в замкнутой лаборатории в специальной теории относительности вообще не требуются произвольные допущения, а для экспериментального «обнаружения» неравенства скорости света в противоположных направлениях нужны не только произвольные допущения, но и произвольные физические действия, на-

правленные на «подтверждение» правильности сделанных допущений.

Еще раз отмечу, что я *не доказывал того*, что скорость света в противоположных направлениях *не может быть разной*. Я показал, что для синхронизации часов методом Эйнштейна *не требуются произвольные допущения*. И только!

Это значит, что наблюдатели *замкнутой* лаборатории не имеют реальной почвы для синхронизации часов методом Рейхенбаха. По этой же причине у них нет, если они физики, а не писатели-фантасты, почвы для введения разных внутренних эталонов единицы длины для разных направлений в пространстве, подобно тому, как это сделал я, вводя эталон X^* -метра и эталон Ψ^* -метра. Чтобы не прибегать к реальному подлогу в пользу мнимых предполагаемых свойств, занимаясь метрологическими операциями, они должны использовать свои *внутренние* или, иначе говоря, *собственные эталоны единиц физических величин*, созданные по результатам наблюдений внутри своей лаборатории, а не в соответствии с непротиворечивыми предположениями¹.

Мы ранее говорили о непосредственных и косвенных наблюдениях. При чем под наблюдениями мы понимаем не простое созерцание, а действия, которые могут включать в себя метрологические операции, производство фото и киносъемок и т.д.

Так вот, в дальнейшем под непосредственными наблюдениями мы будем понимать наблюдения, сопровождающиеся использованием внутренних (собственных) эталонов единиц физических величин (длины, времени и т.д.) и набора часов, синхронизированных методом Эйнштейна.

¹ Непротиворечивое предположение — это не более чем правдоподобный вымысел. Но правдоподобие еще не есть правда.

Значит ли вышесказанное, что рейхенбаховский метод синхронизации часов *вообще* несостоятелен?

Нет, не значит. Дело в том, что рейхенбаховский метод синхронизации часов не следует считать только плодом допущения. Не имея реальной почвы в *замкнутой* лаборатории, он имеет реальную почву за ее пределами.

Ведь из того, что мы показали ненужность произвольных соглашений при синхронизации часов эйнштейновским методом *в замкнутой лаборатории*, еще не значит, что неэйнштейновский рейхенбаховский метод синхронизации *вообще* несостоятелен. *Замкнутые* наблюдатели, например, изучив законы движения объектов внутри своей лаборатории, не вправе говорить и о движении собственной лаборатории относительно каких-то внешних объектов до тех пор, пока они не разомкнут свою лабораторию и не убедятся в существовании таких объектов. Они не имеют права ставить в своей лаборатории спидометр, а если даже они его поставили, то единственное, что они могут «произвольно» выставить на спидометре, — это нуль (исходя хотя бы из только что показанной мною «беспредположительности» равенства скорости света в противоположных направлениях). Быть может, они еще как-то смогут обосновать состояние покоя собственной лаборатории, но обосновать выставление скорости, равной, допустим, 75 000 км/с, они будут не в состоянии. Конечно, они *могут предполагать* существование «забортного» мира, но они не *должны превращать* эти предположения в факты.

А вот если бы они вышли из лаборатории, то увидели бы немало интересного. Они обнаружили бы окружающий их лабораторию мир и внешние объекты материального мира и смогли бы осуществить непосредственные измерения геометрических размеров, скоростей и других размеров физических величин этих объектов. Кроме того, они увидели бы, что их лабораторию можно наблюдать со стороны (из разных систем

отсчета) как в состоянии покоя, так и в состоянии движения и что в *движущейся* относительно каких-то внешних объектов *их* лаборатории импульсу света для прохождения пути от стенки до стенки лаборатории по ходу движения лаборатории требуется больше времени, чем для прохождения пути от стенки до стенки в обратном направлении. Они бы убедились, что это **факт**, который не нуждается в предположениях, поскольку это факт (точно такой же, как равенство времен распространения света туда и обратно, обнаруживаемое с внешних объектов, находящихся по отношению к их лаборатории в состоянии покоя).

Если бы они отнеслись к данному факту с должным вниманием, то, наверное, поняли бы то, чего до сих пор не могут понять земные, давным-давно «разомкнутые» физики, абсолютизирующие вслед за Эйнштейном и эйнштейновскими наблюдателями состояние собственного относительного покоя и фактически не признающие факта относительного движения *своей собственной* системы отсчета, а говоря о *равноправии покоя и движения*, пользуются *только правом собственного покоя*, наложив *вето на право собственного движения*. (Если последовательно придерживаться эйнштейновского принципа покоя собственной системы отсчета, то спидометр автомобиля следует объявить антинаучным прибором, а фразу «я еду» считать нелепостью. **Спидометр любой системы отсчета современной физики всегда стоит на нуле.**) Они поняли бы, что *сами* покоятся относительно одних объектов и движутся относительно других.

Но если наряду с признанием собственного покоя воспользоваться правом признания *наблюдаемого* факта движения собственной системы отсчета относительно объектов внешнего мира, то многие вопросы находят свое естественное решение.

Становится ясным, что рейхенбаховский метод синхронизации часов, основанный на допущении неравенства времени прохождения светом расстояния между передней и задней стен-

ками лаборатории и времени прохождения им расстояния между задней и передней стенками, так же верен, как и метод Эйнштейна, если его связать с фактом *своего* движения относительно какого-либо конкретного тела.

Также не является простой выдумкой предположение о сжатии оси X^* и замедлении процессов в лаборатории. Обнаруженное мною с помощью X^* -эталона метра и T^* -эталона секунды укорочение стержня при его повороте из положения А в положение С (см. рис. 9) и замедленность этого поворота являются наблюдаемыми, поскольку могут быть экспериментально обнаружены из системы отсчета, относительно которой данная лаборатория движется. Правда, размечая ось X^* , корректируя и синхронизируя часы, я должен был установить в моей лаборатории спидометр с указанием скорости своей системы отсчета, соответствующей осуществленным разметке оси и корректировке часов, и указать направление движения лаборатории (вдоль оси X^*), т.е. разметка оси X^* , корректировка хода часов и выбор коэффициента ϵ при синхронизации часов должны быть строго согласованными — порознь они не имеют физического смысла. Только зная закон соответствия разметки осей, корректировки хода и характера синхронности часов, можно правильно осуществить разметку осей, а также корректировку и синхронизацию часов.

Это свидетельствует о том, что только на предположениях и допущениях далеко не уехать. Вероятность того, что в процессе разрозненных произвольных допущений будет создано *комплексное* предположение, отвечающее реальной картине, крайне мала. Правда, сделав одновременно предположения о сжатии оси и о замедлении процессов, я почти «попал в точку» (*почти* попал, а не попал, поскольку не связал эти предположения с движением своей лаборатории). Но и «почти попав в точку», я, разумеется, заранее знал, где эта точка находится, и це-

лился в нее, т.е., делая предположения, я уже что-то слышал о сокращении размеров и замедлении процессов.

Таким образом, **«ДОПУСТИВ»** движение своей собственной лаборатории Lb^* с определенной скоростью, также **необходимо** учесть сжатие (сокращение) оси X^* , выраженное в удлинении единицы длины «метра» по оси X^* , замедление процессов, выраженное увеличением частоты тиканья часов T^* , и неравенство скоростей света в противоположных направлениях, выраженное синхронизацией часов методом Рейхенбаха.

Y^* -метр, равный нормальному Y -метру, удлинённый X^* -метр и укороченная T^* -секунда могут быть использованы как нормальные **внутренние** единицы метра и секунды той системы отсчета, относительно которой движется лаборатория Lb^* с соответствующей скоростью, и как **внешние** единицы самой лаборатории. Действительно, если наблюдатели системы отсчета, относительно которой движется лаборатория Lb^* , измерят длину удлинённого X^* -метра и длительность укороченной T^* -секунды, то они зафиксируют равенство удлинённого X^* -метра и укороченной T^* -секунды их собственным, внутренним единицам метра и секунды, введенным без всяких допущений и фантазий (вспомним, что при движении линейка становится короче, а часы тикают реже). Именно поэтому единицы длины и времени Y^* -метр, X^* -метр, T^* -секунду можно называть внешними единицами длины и времени лаборатории Lb^* .

Если, находясь в лаборатории Lb^* и используя внешние единицы физических величин, наблюдатели измерят размеры физических величин каких-либо объектов, то получат значения, в точности совпадающие со значениями размеров этих объектов, полученными в той системе отсчета, в которой эти единицы являются собственными. Правда, измерив скорость света T^* -часами, синхронизированными методом Рейхенбаха, и используя несимметричные X^* - и Y^* -единицы метра, они, как уже говорилось, получат скорости, отличные от постоянной c . Ско-

рость света по направлению движения окажется равной $c-v$, против направления движения $c+v$, вдоль оси Y^* в любом из двух направлений величине $\sqrt{c^2-v^2}$, где v — непонятная для наблюдателей величина. Но непонятна она до тех пор, пока наблюдатели не учтут факт своего движения во внешнем пространстве, реально наблюдаемого в той системе отсчета, собственные единицы которой они используют. Учтя же этот факт и уяснив себе, что непонятная v — это скорость их лаборатории, они получают для скорости света значение, равное постоянной c .

Таким образом, наблюдатели лаборатории Lb^* , не учитывая ее движения, измеряют не скорость света, а величину, равную разности между скоростью света и не замечаемой ими скоростью их лаборатории. Именно эта величина (а не конвенциональный характер скорости света в одном направлении) должна рассматриваться как физическое основание для использования рейхенбаховского метода синхронизации часов.

В общем случае скорость света во внешнем пространстве равна фундаментальной постоянной c и не зависит от произвольного выбора коэффициента ϵ . Используя понятия длительных и мгновенных объектов, можно говорить, что разница значений скоростей света в противоположных направлениях, полученных при использовании метода Рейхенбаха, обусловлена не произвольностью допущений, а абсолютным движением собственной длительной системы отсчета, представляющей собой множество упорядоченных во времени мгновенных систем отсчета, отвечающих условию мгновенности Рейхенбаха.

Какого-то сложного математического доказательства вышесказанного не требуется. Ведь пользуясь X^* - и Ψ^* -единицами метра и T^* -единицами времени, наблюдатели используют косвенные методы наблюдения, как бы смотря на себя со стороны. Картина же, которая видится со стороны, очевидна, по крайней мере для тех, кто хотя бы в общих чертах знаком с основами специальной теории относительности.

Наблюдения, сопровождающиеся использованием в лаборатории Lb^* внешних эталонов единиц физических величин (длины, времени и т.д.) и набора часов, синхронизированных методом Рейхенбаха с коэффициентом ε , соответствующим скорости лаборатории Lb^* относительно системы отсчета, для которой используются эталоны являются внутренними, будем называть косвенными наблюдениями.

Опираясь на данное уточненное определение косвенных наблюдений, проанализируем еще раз высказанное выше утверждение, что мгновенный поезд L_1V_1 , который непосредственно наблюдается в системе отсчета K , непосредственно не наблюдается в системе отсчета K^* (см. стр. 152).

Производя в процессе непосредственных наблюдений в системе отсчета K одновременно фотосъемку локомотива и вагона двумя фотоаппаратами, один из которых захватывает только локомотив, а другой только вагон, и совмещая эти снимки, можно получить фотографию мгновенного поезда, обладающего скоростью, равной нулю, например поезда L_1V_1 . Производя в процессе аналогичных наблюдений съемку в системе отсчета K^* , можно получить фотографию поезда L_1V_2 , обладающего скоростью, отличной от нуля. Размытие изображения на фотографии, полученной при большой скорости поезда L_1V_2 и реальной длительности срабатывания затворов фотоаппаратов, может служить дополнительным признаком того, что этот поезд обладает скоростью, отличной от нуля.

При косвенном наблюдении в системе отсчета K^* часы этой системы отсчета синхронизируются так, чтобы одинаковые показания T_1 часов локомотива L_1 и вагона V_1 появились одновременно по часам данной системы отсчета. Соответственно коэффициенту ε выбираются эталоны единиц длины, времени и т.д., а также скорость системы отсчета K^* . В этом случае ее наблюдатели «одновременно» увидели бы локомотив L_1 и ва-

гон V_1 , т.е. зарегистрировали бы мгновенный поезд L_1V_1 , а на фотографии, полученной путем совмещения изображения локомотива и вагона, заснятых вышеупомянутой парой фотоаппаратов в этот момент времени, было бы изображение мгновенного поезда L_1V_1 . Размытие изображения на фотографии могло бы служить дополнительным признаком того, что система отсчета K^* обладает скоростью, отличной от нуля.

5. ЭЙНШТЕЙНОВСКАЯ И РЕЙХЕНБАХОВСКАЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ КАК ВООБРАЖАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

В физике в качестве воображаемой системы отсчета часто используют воображаемую систему координат, а в релятивистской физике ее еще и снабжают множеством распределенных в пространстве системы координат воображаемых синхронно идущих часов. Несмотря на то что такие системы координат являются чистым вымыслом (в отличие от естественных систем отсчета они в природе не существуют), возражать против их использования как математического приема нет никаких оснований. Но физика — не математика, и, вводя математические элементы в физические модели, необходимо думать о физическом содержании этих элементов. В частности, вводя воображаемые системы координат, неплохо помнить о том, что они не должны обладать свойствами, чуждыми объектам реального материального мира, т.е. системы координат, как и системы отсчета, должны мыслиться как физические объекты, обладающие реальными свойствами материального мира.

Теперь сосредоточьтесь, пожалуйста. Как писал автор одной из популярных книг: «Требуется большое напряжение мысли и внимания для того, чтобы усвоить основы теории относительности...» [24], а нам нужно не просто усвоить, а еще и понять то, что заключено в этих самых основах.

Но данная заявка автора — позерство с претензией на обладание каких-то особых способностей к сверхнапряжениям. Для усвоения *основ* теории относительности напрягаться не нужно, так как, во-первых, перенапрягшись, можно перестать понимать даже то, что понимается без всякого напряжения, а во-вторых, *основы*¹ специальной относительности чрезвычайно просты и проблема их восприятия состоит не в сложности, а в неприемлемости отдельных положений специальной теории относительности для скептиков, т.е. трудность понимания *основ* теории относительности состоит не в том, чтобы понять, а в том, чтобы поверить в понятое.

Как мы уже отметили, система координат, даже воображаемая, должна строиться с учетом свойств материального мира. Например, нельзя вводить воображаемую систему, движущуюся быстрее света. А можно ли представить себе, что оси системы координат вечны, неизменны и тождественно эквивалентны сами себе всегда и в любой момент времени, ударив таким образом по «гераклитовщине»? Ведь воображаемая система координат «голая» — на ней ничего вещественного нет, поэтому вроде бы и изменяться нечему.

Представить себе это, конечно, можно, но в области физики лучше не отрывать от реальности и представлять себе систему координат не в виде воображаемых вечно неизменных, «нестареющих» математически стерильных спиц-осей, а в виде реальной материальной конструкции, постоянно изменяющейся и изменяющей свое внутреннее состояние и структуру. Например, наглядности ради можно себе представить, что оси координат (спицы) изготовлены либо из подверженной коррозии стали, либо из радиоактивного материала, активность которого непрерывно уменьшается во времени. Тогда любой системе

¹ Речь идет, разумеется, об основах. Сама теория относительности так же сложна и доступна только профессионалам, как и любая современная область науки.

координат, *МГНОВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ* которой соответствует условию эйнштейновской одновременности, следует приписать скорость, равную нулю, а системе, состояние которой соответствует неэйнштейновскому условию одновременности, — скорость, соответствующую параметру ε .

Обратим внимание на то, что речь идет о мгновенном состоянии, а не о показании часов. Если, например, в момент «появления на свет» по часам, синхронизированным эйнштейновским способом, подверженные коррозии стальные оси системы координат совершенно не содержали ржавчины (разные участки системы координат были изготовлены не последовательно, а одним махом и были отполированы перед «сдачей системы в эксплуатацию»), то можно, вообще забыв о часах, утверждать, что в любой момент времени система координат с одинаковой степенью заржавленности осей обладает скоростью, равной нулю¹.

«Та же» (да не та же) система координат, степень заржавленности оси X которой увеличивается в направлении оси, обладает отличной от нуля скоростью, направленной противоположно направлению оси.

Не подумайте, что одинаковость степени заржавленности осей является каким-то особым состоянием системы координат, приводящим ее в состояние покоя. Если система координат «изготавливалась» постепенно от начала координат в направлении оси X и в момент окончания ее изготовления (по часам, синхронизированным методом Эйнштейна) степень заржавленности оси X оказалась возрастающей в направлении, противоположном направлению оси X (пока был изготовлен конец оси X , участки оси в начале системы координат слегка подзаржавели), то система координат с такой неравномерно заржавленной осью X окажется в состоянии покоя, в то время как сис-

¹Речь идет о системе координат астрономических размеров.

тема координат с осями, обладающими одинаковой степенью заряженности, может¹ оказаться в состоянии движения в направлении оси X .

Подобным образом ведут себя и системы координат, оси которых «изготовлены» из радиоактивного материала. Система координат с разным распределением радиационной активности вдоль оси X обладает разными абсолютными мгновенными скоростями.

Систему координат можно мысленно разбить вдоль оси X на множество элементов (тонких слоев, перпендикулярных оси X), каждый из которых содержит кусочек оси X с определенной степенью заряженности (или с определенной радиационной активностью) и вспомогательные одни-единственные часы, расположенные на оси.

Рассмотрим множество кусочков ($a, b, \dots, l, m$ и т.д.), образующих ось X системы координат K , и множество кусочков ($a', b', \dots, l', m'$ и т.д.), образующих ось X' системы координат K' .

Если словосочетание «одна и та же» понимать в обыденном смысле, то «одну и ту же» систему координат можно называть эйнштейновской, когда в ней используются внутренние эталоны физических величин и показания часов, отвечающие эйнштейновскому условию синхронности, и рейхенбаховской, когда используются внешние эталоны физических величин и часы, выставленные методом Рейхенбаха, т.е. «одна и та же» система отсчета может содержать разные наборы часов и эталонов.

Распространим на данные множества элементов понятия мгновенных и длительных конкретных физических объектов. Тогда конкретную ось $(a_1 b_1, a_2 b_2 \text{ и т.д.})_{\text{Эйн}}$ (здесь нижние цифровые индексы при буквах – условные обозначения показаний часов слоев элементов) эйнштейновской системы координат K

¹ *Может* оказаться, а не непременно окажется, так как не всякая неравномерность может быть устранена выбором системы координат.

следует рассматривать как абсолютно покоящуюся, а конкретную ось $(a_1b_2, a_2b_3 \text{ и т.д.})_{\text{Эйн}}$ этой же системы координат как абсолютно движущуюся. Отрезок $(a_1b_1, a_2b_2 \text{ и т.д.})_{\text{Рейх}}$ рейхенбаховской системы координат К также следует рассматривать как движущийся, поскольку совпадение индексов моментов времени каждой пары мгновенных элементов по Рейхенбаху согласуется с несовпадением индексов каждой пары по Эйнштейну. Мгновенный отрезок $(a_1b_1)_{\text{Рейх}}$ рейхенбаховской системы координат К физически эквивалентен не мгновенному отрезку $(a_1b_1)_{\text{Эйн}}$ эйнштейновской системы координат К, а мгновенному отрезку $(a_1b_2)_{\text{Эйн}}$ этой системы, обладающему отличной от нуля скоростью, которую можно зарегистрировать, например, в эйнштейновской системе координат К'.

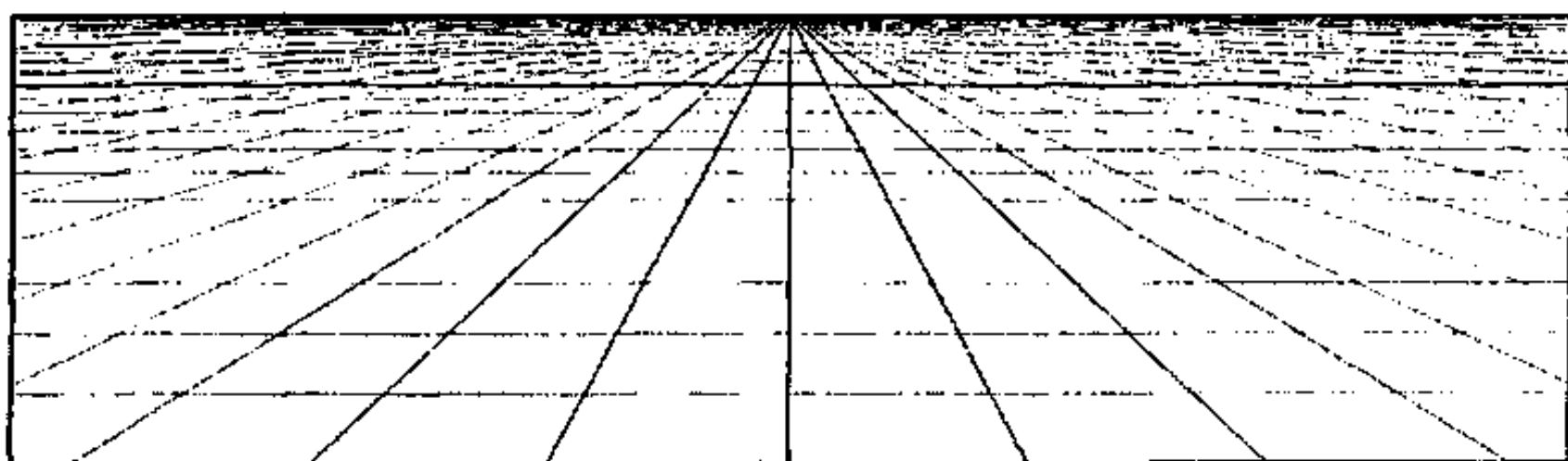
Таким образом, отрезок $(a_1b_1, a_2b_2 \text{ и т.д.})_{\text{Рейх}}$ рейхенбаховской системы координат К движется вместе с остальным соответствующим множеством конкретных элементов этой системы координат с определенной скоростью, и наблюдатель этой системы координат должен иметь в виду данное обстоятельство. Вообще, любая конкретная мгновенная система координат, состоящая из элементов с одинаковыми временными индексами, обладает абсолютной скоростью, равной нулю, а любая конкретная длительная система координат, состоящая из таких мгновенных систем координат, покоится, если часы этой системы синхронизированы методом Эйнштейна. Если часы синхронизированы методом Рейхенбаха, то скорость мгновенной системы координат, состоящей из похожих элементов, отлична от нуля, а длительная система координат, состоящая из похожих мгновенных систем координат, движется. Скорость такой системы зависит от используемого для этой цели параметра ε .

Частично конкретизированную эйнштейновскую систему координат К удобно обозначать $(K)_{\text{Эйн}}$ или $(K)_{1/2}$, где $1/2$ — значение коэффициента ε , а рейхенбаховскую — $(K)_{\text{Х,Рейх}}$ или $(K)_{\text{Х,}\varepsilon}$,

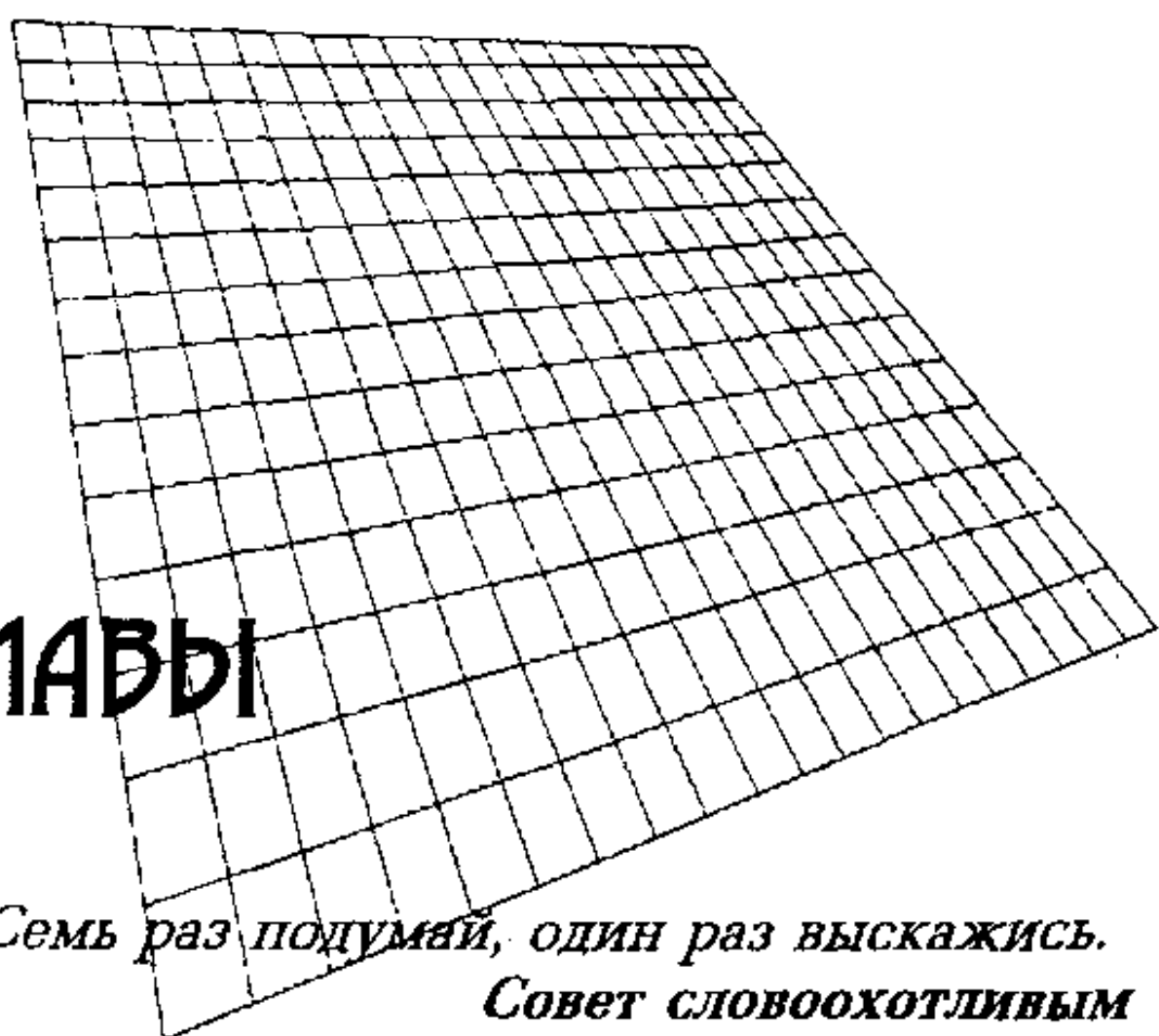
где $\varepsilon \neq 1/2$, а индекс X в обозначении рейхенбаховской системы координат свидетельствует о том, что неравенство скоростей света в двух направлениях выбрано вдоль оси X . Последнее обозначение удобнее, поскольку включает в себя информацию не только о «рейхенбаховости» системы координат, но и о ее скорости (благодаря указанию значения ε).

Впрочем, это уже частности, а коль скоро речь пошла о вещах несущественных, то пора остановиться и поразмышлять о своем — частном. Меня, к примеру, как автора сей книжки, долго думавшего и все же рискнувшего опубликовать ее, интересует такой частный вопрос: что делать, если, семь раз отмерив и один раз отрезав, после восьмой «отмерки» обнаруживаешь, что отрезал не так, как намеревался?

Пожалеть, что отрезал? Пожалеть, что отмерил восьмой раз? Или убедить себя в том, что намеревался отрезать так, как получилось?



ГЛАВА 4

ВМЕСТО
ОЧЕРЕДНОЙ ГЛАВЫ

*Семь раз подумай, один раз выскажись.
Совет словоохотливым*

1. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы дочитали (или долистали?) книгу до настоящей главы, уважаемый читатель? Я вам крайне признателен за это. Если вы готовы продолжить чтение, то я признателен вам вдвойне. В принципе, как мне кажется, мне есть еще о чем написать. Но не лучше ли прерваться и выждать какое-то время? Оно, это самое время, покажет, стоит ли продолжать сей труд и следовало ли вообще писать эту книгу. Уж слишком много на данную тему всего понаписано. Кстати, и на другие темы тоже.

Беру с книжной полки изданные в разные годы брошюры, в которых их авторами, как правило дилетантами в области релятивистской физики, делаются неуклюжие и наивные попытки ниспровержения основ теории относительности, и становится грустно. Не понимаю большинства ниспровергателей. И чего они только не пишут! Волосы дыбом поднимаются. Но я-то тоже дилетант. Я не физик-теоретик, не философ. Я инженер. Бывший. Когда-то лихо писал научные, как они тогда назывались, статьи, текстовую документацию, описания и предметы изоб-

ретений. И всегда был уверен в том, что написаны они очень даже прилично. А теперь, когда я вознамерился опубликовать данную работу, мне не дает покоя простой вопрос: «Не написал ли и я такую же несусветщину, какую я встречал у некоторых ниспровергателей теории относительности?»

В том, что моя книжка недостаточно строга и недостаточно точна и не находится на том уровне, который свойственен солидным трудам профессиональных физиков и философов, я не сомневаюсь. Но это меня не очень огорчает. Важно другое — содержится ли в ней при всех неточностях, нестрогостях, описках, а возможно, и явных ошибках рациональное зерно? Я это зерно вижу. Но... как звучало заглавие одной замечательной книги — «Что мы видим, когда видим?»

Меня успокаивает тот факт, что я не ниспровергатель, скорее наоборот. В свое время я сотворил себе кумира, и этим кумиром для меня был Эйнштейн — человек, не только создавший целое направление в физике, но и придавший физической теории сказочный облик. Мчащиеся в космическом пространстве поезда и наблюдатели Эйнштейна завораживают не меньше, чем сказочные персонажи всех времен и народов. Один из критиков теории относительности назвал ряд положений теории относительности мифами [46]. В моем понимании эйнштейновская теория относительности ни из каких мифов не состоит — она сама сказка. Сказка, ставшая былью. Былью величественной — порой жестокой и даже страшной (mc^2 и ядерный мир). Эта быль меня порой восхищает, порой тревожит, и тогда хочется, чтобы этой были не было, чтобы кто-то всемогущий наложил на нее вето. Сказка же только восхищает. Хочется, чтобы сказка осталась навсегда и чтобы ее никто и никогда не опроверг. И я не только не пытался разрушить сказочный мир Эйнштейна, а, напротив, попытался доказать, что этот мир не относителен, а абсолютен. Причем, чтобы достичь этого, я ничего не опроверг, а всего лишь показал, что введение взамен частич-

но конкретизированных объектов и систем координат в теоретическую модель теории относительности физических объектов и систем координат более высокой (достаточно высокой) степени конкретизации приводит к всеобщей инвариантности (абсолютности) физических практических величин. В уточненной таким образом модели размеры всех практических физических величин конкретных макроскопических объектов, включая их пространственные и временные характеристики, а также скорость не зависят от произвольного выбора системы отсчета. А так как скорость в этом случае становится абсолютной, то и движение приобретает абсолютный характер.

Вопрос о характере пространства и времени более сложен, так как ответ на него вряд ли возможен без дальнейших уточнений ряда понятий, в частности понятий «мгновение», «момент времени», «точка пространства», «область пространства» и т.д. Например, моментом времени следовало бы называть множество событий, отвечающих условию одновременности (неважно какому – рейхенбаховскому или эйнштейновскому, так как любое условие ее всегда можно привести к условию Эйнштейна выбором соответствующей системы отсчета). В этом случае, говоря о том, что некоторое событие произошло в данный момент времени, следует понимать то обстоятельство, что оно является элементом данного множества.

Сейчас же пока, не прибегая к дефиниционным уточнениям, хотел бы отметить, что в некотором смысле абсолютность размеров длин конкретных (мгновенных или длительных) тел и абсолютность длительностей конкретных (протяженных в пространстве и «помеченных» конкретными пространственно разнесенными событиями) процессов свидетельствуют об абсолютности *конкретного* пространства и *конкретного* времени макромира.

Физический факт абсолютности *реальных* конкретного пространства и конкретного времени не следует рассматривать

как основание для отказа от использования существующей эффективной *теоретической модели* пространства-времени, поскольку и эта модель, и весь аппарат специальной теории относительности верно описывают поведение частично конкретизированных объектов, более высокая степень которых на практике либо недостижима, либо нецелесообразна.

2. ПОСТСКРИПТУМ

P.S. Против использования модели четырехмерного пространства-времени вряд ли могут быть выдвинуты серьезные доводы, однако подвергать сомнению современную весьма противоречивую *трактовку сущности* четырехмерного пространства-времени есть все основания.

Обратимся еще раз к выражению

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - (c\Delta t)^2 = L_4^2,$$

написанному без комплексно-мнимых хитростей и содержащему столь неудобный знак «минус» перед четвертым членом левой части выражения.

Что такое L_4 ? Можно традиционно утверждать, что это четырехмерное «расстояние» (интервал) между событиями α и β . Но можно говорить и иначе.

Например, если интервал между событиями α и β пространственноподобен, то частным случаем наблюдения событий α и β будет их наблюдение из системы отсчета K_0 , в которой события α и β произошли одновременно и $c\Delta t = 0$. Но не является ли адекватным реальности именно этот частный случай и не обладает ли физическим смыслом только расстояние (мгновенное расстояние) между *существующими в данный (один и тот же) момент времени* событиями (вспомним рассуждения об измерении расстояния между двумя кратковременно живущими воздушными шариками (см. стр. 141–142) ?

Если это так, то выражение четырехмерного интервала более логично представить в следующем виде:

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - (c\Delta t)^2 = (\Delta x_0)^2 + (\Delta y_0)^2 + (\Delta z_0)^2,$$

где $\Delta x_0, \Delta y_0, \Delta z_0$ — проекции истинного трехмерного расстояния на оси координат системы отсчета K_0 или

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - (c\Delta t)^2 = (\Delta l_0)^2,$$

где Δl_0 — реальное трехмерное расстояние между одновременными *событиями* α и β (между точками, в которых одновременно произошли данные события), измеренное в системе отсчета K_0 , в которой они одновременны.

Величины, стоящие в правых частях двух последних выражений, — это обычные трехмерные величины, характеризующие формально частный, но фактически, пожалуй, единственный случай, имеющий реальное содержание.

$\Delta l_0 = \sqrt{(\Delta x_0)^2 + (\Delta y_0)^2 + (\Delta z_0)^2}$ — это объективная реальность, не зависящая от произвольного выбора системы отсчета, но обнаруживаемая только в системе отсчета K_0 , подобно тому как черный цвет полусферы выше упоминаемого черно-белого шара не зависит от произвольного выбора точки наблюдения, хотя видна черная полусфера только с одного-единственного направления.

Возникает вопрос: а что это «такое четырехчленное» и из-за знака «минус» «ненормальное» находится в левой части выражений?

Прежде всего отметим, что не так уж «оно» «четырёхчленно» и «ненормально», поскольку его можно переписать в виде

$$(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 = (\Delta l_0)^2 + (c\Delta t)^2$$

или

$$(\Delta l)^2 = (\Delta l_0)^2 + (c\Delta t)^2,$$

где Δl — расстояние между *точками* пространства, в которых произошли события α и β .

Кроме того, расстояние Δl определяется по правилам, не согласующимся с метрологическими принципами собственно

эйнштейновской (не обогащенной дополнениями Минковского) теории относительности.

Что такое в общем случае расстояние Δl между событиями α и β , происшедшими на оси X ? Это либо собственно расстояние (реальное расстояние Δl_0) между *самими событиями* (линейка мгновенно «прикладывается» к *самим событиям* в момент их свершения), либо расстояние между неуловимыми *точками пространства*, в которых только что или ранее произошли события (линейка прикладывается к *тем местам*, где произошли события), либо расстояние между метками или следами, оставшимися на материальных элементах естественной системы отсчета после свершения событий α и β (это могут быть «повреждения» материальных элементов системы отсчета или «нагар» на них, вызванные такими событиями, как взрывы или вспышки).

Реальное расстояние Δl_0 *между событиями* прямыми методами может быть измерено только в системе отсчета, где они произошли одновременно (наш частный случай), — оно абсолютное. Расстояние между точками пространства, в которых произошли события, может быть измерено в любой системе отсчета, но в каждой системе отсчета это расстояние свое — *само по себе* оно относительное. Расстояние между метками, оставленными на теле системы отсчета, также может быть измерено в данной системе отсчета. В каждой системе отсчета расстояние между метками свое. И хотя между результатами измерений расстояния между точками пространства и расстояния между метками в данной системе отсчета нет разницы, отчетливое материальное содержание при осуществлении этих двух методов измерения, с моей точки зрения, имеет лишь измерение расстояния между метками.

Расстояние между точками пространства — это расстояние между тем, за что никак нельзя «ухватиться». Но почему же измерение этого расстояния дает правильный результат, совпадающий с результатом измерения расстояния между метками?

По-видимому, это происходит по той причине, что по сути дела измерения расстояния между точками пространства вообще не существует. Это — завуалированное измерение расстояния между метками, поскольку засечь место в пространстве можно только на чем-то материальном. Хотим мы или нет, но, измеряя расстояния между точками пространства, мы если и не оставляем метки, то используем в качестве меток уже существующие отличительные *материальные* особенности данного места в данной системе отсчета.

Итак, *расстояние между метками*, оставленными на теле системы отсчета, имеет реальный физический смысл, но оно в общем случае не может рассматриваться как *расстояние между событиями* α и β . Во-первых, метки — это не события (в отличие от событий они могут существовать сколь угодно долго), а во-вторых, метки на теле системы отсчета в общем случае оставляются событиями, происходящими в данной системе отсчета в разные моменты времени, а по таким меткам вряд ли можно говорить о расстоянии между событиями.

Действительно, о длине мчащегося эйнштейновского поезда, измеренной по меткам на платформе, оставленным на ней в местах нахождения головы и хвоста поезда одновременно по часам поезда и неодновременно по часам платформы, физики говорят как о неверно измеренной длине (вспомним замечание, сделанное на стр. 51).

Понятно, что совершенно неважно, кто делает метки — пассажиры поезда или наблюдатели на платформе. Важно, чтобы метки были сделаны одновременно *по часам платформы*, а не по часам пассажиров поезда. Если, например, метки на платформе сделают пассажиры поезда, но сделают их одновременно по часам платформы, а не по своим часам, то результат будет верным.

Но если длину поезда по меткам, оставленным на платформе *не в один и тот же момент времени по часам платформы*, мы измерять не вправе, то почему нам дается право измерять

расстояние между событиями в данной системе отсчета по меткам, оставленным на теле системы отсчета или в каком-то там пространстве не в один и тот же момент времени по часам данной системы отсчета?

Ответ ясен. Это делается потому, что комбинация неверно рассчитанных расстояний и промежутков времени дает красивую инвариантность и объединяет пространство и время воедино (как говорится, если нельзя, но очень хочется, то можно).

Но позвольте! Какое пространство объединяется со временем? То самое, которое мыслится как множество точек, определяемых неверно?

И все-таки! Ведь *что-то* мы измеряем, измеряя расстояние между точками, в которых *неодновременно* произошли события α и β .

Да, измеряем. Но измеряем мы не расстояние между точками, где в разные моменты времени произошли события α и β , а, если, например, событие β в данной системе отсчета произошло раньше события α , мы измеряем расстояние между двумя событиями — событием α и некоторым (реальным или воображаемым) событием γ , которое произошло в этой системе отсчета одновременно с событием α там, где некоторое время назад произошло событие β .

Как отыскать событие γ — это самостоятельный вопрос, требующий отдельного разговора. Замечу лишь, пока голословно, что расстояние $\Delta l_{\alpha,\gamma}$ между событиями α и γ связано с расстоянием Δl_0 между событиями α и β соотношением $(\Delta l_{\alpha,\gamma})^2 = (\Delta l_0)^2 + (c\Delta t)^2$, где $c\Delta t$ — некоторый путь между событиями β и γ , причем путь нельзя отождествлять с расстоянием — это нечто совсем другое.

Еще раз хочу отметить, что мою попытку придать нечетырехмерный характер интервалу между событиями ни в коем случае нельзя рассматривать как попытку оспорить существование связи между пространством и временем или как попытку подвергнуть сомнению правомерность использования *математической* модели пространства-времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. П. Терлецкий. Парадоксы теории относительности. М., 1966, с. 12, 53.
2. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. I. М., Наука, 1965, с. 7–137, 558–559.
3. H. I. Minkowski. *Die Grundgleichungen für elektromagnetischen Vorgänge in bewegter Körpern*. Goett. Nachr., 1908, S. 53; Math. Ann., 1910, v. 140, S. 472; Minkowski H. I. *Raum und Zeit*. Leipzig, 1908.
4. H. Poincare. *Sur la Dynamique de l'électron*. C. R. Acad. Scien. Paris, 1905, v. 140, p. 1504.
5. Edmund T. Whittaker. *History of the theories of aether and electricity: The modern theories*. Nelson, London, 1953.
6. И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. Пер. с лат. А. Н. Крылова. В сб. «Крылов А. Н. Собр. тр.». М., Л. Изд-во АН СССР, 1936. Т. 7.
7. Эйнштейновский сборник. М., Наука, 1968, с. 208.
8. Г. Д. Бурдун. Единицы физических величин. М., Изд. Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1967.
9. Л. А. Сена. Единицы физических величин и их размерности. М., Наука, 1977, с. 37.
10. А. Г. Чертов. Единицы физических величин. М., Высшая школа, 1977.
11. Государственный стандарт Союза ССР. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения. ГОСТ 16263–70.

12. А. А. Фридман. Мир как пространство и время. М., 1965, с. 49; 62–63; 103–104.
13. А. А. Логунов. Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. М., Наука, 1982, с. 36, 99.
14. М. Борн. Эйнштейновская теория относительности. М., Мир, 1972.
15. А. А. Тяпкин, А. Шибанов. Пуанкаре. М., Молодая гвардия, 1979, с. 286, 288.
16. Zur Elektrodynamik der bewegter Körper. Ann. Phys., 1905, S. 17, 891–921.
17. Д. Бом. Специальная теория относительности. М., Мир, 1967.
18. Л. Мардер. Парадокс часов. М., Мир, 1974.
19. К. Ланцош. Альберт Эйнштейн и строение космоса. М., Наука, 1967.
20. С. Лилли. Теория относительности для всех. М., Мир, 1984.
21. Б. Г. Кузнецов. Беседы о теории относительности. М., Изд. Академии наук СССР, 1960.
22. Д. В. Скобельцин. Парадокс близнецов в теории относительности. М., Наука, 1966.
23. Х. Х. Ыйглане. В мире больших скоростей. М., Наука, 1967.
24. И. И. Гольденблат. Парадоксы времени в релятивистской механике. М., Наука, 1972.
25. Г. Бонди. Относительность и здравый смысл. М., Мир, 1984.
26. М. Гарднер. Относительность для миллионов. М., Атомиздат, 1979.
27. Э. Ф. Тейлор, Дж. А. Уилер. Физика пространства-времени. М., Мир, 1969.
28. Б. Гоффман. Корни теории относительности. М., Знание, 1987.
29. А. А. Тяпкин. Успехи физических наук. 106, 1972, с. 617–659.
30. Ю. Б. Молчанов. Четыре концепции времени в философии и физике. М., Наука, 1977.
31. L. Karlov. Australian journal of physics. 23, 1970, с. 243–253.
32. C. Giannoni. Phil.Sci. 45, 1978, p. 17–46.

33. Л. Бриллюэн. **Новый взгляд на теорию относительности**. М., Мир, 1972, с. 100.
34. Б. Б. Кадомцев, Л. В. Келдыш, И. Ю. Кобзарев, Р. З. Сагдеев. **Успехи физических наук**. 106, 1972, с. 660–662.
35. А. М. Мостепаненко, М. В. Мостепаненко. **Четырехмерность пространства и времени**. М., Л., Наука, 1966, с. 36.
36. А. Д. Александров. **Пространство и время в современной физике в свете философских идей Ленина**. В сб. «Физическая наука и философия». М., Наука, 1973, с. 111–116, 125, 130.
37. Авторский коллектив. **Философия естествознания**. М., Изд. полит. литературы, 1966.
38. Л. И. Мандельштам. **Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике**. М., 1972, с. 252.
39. В. А. Угаров. **Специальная теория относительности**. М., Наука, 1969.
40. А. Эйнштейн. **Собрание научных трудов**. Т. II. М., Наука, 1966, с. 367.
41. **Эйнштейновский сборник**. 1984–1985. М., 1988, с. 29.
42. Д. П. Грибанов. **Философские взгляды А. Эйнштейна и развитие теории относительности**. М., Наука, 1987, с. 161.
43. В. И. Ленин. **Полн. собр. соч.**, т. 18, с. 186, 139.
44. Ф. Энгельс. **Диалектика природы**. М., 1969, с. 41, 42.
45. Г. И. Наан. **К вопросу о принципе относительности в физике**. Вопросы философии, № 2, 1951, с. 73.
46. А. А. Денисов. **Мифы теории относительности**. Вильнюс, «ЛитНИИТИ», 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ АВТОРА	3
ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. ФИЗИЧЕСКАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ И В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФИЗИКЕ	11
1. АБСОЛЮТНОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ В ДОЭЙНШТЕЙНОВСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ КАРТИНАХ МИРА.....	11
2. ФИЗИЧЕСКИЕ РЕАЛИИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АБСТРАКЦИИ В КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ	19
3. ЭЙНШТЕЙНОВСКАЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ	35
4. ДВИЖЕНИЕ – ИЛЛЮЗИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?	38
5. В МИРЕ БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ	42
6. ПРОБЛЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ЧАСОВ	59
7. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ. АБСОЛЮТНОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ. ВЫМЫСЕЛ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?	66
8. ЧУТЬ-ЧУТЬ ФИЛОСОФИИ	75
9. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ	83
Глава 2. ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЧНО КОНКРЕТИЗИРОВАННЫХ ТЕЛ К АБСОЛЮТНОМУ ДВИЖЕНИЮ ТЕЛ КОНКРЕТНЫХ	92
1. ПРЯМАЯ И КОСВЕННАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ	92
2. КОСВЕННАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧЕЧНОГО ОБЪЕКТА	99
3. ПРЯМАЯ КОНКРЕТИЗАЦИЯ И АБСОЛЮТНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО ПРОТЯЖЕННОГО ОБЪЕКТА	110
4. МИРНОЕ ПРОТИВОСТОЯНИЕ ПРИНЦИПОВ	117

Глава 3. КОНТУРЫ АБСОЛЮТНОГО МИРА	119
1. В МИРЕ СВЕРХВЫСОКИХ ТОЧНОСТЕЙ – МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ.....	119
2. ОСТАНОВЛЕННЫЕ МГНОВЕНИЯ, ИЛИ ВЗГЛЯД НА АБСОЛЮТНОЕ ЧЕРЕЗ ЗАТВОР ФОТОАППАРАТА	132
3. ОБЪЕКТЫ, ТЕРМИНЫ, ОБОЗНАЧЕНИЯ	148
4. СИНХРОНИЗАЦИЯ ЧАСОВ, ДОПУЩЕНИЯ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ	156
5. ЭЙНШТЕЙНОВСКАЯ И РЕЙХЕНБАХОВСКАЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ КАК ВООБРАЖАЕМЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ	172
Глава 4. ВМЕСТО ОЧЕРЕДНОЙ ГЛАВЫ	178
1. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	178
2. ПОСТСКРИПТУМ	181
ЛИТЕРАТУРА.....	186

Вадим Николаевич Матвеев

В ТРЕТЬЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ БЕЗ ФИЗИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ?

Макет и верстка М. Л. Гукайло
Дизайн обложки, рисунки Р. В. Матвеев
Корректор А. И. Киселева

ИД № 01165 от 13 марта 2000 г.
Подписано в печать 21.11.2000. Формат 60х84/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Объем 12 п.л.
Тираж 1000 экз. Заказ № 6994

ООО «ЧеРо»

Редакционно-издательский отдел:
117296, Москва, Ломоносовский пр., 18,
тел./факс: 930-43-59

Отдел реализации:
117234, Москва, ул. Академика Хохлова, 11,
тел./факс: 939-34-93, 939-41-70
тел.: 939-41-90, 939-47-09

Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ,
140010, г. Люберцы, Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел.: 554-21-86

В книге показан путь к избавлению от представлений о физической относительности как о реальном свойстве материального мира. Для доказательства несостоятельности таких представлений автору не потребовалось ни ревизии эйнштейновских взглядов на поведение физических тел в разных системах отсчета, ни замены реальных физических времени и трехмерного пространства математической моделью четырехмерного пространства-времени.

Построенная на базе предлагаемых в книге уточнений эйнштейновская специальная теория относительности приобретает форму, лишенную атрибутов физической относительности. Движение конкретного единичного материального тела перестает быть относительным и приобретает абсолютный характер, а скорость конкретного пространственно протяженного тела становится принадлежностью этого тела, определяемой его внутренней структурой и состоянием, а не внешними отношениями к сторонним объектам или умозрительным конструкциям.

Затронут вопрос о физической сущности пространственно-временного интервала вне математической модели четырехмерного пространства-времени.

В книге нет попыток опровергнуть или откорректировать специальную теорию относительности. Все рассуждения построены на базе специальной теории относительности Эйнштейна.