

**Академия наук СССР
Главная астрономическая обсерватория**

Н.А. КОЗЫРЕВ

**ПРИЧИННАЯ ИЛИ НЕСИММЕТРИЧНАЯ МЕХАНИКА
В ЛИНЕЙНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ**

**Пулково
1958 г.**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время в ядерной физике были обнаружены явления, показывающие неравноценность Мира и его зеркального отображения. К существованию этой несимметрии автор пришел уже несколько лет назад, исходя из астрономических данных. Астрономические данные указывают на то, что упомянутая несимметрия Мира существует благодаря несимметричности времени, т.е. благодаря объективному отличию будущего от прошедшего. Этим свойством времени, которое может быть названо направленностью или ходом, устанавливается отличие причин от следствий. Поэтому механику, в которой учитывается ход времени, естественно назвать несимметричной или причинной механикой.

Все явления природы протекают во времени. Поэтому невозможно представить себе отрасль науки, изучающей Мир, в которой свойства времени не играли бы роли. Если ход времени действительно создает неравноценность Мира и его зеркального отображения, то явления асимметрии в биологии и в микромире должны иметь то же объяснение направленностью времени. Трудно говорить о причинных связях, существующих в микромире. Вместе с тем только с помощью простых опытов, допускающих наглядное представление, можно по-настоящему понять сущность времени. Поэтому нам представляется, что физическое изучение свойств времени и причинности следует начать с опытов элементарной механики.

АСТРОФИЗИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в астрофизике редко удается давать безусловно правильные объяснения наблюдаемым явлениям звездного Мира. Это относится не только к частным и сложным явлениям, но и к явлениям принципиальным, большой общности, с простыми закономерностями. Уточнение физических обстоятельств и применение более совершенного математического аппарата не помогают теоретику и не приносят ему радостного чувства правильно решенной задачи. Из всего этого пора сделать вывод, что для решения астрономических проблем у нас не хватает знаний. Очевидно, в Мире существует некоторый глубокий принцип, не открытый еще современным естествознанием. Этот принцип едва ли можно придумать, но его следует искать индуктивным путем, решая теоретически обратные задачи. При таком исследовании мы должны не обходить трудные для теории вопросы, а, наоборот, сосредотачивать на них свое внимание.

Применяя физические законы для объяснения явлений звездного Мира, мы неизбежно распространяем на Вселенную и все следствия второго начала термодинамики. Во Вселенной же нет никаких признаков деградации, которая вытекает из второго начала. Мир сверкает неисчерпаемым разнообразием, мы не находим в нем и следов приближения тепловой и радиоактивной смерти. По-видимому, здесь и заключается основное противоречие – противоречие очень глубокое, которое нельзя устранить ссылками на бесконечность Вселенной. Дело в том, что не только отдельные астрономические объекты, но даже целые системы в такой степени изолированы друг от друга, что их можно рассматривать как системы замкнутые. Для них тепловая смерть должна заметно приблизиться прежде, чем успеет прийти помощь со стороны. Такие деградированные состояния систем должны бы быть преимущественными, а вместе с тем они почти незаметны. Оставаясь в рамках обычных законов механики и физики, остается считать, что наблюдаемая картина Мира является следствием или одной обширной, охватившей некогда весь Мир катастрофы, или следствием мелких, постоянно происходящих катастроф, обновляющих Мир.

Таков круг идей космогонических и эволюционных построений астрономии, начиная от Ньютона – вплоть до наших дней, хотя логически эти катастрофы следует считать беспричинными, так как они происходят вопреки законам природы.

Интересно сходство этих идей с воззрениями геологов прошлого столетия, до Ляйелля, на историю жизни Земли. Так, Кювье и Леопольд фон Бух считали, что развитие Земли происходило в результате грандиозных потрясений, так называемых катаклизмов, которые временами обновляли Землю. Ныне геология опирается на чрезвычайно плодотворный принцип актуализма, развитый и обоснованный Ляйеллем в 1830 г. Еще в 1802 г. этот принцип был сформулирован Ламарком: «Историю Земли можно объяснить, исходя только из обычных сил природы, постоянно действующих в настоящем». Научная последовательность и стройность такой системы взглядов совершенно очевидна. Желая быть столь же последовательными и при объяснении развития звездного Мира, мы должны признать, что в природе существуют постоянно действующие Причины, препятствующие возрастанию энтропии.

Проблема преодоления тепловой смерти Мира теснейшим образом связана с проблемой происхождения свечений Солнца и звезд. Дело в том, что изменения второго начала едва ли возможны при сохранении первого начала термодинамики. Поэтому можно думать, что, решив задачу о природе звездной энергии, мы найдем ключ к пониманию важнейших явлений звездного Мира. В звездах происходят сильные нерегулярные процессы, но общие характеристики звезд, как, например, радиус, масса, светимость, степень сжатия от вращения и т.п., должны давать соотношения, зависящие только от главнейших причин. Поэтому можно рассчитывать, что в теории строения звезд с успехом будет решаться следующая обратная задача: по наблюдаемым общим характеристикам требуется вычислить физические условия внутри звезд и установить физические обстоятельства, при ко-

торых будут выполняться соотношения, найденные наблюдательной астрофизикой. В этой задаче неизвестных очень много. Поэтому, несмотря на достаточность наблюдаемых соотношений, нельзя и пытаться решать ее строго математически.

В первой части этого исследования, начатого нами еще в 1937 г., был разработан метод, позволивший быстро и без лишней точности определять наблюдаемые характеристики при разнообразных предположениях об условиях внутри звезд [1]. В результате получилась возможность разобраться в том, при каких условиях внутри звезд могут получиться характернейшие особенности наблюдаемых соотношений. Результаты этого анализа приведены во второй части работы [2]. Здесь мы укажем только общий ход рассуждений и приведем главнейшие выводы.

В настоящее время из наблюдений известны массы, радиусы и светимости (расход энергии в единицу времени) для значительного числа звезд. Зная массу и радиус, мы можем определить не только плотность звезды, но и среднюю гравитационную энергию. Следовательно, для газового шара, по теореме вириала может быть определена и кинетическая энергия, т.е. температура внутри звезды. Светимость такого нагретого газового шара будет зависеть от температуры и от условий теплопередачи, которые в свою очередь определяются температурой и плотностью. Таким образом, и светимость звезды или средняя потеря энергии единицей массы могут быть вычислены в зависимости от массы и радиуса. Вообразим координатную систему, в которой осями служат: плотность, температура и расход энергии единицей массы. Мы видели, что каждая из этих переменных зависит от двух параметров: массы и радиуса. Поэтому в указанном пространстве звезды должны располагаться на некоторой поверхности. Теряя энергию, звезда будет охлаждаться и сжиматься, оставаясь на этой поверхности. Срок жизни такой звезды, вычисленный Гельмгольцем и Кельвином, получается слишком коротким: для Солнца около тридцати миллионов лет. В действительности же Солнце, по достоверным геологическим данным, имеет значительно больший возраст. Обычно отсюда заключают, что внутри звезд есть специальные источники энергии наподобие аккумуляторов, постепенная разрядка которых обеспечивает длительность жизни звезд. Эти источники должны выделять энергию по некоторому закону в зависимости от физических условий внутри звезды. Таким образом, данному типу источников энергии будет в рассмотренном нами пространстве физических условий соответствовать некоторая определенная поверхность. При тепловом равновесии это количество энергии должно равняться вычисленному нами выше расходу. Следовательно, звезды могут располагаться только по кривой пересечения двух построенных поверхностей. В действительности же звезды располагаются в этом пространстве не на кривой и не в объеме, что было бы при больших неточностях наблюдений, а на поверхности. Вместе с тем теоретическая кривая пересечения поверхностей должна быть выражена очень резко. Действительно, расход энергии уменьшается с увеличением плотности, образование же энергии, вообще говоря, увеличивается с плотностью. Таким образом, эти поверхности должны пересекаться весьма круто. Остается заключить, что предположение о существовании внутри звезд источников энергии, независимых от процесса охлаждения, действительности не соответствует. Внутри звезд нет специальных источников энергии, и звезды выделяют энергию по типу механизма Гельмгольца-Кельвина, постепенного охлаждения и сжатия. Так как возраст звезд значительно больше времени охлаждения, мы должны признать, что, теряя энергию и сжимаясь, звезда вызывает некоторые процессы, компенсирующие эту потерю энергии. Приходится заключить, что звезда представляет собой машину, вырабатывающую энергию. Однако этот механизм работает не при всех обстоятельствах.

1) В рассмотренном нами выше пространстве физических условий существует следующее основное направление, вблизи которого возможна работа механизма энергии в громадном диапазоне состояний (от красных сверхгигантов – до белых карликов):

$$\frac{B}{n} = \text{const},$$

где B – плотность лучистой энергии и n – число частиц в см^3 .

Если входящую сюда постоянную, имеющую размерность энергии, представлять в виде $m_e c_2^2$, где m_e – масса электрона, а c_2 – некоторая скорость, то для c_2 получается значение порядка 400 км/с:

$$\frac{B}{n} = m_e c_2^2, \quad c_2 = 400 \text{ км/с} \cong e^2/h. \quad (1)$$

Иными словами, отношение B к n должно быть порядка энергии ионизации атомов.

2) На последовательности (1), когда средние расстояния между частицами оказываются порядка атомных размеров, получается точка (спектральный тип F_4), около которой группируется большинство звезд (главная последовательность – субгиганты, субкарлики). В плоскости B и n группировка звезд получается почти круговой. Положение центра можно определить, добавляя к (1) условие:

$$v_p = c_2, \quad (2)$$

где v_p – скорость протонов, содержание которых в звездах значительно превосходит содержание ядер других элементов.

3) Белые карлики и большие планеты [3] представляют собой тела, внутри которых материя находится на границе вырожденного состояния. В этих телах поддерживается температура, препятствующая вырождению.

С точки зрения теории строения звезд полученные выводы очень странны и неожиданны. Но они подтверждают наш основной тезис, что в Мире непрерывно действуют причины, мешающие переходу в равновесное состояние. Теперь можно сказать, что это положение распространяется на отдельные астрономические тела. Геологам уже сравнительно давно стало ясным, что жизнь Земли идет в непрерывной борьбе сжатия с расширениями. Эта борьба приводит к цикличности орогенеза, чередующегося с эпохами сравнительного тектонического покоя, когда начинают преобладать обычные силы сжатия. Для объяснения трещин и других особенностей лунного рельефа (например, знаменитой долины в Альпах) мы должны признать, что даже такое малое тело, как Луна, было неоднократно подвержено преобладающему действию этих непонятных причин, приводивших к его временному расширению [4]. Поразительно также сходство этих процессов с циклическими изменениями ряда переменных звезд. Таким образом, наши общие соображения о существовании причин, препятствующих деградации Мира, получили замечательное подтверждение. Кроме того, мы убедились, что в отдельных астрономических телах сопротивление к переходу в равновесное состояние осуществляется выделением энергии. Таким образом, сделан следующий важный шаг: неправильность следствий второго начала связана с неточной формулировкой первого начала термодинамики.

Для получения дальнейших конкретных заключений, естественно обратиться к рассмотрению перечисленных выше условий, при которых происходит выделение энергии в звездах. Особенно характерно первое, главное соотношение. Это соотношение очень простое, что и должно быть для равновесных процессов. Например, выделение тепла замерзающей водой определяется простым условием: $T = 0^\circ\text{C}$. Количество выделяемой при этом энергии зависит от более сложных обстоятельств теплопередачи: толщины льда и температуры наружного воздуха. Вероятно, соотношение (1) выражает условие равновесного взаимодействия материи и лучистой энергии, при котором роль кванта играет среднее количество лучистой энергии, приходящейся на одну частицу; скорость же света c_1 заменена некоторой другой скоростью c_2 . Совершенно очевидно, что это соотношение не может быть объяснено обычной электродинамикой и атомной физикой.

Наше второе условие не связано непосредственно с лучистой энергией, но так же содержит скорость c_2 . Взаимодействие этих условий весьма своеобразно. Звезды главной последовательности более раннего типа, чем F_4 , образуют с соотношением (1) одну ветвь.

Звезды более позднего типа – вторую ветвь, идущую в противоположную сторону, к условию (3). Описание этих переходов требует логарифмических соотношений между физическими величинами. Все эти обстоятельства не могут быть случайными потому, что в них ощущается некоторое единство. Однако, несмотря на многочисленные попытки, нам не удалось найти этот объединяющий принцип. Исследуемые результаты являются, видимо, еще слишком сложными следствиями некоторой простой причины. Суть дела должна быть непосредственно связана с главнейшим выводом, согласно которому звезда является машиной, производящей энергию.

Характер условий 1), 2) и 3) показывает, что энергия в звездах получается в результате некоторых электродинамических процессов. Однако принцип, согласно которому замкнутая система может производить энергию, должен быть настолько глубоким, чтобы заключаться и в простых законах механики. Поэтому в первую очередь должны быть поставлены следующие вопросы: каким образом замкнутая механическая система может производить энергию и откуда будет получаться эта избыточная энергия.

Для простоты будем считать, что частицы замкнутой системы описывают и замкнутые траектории. Все действующие на частицы силы приводят к закону сохранения энергии. Поэтому можно считать, что они учтены, и рассматривать движения частиц происходящим в обычном евклидовом пространстве. Из равноценности всех точек пространства следует, что различие траекторий не может привести к различию механических свойств частиц. Следовательно, нам достаточно рассматривать любые одинаковые траектории, например, окружности. При этом возможны движения в двух противоположных направлениях, которые определим по отношению к некоторому механическому ориентиру, например силе, действующей по оси окружности. Полученные два комплекса не могут быть совмещены поворотом координатных осей. Для этого необходима перемена знака времени или зеркальное отображение.

Если законы истинной механики несимметричны по отношению к указанным преобразованиям, то должны быть различными и механические свойства наших двух комплексов. Так как кинетическая энергия не может зависеть от направления вращений, то должны быть различными только потенциальные энергии этих комплексов. Поэтому полная энергия не сохраняется и должен оказаться принципиально возможным двигатель, производящий энергию.

Несимметричность законов механики по отношению к зеркальным отображениям может иметь непосредственную астрономическую проверку. Действительно, полушария планет, разделенные плоскостью экватора, являются комплексами, имеющими различные вращения по отношению к силе тяжести. Если эти полушария имеют различные механические свойства, то фигуры планет должны оказаться несимметричными по отношению к плоскости экватора. Наши измерения фигур Юпитера и Сатурна, сопоставленные с геодезическими данными о фигуре Земли, действительно показали асимметрию: у всех планет южное полушарие оказалось более вытянутым, чем северное [5]. Этот результат прямо противоречит законам обычной механики и указывает на ее несимметричность.

Несимметричность законов механики может означать только одно, что время обладает некоторым несимметричным свойством, связанным с неравноценностью реального Мира и его зеркального отображения. Это свойство времени может быть названо направленностью или ходом. Теперь можно сказать, что из астрофизических данных следует существование направленности времени. В силу этой направленности время может совершать работу и производить энергию. Итак, звезда является только кажущимся *perpetuum mobile*: звезда черпает энергию из хода времени.

По-видимому, в звездах происходит компенсация не только потери энергии, но при известных обстоятельствах и потери момента вращения. Основанием к такому заключению может служить наблюдаемая в ряде случаев несинхронность орбитальных и осевых вращений тесных спектрально-двойных звезд. Синхронизация же этих вращений должна наступать в сравнительно короткие сроки из-за приливных сил, при неизбежной турбу-

лентности. Таким образом, весьма вероятно, что ход времени может не только увеличивать энергию системы, но увеличивать и ее момент.

Что собой представляет время, до сих пор еще неизвестно. В физике по этому вопросу существуют смутные соображения, тогда как в силу важности вопроса следовало бы иметь написанными о времени целые тома. Физик умеет измерять только продолжительность времени, поэтому для него время – понятие совершенно пассивное. Теперь мы пришли к заключению, что время имеет и другие, активные свойства. Время является активным участником Мироздания.

На этом заканчивается индуктивная часть нашего исследования. В дальнейшем мы можем не опираться на приведенную аргументацию. В следующей главе мы постараемся обосновать и уточнить понятие хода времени, пользуясь только самыми общими представлениями о Мире, которые следуют из опытов всего естествознания и опытов жизни.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИЧИННОЙ МЕХАНИКИ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

«Наука XX столетия находится в такой стадии, когда наступил момент изучения времени, так же как изучается материя и энергия, заполняющие пространство».

Акад. В.И. Вернадский [6].

Существует глубокое различие между естествознанием и так называемыми точными науками – механикой и физикой. Естествоиспытатель постоянно ставит перед собой вопрос «Почему?» – в чем причина наблюдаемых явлений. Опыт естественных наук и повседневной жизни убеждает нас в том, что вопрос этот законный, что на него всегда должен существовать ответ. Таково свойство Мира, называемое причинностью. Благодаря этому свойству возможно познание природы. Причины должны отличаться от следствий, иначе их нельзя было бы найти. Этот принцип естествознания совершенно противоположен принципу точных наук. Сущность законов механики выражается старинной формулой «Causa aequat effectum», на которой Р. Майер основывал дедукцию закона сохранения энергии. Поэтому, хотя механика и употребляет понятия: действие и противодействие, активные и пассивные силы, но тут же оговаривается, что между этими понятиями разницы нет. Последовательное проведение этого принципа равноценности причины и следствия должно было в точных науках совершенно исключить возможность ответа на вопрос «почему?». Поэтому точные науки отвечают только на вопрос «Как?» – каким образом произошла данная цепь явлений. В результате точные науки, превращаясь в самостоятельные дисциплины, должны были все более становиться науками описательными. Описание осуществляется физическими законами, точная формулировка которых позволяет широко пользоваться строгим математическим аппаратом. В этой строгости описания и заключается могущество точных наук. Разумеется, физические законы выражают существующую в Мире причинную связь явлений. Но когда постулируется принципиальная невозможность отличать причины от следствий, тогда существование законов не может быть предметом исследования и законы превращаются в описывающие явления формулы. Теоретическая физика нашего века выросла на основе этих взглядов, и представляет собой яркий пример описательной точной науки. Логическое и последовательное развитие принципа равноценности причин и следствий точных наук привело Маха к построению его философии. Уже одно несоответствие этой философии всему существу нашего Мира может служить доказательством неполноценности принципов точных наук.

Постоянно встающий перед естествоиспытателем вопрос «Почему?» заставляет его искать все более глубокие принципы, охватывающие возможно более широкий круг явлений. В конечном счете эти принципы должны выражать основные свойства материи, пространства, времени, а потому быть принципами механики. Совершенно естественной и закономерной была попытка ученых восемнадцатого века объяснить даже явления жизни принципами механики. Известно, что эта попытка потерпела полную неудачу. Вместе с тем этот механистический подход неправилен не в своем существе, а только потому, что принципы, установленные механикой, неполны и недостаточны для объяснения явлений Мира. Сама по себе жизнь не может наделять материю принципиальными свойствами, которых она не имеет вне организмов. Те свойства материи, которые играют основную роль в процессах жизни, могут быть мало заметны в простых механических опытах. Но эти свойства должны обнаруживаться при точных специальных исследованиях и должны быть предусмотрены законами механики. В чем заключается неполнота законов механики, представляется совершенно ясным: законы механики не выражают основного свойства причинности, заключающегося в принципиальном отличии причин от следствий. Истин-

ная механика должна быть причинной механикой, т.е. содержать в себе принцип, позволяющий некоторым механическим опытом отличить причину от следствия. Таким образом, в основу механики должна быть положена аксиома:

I. В причинных связях всегда существует принципиальное отличие причин от следствий. Это отличие является абсолютным, независимым от точки зрения, т.е. от системы координат.

Основным понятием причинной механики должно быть понятие о силе, поскольку сила является причиной изменения состояния тел. В обычной механике оказывается возможным представление о силе заменить другим понятием – энергией, значительно упрощающим механику. Эта замена, полностью осуществленная в атомной механике, совершенно исключает различие причин от следствий, а потому и приводит к статистическому толкованию явлений Мира. Причинная же механика, основанная на различии причин и следствий, должна быть механикой сил, а не энергий.

В обычной механике причинность явлений выражается третьим законом Ньютона равенства действия и противодействия. Согласно этому закону под действием внутренних сил не может произойти изменения количества движения тела, т.е. в теле не может возникнуть внешняя сила без участия другого тела. Только другое тело может быть причиной механического следствия. С точки зрения механики основным свойством тел является непроницаемость, т.е. невозможность для тел занимать одновременно одну и ту же часть пространства. Поэтому причины и следствия, будучи всегда связанными с разными телами, должны быть обязательно связанными и с разными точками пространства. Отсюда вытекает основное свойство причинности:

II. Причины и следствия всегда разделяются пространством. Расстояние между причиной и следствием может быть сколько угодно малым, но не может быть равным нулю.

Существование следствия на некотором конечном расстоянии от причины является результатом длинной цепи причинно-следственных превращений. Причина, т.е. сила, в виде импульса движущейся точки переносится из одной точки пространства в другую, где она может вызвать следствие, становящееся причиной изменений в следующих точках. В результате такой эстафеты, следствие может оказаться на некотором конечном расстоянии Δx от первоначального положения причины. Этот процесс переноса импульса описывается обычной механикой. Нас же будет интересовать в причинно-следственной цепи то элементарное звено, где происходит превращение причины в следствие. Нетривиальный смысл аксиомы II заключается в том, что она в полной мере относится и к этому непосредственному превращению причины в следствие. Действительно, раз причины и следствия не могут быть совмещены, то между ними должно существовать некоторое пространственное различие, которое мы обозначим символом δx . С точки зрения математического анализа δx является размером точки и должно считаться равным нулю при обычных математических операциях, например при вычислениях длины всей причинно-следственной цепи. Для выражения условия непроницаемости материальных точек мы вынуждены пользоваться этим понятием, хотя оно и не разработано математически. Физический смысл этого понятия позволяет нам рассматривать δx как интервал более высокого порядка малости, чем бесконечно малый интервал пространства в анализе. С математической точки зрения этот подход является совершенно не строгим, но он диктуется физическим смыслом разбираемой нами задачи.

Причина и следствие всегда связаны с разными материальными точками, поэтому положение II является необходимым условием. Это обстоятельство следует подчеркнуть специальным положением:

III. Причины и следствия, возникающие в одной и той же точке пространства, различаться не могут и представляют собой тождественные понятия.

Например, во втором законе Ньютона утверждается равенство силы изменению количества движения в единицу времени. Может показаться, что силу следует рассматри-

вать как причину, изменение же количества движения как следствие этой причины. Однако согласно положению III нельзя проводить такого различия. Эти понятия тождественны и, как делал в своей механике Кирхгоф, изменение количества движения материальной точки в единицу времени может служить определением силы, приложенной к этой точке. Таким образом, второй закон Ньютона следует рассматривать как закон описательный, как формулу, описывающую явление.

В обычной механике, пользуясь одним положением II, нельзя установить различия между причиной и следствием. Это вытекает из того обстоятельства, что знак δx зависит от системы отсчета и совершенно произволен. Теперь мы должны найти обстоятельство, которое устанавливает в Мире абсолютное отличие причин от следствий. Несмотря на большие успехи естествознания и философии, мы не можем строго определить, что такое причины и следствия, будущее и прошедшее. Мы знаем только, что эти понятия связаны между собой: следствие всегда находится в будущем по отношению к причине. Таким образом, отличие причин от следствий устанавливается свойством времени.

Из того обстоятельства, что следствие находится в будущем по отношению к причине, прежде всего вытекает следующее положение, вполне аналогичное положению III:

IV. Причины и следствия всегда разделяются временем. Промежуток времени между причиной и следствием может быть сколь угодно малым, но не может быть равным нулю.

В полной цепи причинно-следственных превращений, когда следствие оказывается на конечном расстоянии Δx от причины, следствие возникает после причины через конечный промежуток времени Δt . Отношение этих величин $\Delta x/\Delta t$ определяет скорость распространения сигнала, которая согласно специальной теории относительности не может превышать скорость распространения света c_1 . В каждом элементарном звене, где причина и следствие разделяются элементом пространства δx должен существовать и элемент различия времени δt . Понятие δt во всем совершенно сходно с понятием δx . Иными словами δt представляет собой временную точку, которую из-за существования различия между причиной и следствием мы не можем считать равной нулю. Если, например, причина возникает в самом конце первой секунды, то следствие возникает в самом начале второй секунды и т.д. Для подсчета промежутка времени в полной причинно-следственной цепи, мы поступим совершенно точно, если положим сумму всех δt равной нулю и будем подсчитывать только время распространения импульса. Таким образом, введением величин δt и δx мы несколько не изменяем обычных подсчетов скорости распространения импульса.

Положение IV опирается на существование у времени простейшего свойства, которое может быть названо скалярным или пассивным. Это свойство позволяет устанавливать длительность событий или длину временных промежутков, измеряемых показаниями часов. Основные понятия кинематики – скорость, ускорение и другие – определяются с помощью именно этого свойства времени. Однако этим свойством времени нельзя установить различия между причиной и следствием. Действительно, как и для пространства, знак промежутка времени зависит от принятой системы отсчета и поэтому совершенно произволен. Необходимо отметить, что система счета времени не может быть фиксирована и с помощью направленности энтропии. Действительно, переход механической системы в более вероятное состояние, т.е. возрастание энтропии, происходит благодаря идущему в Мире непрерывному раздроблению причин: причины переходят в следствия, которые становятся причинами других следствий и т.д. Поэтому эта система счета времени, сама основанная на определении причин и следствий, не может дать ничего нового и приводит к тавтологии: будущее находится там, где следствие, т.е. там, где будущее.

Со времен Ньютона в теоретической механике и физике принято считать, что у времени есть только одно пассивное свойство. Из существования же различия причин и следствий мы вынуждены заключить, что у времени есть еще некоторое особое свойство.

Это свойство времени заключается в отличии будущего от прошедшего и может

быть названо направленностью или ходом. Наше психологическое ощущение времени и есть восприятие объективно существующего в Мире хода времени. Весьма интересно, что академик В.И. Вернадский в своих обобщениях вопросов естествознания пришел к заключению: «...время натуралиста не есть геометрическое время Минковского и не время механики и теоретической физики, химии, Галилея или Ньютона» [6]. Мы видим, что эти слова глубоко справедливы. Действительно, для натуралиста, как и в обыденной жизни, первостепенное значение имеет направленность времени, понятие, которым совершенно не пользовались точные науки. Теперь мы можем формулировать следующее положение:

V. Время обладает особым, абсолютным свойством, отличающим будущее от прошедшего, которое может быть названо направленностью или ходом. Этим свойством определяется отличие причин от следствий, ибо следствия находятся всегда в будущем по отношению к причинам.

Это последнее положение вводит в механику новое физическое понятие – ход времени. Свойства этого понятия должны быть подробно изучены опытом. Но чтобы знать, как поставить опыт, необходимо уже иметь некоторое общее представление об этом новом понятии. Покажем теперь, что ряд свойств хода времени может быть получен логически из анализа формулированных нами аксиом причинности.

Следует ожидать, что ход времени нашего Мира определяется некоторой универсальной постоянной определенного знака. При другом ходе времени эта постоянная должна быть иной и может даже иметь другой знак. Ход времени должен быть определен по отношению к некоторому инварианту. Из наших аксиом следует, что ход времени может быть определен по отношению к пространству. Действительно, из сопоставления второй и четвертой аксиомы заключаем, что будущее и прошедшее всегда разделены сколь угодно малым, но не равным нулю промежутком пространства. Таким образом направленность времени может быть определена как направление в пространстве. Из положений третьего и четвертого следует, что различие будущего от прошедшего δt стремится к нулю при $\delta x \rightarrow 0$. Это означает существование связи между δt и δx , которая при достаточно малом δx должна иметь вид:

$$\delta t = \frac{1}{c_2} \delta x. \quad (3)$$

Так как различие будущего от прошедшего δt выражается единицами времени, то c_2 представляет собой постоянную, имеющую размерность скорости. Значок у c_2 поставлен, чтобы отличать эту постоянную от c_1 – скорости света, являющейся, согласно специальной теории относительности, основной характеристикой скалярного времени. Постоянная c_2 является как бы скоростью превращения причины в следствие и может служить мерой хода времени. Будем называть ходом времени саму величину c_2 , а не обратную ей: чем больше c_2 , тем меньше промежуток времени, отвечающий одному и тому же интервалу пространства, и, следовательно, тем быстрее идет время.

Из положения V следует, что ход времени должен определяться универсальной постоянной. Поэтому постоянная c_2 не должна зависеть не только от координат точек и момента, когда происходят явления, но и от физических свойств тел, с которыми связаны причины и следствия. Положение V утверждает еще, что ход времени имеет определенный знак, инвариантный для всего Мира. Таким образом, постоянная c_2 должна иметь определенный знак, независимый от системы счета δx и δt . Иными словами, в формуле (3) требуется инвариантное согласование знаков. Знаки у δx и δt , входящих в формулу (3), совершенно произвольны и, кроме того, не могут зависеть друг от друга. Это следует, например, из того, что при возможном абсолютном различии знаков δt не может быть абсолютного различия в пространственных направлениях, то есть в знаках δx , поскольку пространство не имеет никаких свойств. Поэтому согласованность знаков в формуле (3) возможна только в том случае, когда при изменении знака δt или δx меняется и знак c_2 . Совместить перемену знака c_2 при изменении знака δx с условием инвариантности можно

только одним способом: постоянная c_2 должна быть псевдоскаляром, т.е. скаляром, меняющим свой знак при переходе от правой системы координат к левой и обратно. В этом случае δt должно быть псевдовектором.

Покажем, что формула (3) не будет зависеть от системы счета δt при условии, что δt является псевдовектором, ориентирующим плоскость, перпендикулярную к оси причина – следствие. Действительно, изменим в формуле (3) направление оси X , т.е. знак δx , сохраняя ориентацию плоскости (YZ) , а следовательно, и знак δt . Так как при этом изменился тип координатной системы, то псевдоскаляр c_2 должен переменить знак и обе части равенства (3) останутся согласованными. Повернем теперь всю координатную систему так, чтобы изменилось на обратное направление оси X . Тогда изменится на противоположную ориентация плоскости (YZ) , т.е. знак δt и, как видно из формулы (3), c_2 не изменит знака. Точно так же при неизменном направлении оси X , изменив счет времени на обратный, мы изменим ориентацию плоскости (YZ) и, следовательно, знак псевдоскаляра c_2 . Итак, исходя из аксиом причинности, мы пришли к следующему основному выводу:

1. Мировой ход времени определяется универсальным псевдоскаляром c_2 , имеющим размерность скорости.

Теоретическая механика и физика пользуются скалярными величинами только первого рода или просто скалярами. Теперь мы должны ввести в механику псевдоскаляр c_2 . Обращаясь к известным универсальным постоянным, мы немедленно убеждаемся в том, что единственной постоянной, которую можно считать псевдоскаляром, является постоянная Планка h . Действительно, эта постоянная, имеющая размерность момента количества движения, определяет спин элементарных частиц и все моменты количества движения в атоме. Для соблюдения квантовых условий при переходе от правой системы координат к левой естественно считать, что при таком переходе меняется и знак постоянной Планка, т.е. что она является псевдоскаляром. Теперь, с помощью h и другой физической постоянной, заведомо имеющей свойства простого скаляра, можно образовать постоянную с размерностью скорости. Легко убедиться, что существующая возможность выбора приводит к единственной комбинации, однозначно определяющей псевдоскаляр c_2 :

$$c_2 = \alpha \frac{e^2}{h} = \alpha \cdot 350 \text{ км/с}, \quad (4)$$

где через e обозначен заряд элементарной частицы. Числовой коэффициент α представляет собой безразмерный множитель, с точностью до которого мы определили величину c_2 . Следует ожидать, что неточность, связанная с этим безразмерным множителем, не может изменить порядок величины c_2 . В действительности, из опытов, о которых мы будем говорить впоследствии, можно заключить, что $\alpha \cong 2$. Весьма знаменательно, что постоянная, численно равная c_2 , определяет условия (1) и (2) образования энергии в звездах. Знаменитая безразмерная постоянная тонкой структуры оказывается отношением c_2 и c_1 , т.е. отношением основных характеристик двух свойств времени. При таком понимании постоянной тонкой структуры становится естественным и совершенно не удивительным существование этой безразмерной постоянной. Полученная оценка величины c_2 (4) позволяет предвидеть размеры эффектов причинной механики, которые должны быть на много порядков больше эффектов теории относительности.

Произведем в формуле (4) предельный переход: $h \rightarrow 0$; тогда $c_2 \rightarrow \infty$ и, согласно формуле (3), δt всегда будет равным нулю. Этот случай соответствует обычной механике, в которой отсутствует четвертая аксиома, т.е. δt всегда предполагается равным нулю. Таким образом, пренебрегая постоянной Планка, мы, как и в атомной механике, переходим к законам обычной механики. Другой предельный случай получается, когда постоянная Планка начинает играть очень большую роль. Этот случай соответствует атомной механике, для которой по формуле (4) получается $c_2 = 0$. При этом по формуле (3) δx всегда равно нулю. В этом случае согласно аксиоме III причины и следствия сливаются в тождественные понятия, что и является существом атомной механики.

Формулируем теперь наши заключения:

2. Мировой ход времени c_2 , с точностью до безразмерного множителя порядка единицы, равняется универсальному псевдоскаляру e^2/h , имеющему размерность скорости. Знак хода времени должен быть определен опытом.

Покажем, что знак хода времени позволяет абсолютно определить понятия правое и левое. Геометрия различает правое от левого только относительно и сама по себе геометрия не может определить, что называется правым и что называется левым. Поясним это следующим примером, заимствованным у Гаусса [7]. Вообразим два существа, изолированных настолько, что нет даже ни одного предмета, который они оба когда-либо видели. Допустим, что они могут сообщать друг другу свои мысли и свои наблюдения над Миром. Каждый из них может построить систему геометрии, причем они смогут договориться и согласовать все геометрические определения. Они обнаружат, что существуют с равными элементами несовместимые тела и таким образом придут к необходимости отличать правое от левого. Но согласовать свои определения правого и левого они не смогут. Для этого необходимо общее тело, т.е. материальный мост между ними. Так будет обстоять дело, пока наши воображаемые существа занимаются только геометрическими построениями. Но коль скоро они перейдут к изучению механических и других явлений природы, благодаря ходу времени они должны обнаружить объективное отличие правого от левого и суметь договориться об их определении. Действительно, как мы видели, законы механики должны содержать псевдоскаляр c_2 . Поэтому, произведя некоторые опыты, можно установить знак c_2 , т.е. установить, в какой системе координат – правой или левой – постоянная c_2 имеет положительное значение. Отсюда получается возможность договориться об определении правого и левого. Таким образом, существующий ход времени, даже при полной изоляции, связывает все тела в Мире и играет роль того материального моста, о необходимости которого говорил Гаусс. Поэтому можно формулировать следующий вывод:

3. Существующий в Мире ход времени устанавливает в пространстве объективное отличие правого от левого.

Изумительным является то обстоятельство, что в природе действительно имеются бросающиеся в глаза объективные отличия правого от левого. Эти отличия давно известны в органическом мире. Морфология животных и растений дает многочисленные примеры упорной, передающейся по наследству асимметрии [8]. Например, у моллюсков в подавляющем числе случаев раковины закручены в правую сторону. Преобладание определенной симметрии наблюдается и у микробов, образующих колонии спиральной структуры. У высокоорганизованных существ асимметрическое положение органов всегда повторяется. Например, сердце у позвоночных, как правило, расположено слева. Подобная асимметрия существует и у растений; например, в предпочтительности левых спиралей у проводящих сосудов.

В середине прошлого века Луи Пастер открыл асимметрию протоплазмы и рядом замечательных исследований показал, что асимметрия является основным свойством жизни. В неорганической природе стереоизомеры образуют рацематы, т.е. смеси с одинаковым количеством правых и левых молекул. В протоплазме же наблюдается резкое неравенство правых и левых форм. Воздействие на организм правых и левых изомеров часто весьма различно. Так, например, левовращающая глюкоза почти не усваивается организмом, левый никотин более ядовит, чем правый, и т.п. В настоящее время все эти вопросы составляют большую научную проблему [9], на которой мы не можем останавливаться. Для нас важна принципиальная сторона дела: асимметрия может иметь физический смысл только при существовании направленности времени, поэтому асимметрия жизни доказывает существование направленности у времени, т.е. несимметричности истинной механики. Существование направленности времени как некоторой физической реальности вытекает даже просто из самой возможности жизни. Действительно, существо жизни заключается в процессах, направленных против возрастания энтропии. Это означает, что в орга-

низмах в некоторых процессах ход времени может отличаться от мирового хода времени. Поэтому подобно астрофизическим данным точные биологические опыты должны показать в процессах жизни нарушение обычного баланса энергии из-за использования жизнью мирового хода времени.

Рассмотрим еще следующий вопрос: каков должен быть Мир, в котором течение времени противоположно нашему? Изменить знак хода времени, это значит изменить знак постоянной c_2 в той же системе координат. Так как законы механики должны быть одинаковыми, коль скоро c_2 имеет тот же знак и то же значение, то механика Мира с обратным течением времени должна быть тождественна механике нашего Мира с противоположной ориентацией координат. Противоположная ориентация получится при зеркальном отображении. Итак, мы приходим к теореме, выражающей сущность нашей механики:

4. Мир, в котором течение времени противоположно нашему при условии действия тех же сил, должен быть равноценен нашему Миру, отраженному в зеркале.

В зеркально отраженном Мире полностью сохраняется причинность. Поэтому в Мире с противоположным течением времени события должны развиваться столь же закономерно, как и в нашем Мире. При любом течении времени человек будет ходить, как обычно, лицом вперед. Таким образом, Мир с обратным течением времени не является, как полагают часто, кинофильмом нашего Мира, пущенным в обратную сторону. Действительно, в таком кинофильме причинность нарушена, и он не может представлять реально возможного физического Мира. Благодаря направленности времени зеркально отраженный Мир по своим механическим свойствам должен отличаться от нашего Мира. Представим себе, что мы в зеркале наблюдаем лабораторию, в которой производятся некоторые механические опыты. Зеркало изготовлено столь искусно, что мы не можем этого заподозрить. Однако, следя за результатами некоторых специальных опытов лаборатории, мы должны будем заметить, что они противоположны следствиям причинной механики. Таким образом, у нас всегда будет возможность отличить подлинную лабораторию от лаборатории, отраженной в зеркале. Обычная же механика утверждает невозможность подобного заключения. Ошибочность этого принципа в настоящее время доказана начатыми по инициативе Ли и Янга исследованиями, установившими нарушение принципа сохранения четности в ядерных процессах при слабых взаимодействиях. Учитывая же процессы жизни, этот принцип опровергается элементарными наблюдениями. Действительно, следя за лицами, которые в отраженной лаборатории производят опыты, можно сразу заметить, что они работают левой рукой, имеют необычайное расположение органов, а потому не реальны. Надо думать, что такими людьми стали бы мы при обратном течении времени, если только при этом будут сохранены силовые поля нашего Мира.

После сделанного отступления возвратимся к выяснению дальнейших свойств хода времени. Все причинно-следственные связи Мира характеризуются универсальным псевдоскаляром c_2 . Всякая конкретная причинно-следственная связь определяется еще пространственным направлением, орт которого обозначим через i . Таким образом, с причинно-следственными отношениями должны быть связаны псевдовекторы хода времени ic_2 . Обстоятельство, согласно которому ход времени определяется псевдовекторами, может иметь еще следующее пояснение. Векторы хода времени должны быть направлены некоторым определенным образом в зависимости от положения причины и следствия. Представим теперь, что ход времени во всем Мире изменил знак на обратный, расположение же причин и следствий в пространстве осталось неизменным. Из первого условия вытекает, что эти векторы должны изменить знаки, из второго же, что они сохранили свое направление. Геометрия дает единственную возможность согласования этих требований: ход времени представляет собой псевдовекторы, а при изменениях знака хода времени мы просто должны пользоваться другим типом ориентации координатных систем.

Докажем теперь, что для причины и следствия псевдовекторы хода времени ic_2 должны иметь разные знаки, т.е. быть прямо противоположными. Действительно, следствие находится в будущем по отношению к причине, а причина в прошедшем по отноше-

нию к следствию. Поэтому знаки δt для причины и следствия должны быть противоположными. Иными словами, перенося точку зрения из причины в следствие, мы меняем знак у δt , т.е. переходим к противоположной ориентации плоскости, перпендикулярной к оси причина–следствие. Теперь легко убедиться в том, что каким бы путем не был определен орт i , псевдовектор ic_2 должен менять знак при переходе от причины к следствию. В самом деле, при фиксированном i будет меняться тип координатной системы при переходе от причины к следствию. В результате постоянная c_2 должна изменить знак, а следовательно, и вектор ic_2 . Если же при переходе от причины к следствию менять знак i , то знак c_2 останется неизменным. Поэтому и в этом случае псевдовектор ic_2 изменит свой знак. Отсюда получается вывод:

5. Ходом времени каждой причинно-следственной связи является реальный физический процесс, который представляется псевдовектором ic_2 , имеющим для причины и следствия противоположные направления.

Итак, время обладает следующими двумя свойствами:

1) свойство скалярное, которое выражается существованием промежутков времени $|\Delta t|$ и 2) свойство векторное, которое представляется псевдовекторами хода времени $\pm ic_2$. Ход времени как реальный физический процесс, приводящий с точки зрения причины к существованию псевдовектора одного знака, а с точки зрения следствия – псевдовектора другого знака, равноценен вращению причины относительно следствия с линейной скоростью c_2 или наоборот. Объяснение это формально является совершенно точным. Однако возникает естественный вопрос, в чем сущность этого явления и как можно наглядно себе представить вращение двух заведомо неподвижных точек с конечной линейной скоростью. На этот вопрос мы не можем сейчас ответить. Но можно надеяться, что это явление станет яснее в результате опытных и последующих теоретических исследований. Поэтому нам остается пока пользоваться только формальным представлением о ходе времени как об относительном вращении причин и следствий.

Представим себе, что причина и следствие связаны с двумя материальными точками, действительно находящимися в относительном вращении. Иными словами, допустим, что мы имеем дело с волчками, которые будем считать идеальными. Под идеальным волчком следует понимать тело, вся масса которого расположена на некотором неизменном расстоянии от оси. При вращении воздействие такого тела на тело, вращающееся с другой скоростью, может осуществляться через материальную ось и материальные связи с этой осью, массы которых столь малы, что их можно полагать равными нулю. Тогда взаимодействие этих идеальных волчков будет равносильно взаимодействию двух точек, имеющих массы волчков. С точки зрения каждой из этих точек можно с полной определенностью говорить о вращении другой точки, т.е. указать плоскость, величину линейной скорости u и направление вращения. Таким образом, каждой точке можно сопоставить псевдовектор относительного вращения ju , где j – единичный вектор, перпендикулярный к плоскости вращения. Согласно обычному условию псевдовектор ju направлен в правой системе координат туда, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки. Можно считать j – обычным вектором, а величину u – псевдоскаляром. Если, например, условиться откладывать j независимо от типа координатной системы в сторону, откуда вращение происходит против часовой стрелки, то u будет псевдоскаляром, положительным в правой системе координат. Легко видеть, что в результате относительных вращений для причины и следствия будут существовать дополнительные псевдовекторы $\pm ju$ противоположных знаков. Эти псевдовекторы имеют совершенно те же свойства, что и псевдовекторы $\pm ic_2$ обычных причинных связей. Во всяком случае в линейном приближении такие величины обычно складываются между собой. Поэтому можно предположить следующее свойство хода времени, которое должно быть проверено опытом:

6. Ход времени вращающихся тел отличается от обычного хода времени тем, что к обычному ходу времени геометрически добавляется относительная линейная скорость этих вращений.

Если это положение справедливо, то для вращающихся тел следует ожидать относительного изменения обычного псевдовектора хода времени по его направлению на величину $(u/c_2) \cos \alpha$, где α – угол (i, j) . Следует также ожидать аберрацию направления причинной связи на угол ψ :

$$\operatorname{tg} \psi = (u/c_2) \sin \alpha.$$

Теперь становится понятным, что для выяснения свойств хода времени необходимо проводить опыты с вращающимися телами – волчками. Чтобы разобраться в том, какие механические эффекты хода времени должны наблюдаться в опытах с волчками, мы должны в первую очередь уточнить определения причин и следствий в механике. Для этого от кинематических понятий надлежит перейти к понятиям динамики и статики.

НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ПРИЧИННОЙ ДИНАМИКИ И СТАТИКИ

Силы являются причинами, вызывающими изменения конфигурации и изменения количества движения тел. Изменение в расположении тел приводит к возникновению сил деформации. Изменение же количества движения в единицу времени, взятое с обратным знаком, согласно Даламберу можно рассматривать как силу инерции, прибавление которой к обычным силам сводит задачу динамики к задаче статики. При таком представлении действующие на систему силы всегда уравновешены и добавление новых сил должно обязательно вызвать появление некоторых других сил. Поэтому в механике силы могут считаться и причинами, и всеми возможными следствиями. В соответствии с обычной терминологией, причины будем называть активными силами. Допустим, что к некоторой материальной точке (1) приложены активные силы, равнодействующую которых обозначим через A . Действие этих активных сил может быть передано некоторой другой точке (2). Это действие силы A на точку (2), т.е. пассивную силу, возникающую в точке (2) благодаря силе A , приложенной к точке (1), обозначим через Φ . Можно сказать, что точка (1) является причиной возникновения силы в точке (2). Согласно выводу (5) предыдущей главы, этой причинно-следственной связи соответствует в точке (2) псевдовектор хода времени ic_2 . Таким образом, с силой Φ оказывается связанным псевдовектор ic_2 . Но этому псевдовектору обязательно сопутствует псевдовектор $-ic_2$ для причины, т.е. в точке (1). Поэтому в точке (1) мы должны иметь тот же результат, т.е. ту же силу, что и в точке (2), но только действующую в противоположную сторону. Получается вывод:

1. При действии первой точки на вторую псевдовекторный ход времени обязательно устанавливает противодействие, т.е. равное и противоположно направленное действие второй точки на первую.

Этот вывод совпадает с третьим законом Ньютона. Таким образом, третий закон Ньютона вытекает из свойств хода времени. С помощью этого закона можно определить интересующую нас величину действия Φ , исходя из условия равновесия точки (1):

$$A + R - \frac{dm_1v}{dt} = 0, \tag{5}$$

где R – сила реакции, т.е. обратное действие точки (2) на точку (1). В случае чистой статики: $R = -A$ и согласно третьему закону Ньютона $\Phi = A$. В динамике возникает вопрос, активной или пассивной силой следует считать силу инерции $-\frac{dm_1v}{dt}$. Сила инерции, направленная против активных сил, возникает только благодаря этим силам, поэтому она не отличается от активных сил и должна быть к ним прибавлена. В этом случае получается: $\Phi = A - \frac{dm_1v}{dt}$. Отсюда при свободном движении точки (1) имеем очевидный результат: $\Phi = 0$, т.е. отсутствие действия на другие точки. Если теперь сила инерции направлена против сил реакции, то она вызывается этими силами, от них не отличается и должна быть к ним прибавлена. Поэтому реакцией на активную силу будет не R , а выражение: $R - \frac{dm_1v}{dt} = -A$. Следовательно, действие активной силы на точку (2) будет тем же, что и в статике: $\Phi = A$. Запишем эти выводы следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} 1. |A| \geq |R|; \quad \Phi = A - \frac{dm_1v}{dt}. \\ 2. |A| \leq |R|; \quad \Phi = -\left(R - \frac{dm_1v}{dt}\right) = A. \end{array} \right\} \tag{6}$$

Из этих формул следует, что при равенстве нулю активных сил ($A = 0$), равны нулю и следствия ($\Phi = 0$). Поэтому при соударении двух шаров, на которые не действуют внешние силы, т.е. отсутствуют причины, должны отсутствовать и следствия, несмотря на

существование реакций.

Активные силы могут быть приложены и к точке (2). Тогда действие этих сил на точку (1) можно вычислить с помощью тех же выражений (6), написанных для точки (2).

Перейдем теперь к вопросу о согласовании действия и противодействия с псевдовекторами хода времени. Согласно формулам (6) направление действия совпадает с линией, соединяющей причины и следствия, т.е. с пространственным положением псевдовекторов времени. С другой стороны, ход времени должен указывать направление к будущему, а поэтому совпадать с направлением действия активной силы, орт которой обозначим через i . Тогда ход времени в точке (2), т.е. вектор ic_2 будет согласован с действием силы при условии, что мы пользуемся системой координат, в которой псевдоскаляр c_2 имеет положительное значение. Это согласование ic_2 и Φ означает, что

$$\Phi = ic_2|J|, \quad (7)$$

где $|J|$ – некоторый положительный скалярный коэффициент. В точке (1) ic_2 меняет знак, и по формуле (7) на эту точку будет действовать сила реакции $R = -\Phi$. При остановившемся времени, т.е. при $c_2 = 0$, действия всех сил должны отсутствовать. Этот результат получается непосредственно из формулы (7). Поэтому скалярный коэффициент $|J|$, по крайней мере в первом приближении, должен быть инвариантным, т.е. независимым от хода времени.

Рассмотрим случай, когда точка (1), на которую действует активная сила, представляет собой идеальный волчок, вращающийся со скоростью ju относительно точки (2). Как было указано в конце предыдущей главы, для определенности можно считать орт j направленным по оси в ту сторону, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки, если пользоваться системой координат, связанной со второй точкой. Тогда u будет псевдоскаляром, положительным в правой системе координат.

Начнем исследовать вопрос о действии волчка на невращающееся тело с простейшего случая, когда ось волчка совпадает с линией действия силы. Примером может служить действие тяжелого волчка с вертикальной осью на неподвижную опору. В этой задаче псевдовекторы $\pm ju$ совершенно аналогичны псевдовекторам хода времени $\pm ic_2$. Поэтому в рассматриваемой системе ходом времени должна быть величина: $\pm(ic_2 + ju)$. Подставляя это выражение вместо ic_2 в формулу (7), находим:

$$\Phi_u = (ic_2 + ju)|J|.$$

Поскольку: $|J| = \frac{|\Phi|}{c_2}$, окончательно имеем:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_u &= \Phi + j \frac{u}{c_2} |\Phi|, \\ R_u &= R - j \frac{u}{c_2} |\Phi|. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Под действием дополнительных сил $\pm j \frac{u}{c_2} |\Phi|$ равновесие системы будет нарушено. Новое равновесие волчка получится, когда в результате перемещения точек волчка упругие силы станут давать реакцию R' , при которой

$$R'_u = R' - j \frac{u}{c_2} |\Phi| = R.$$

Таким образом:

$$R' = R + j \frac{u}{c_2} |\Phi|. \quad (9)$$

Упругие силы, обуславливающие реакцию, являются следствием тяжести. Их изменение может быть вызвано только изменением причины или веса волчка. Поэтому на-

блюдаемая упругость означает, что активная сила изменилась и стала равной $A' = -R'$. Тогда из формулы (9) следует:

$$A' = A - j \frac{u}{c_2} |\Phi|. \quad (10)$$

Эта активная сила будет оказывать действие на опору:

$$\Phi' = \Phi - j \frac{u}{c_2} |\Phi|.$$

Подставляя это значение действия вместо Φ в формулу (8), найдем, что полное действие на опору остается прежним:

$$\Phi'_u = \Phi' + j \frac{u}{c_2} |\Phi| = \Phi. \quad (11)$$

Из полученных формул преобразования сил (9) – (11) следует вывод:

2. При действии тяжелого вращающегося волчка на опору, вес его изменяется при соответствующем изменении деформации. Действие же волчка на опору остается прежним.

Этот эффект можно наглядно представить себе следующим образом. Вообразим бесчисленное количество невесомых пружинок, скрепленных с опорой и действующих на каждую материальную точку волчка в направлении оси вращения. В зависимости от того, растянуты или сжаты пружинки, получится увеличение или уменьшение веса волчка, которое, однако, нельзя обнаружить обычным взвешиванием, так как давление волчка на чашку весов останется неизменным. Эта неизменность действия тяжелого волчка на опору получается из-за того, что и при вращении выполняется третий закон Ньютона, вытекающий из двусторонности псевдовекторов хода времени. Двусторонность же соблюдается и при вращении. Таким образом, ход времени не может изменить общего количества движения системы, т.е. создать внешнюю силу по отношению к системе причина–следствие. Силы, возникающие благодаря ходу времени, являются всегда внутренними, равными и противоположно направленными силами. Это положение столь важно, что мы сочли необходимым подтвердить его точными опытами, которые будут подробно описаны в главе V. Укажем сейчас только общее содержание этих опытов и полученный результат.

Первый опыт заключался во взвешивании волчка на рычажных весах при скоростях вращения $u \cong 50$ м/с. Если бы вопреки нашим заключениям действие волчка на весы менялось при вращении, то относительные эффекты хода времени должны были бы быть порядка u/c_2 , т.е. порядка 10^{-4} , или составлять, по крайней мере, несколько единиц пятого знака. Опыты показали, что сила, действовавшая на весы при вращении, не менялась с точностью до одной миллионной. Важно отметить, что при этих опытах, когда подвес передавал дрожания волчка коромыслу весов, были замечены очень интересные эффекты изменения показаний весов, зависевшие от направления вращения. Эти наблюдения впервые убедили нас в существовании механических эффектов хода времени. Так как замеченные эффекты были связаны с дрожанием волчка, то мы сочли необходимым поставить опыт взвешивания подвижного волчка на эластичном подвесе. Показания весов при бросяниях и подъемах вращающегося волчка оказались неизменными. Этот опыт особенно наглядно устанавливает справедливость закона сохранения импульса и для вращающихся тел. Формулируем вывод:

3. Силы всегда связаны только с материальными телами и изменение хода времени не может изменить импульса системы. Иными словами, ход времени не переносит импульса.

Изменение активной силы, действующей на волчок, можно обнаружить по изменению деформации волчка при вращении. В тех случаях, когда отличие активных сил от пассивных не вызывает сомнений, этими опытами по формуле (10) можно установить знак мирового хода времени c_2 . Действительно, из этой формулы следует, что уменьшение ак-

тивной силы происходит в том случае, когда вектор $j(u/c_2)$ совпадает с направлением активной силы. Поскольку $c_2 > 0$, уменьшение активной силы произойдет, когда вектор вращения ju будет направлен по активной силе. Допустим теперь, что мы наблюдали уменьшение активной или силы при некотором вращении волчка. Из этих наблюдений мы устанавливаем, в какой системе координат вектор вращения совпадает с направлением активной силы. В этой системе координат постоянная c_2 и будет иметь положительное значение.

В следующих двух главах содержится описание некоторых эффектов хода времени, которые можно наблюдать на поверхности Земли и других планет, а также при лабораторных опытах с гироскопами. Основной, качественный, результат этих наблюдений заключается в том, что уменьшение веса волчка происходит при вращении его по часовой стрелке, если смотреть со стороны, в которую направлена тяжесть волчка. Обычными методами естествознания бесспорно устанавливается, что тяжесть является активной силой. Поэтому эти опыты выясняют, что псевдовектор вращения ju направлен по активной силе в левой системе координат. Таким образом, мы получаем знак хода времени, одну из самых основных характеристик нашего Мира:

4. Определенный опытом знак хода времени нашего Мира положителен в левой системе координат. Это означает уменьшение активной силы, приложенной к телу, при вращении его по часовой стрелке, если смотреть со стороны действия активной силы.

Если формулу (4) рассматривать как определение постоянной Планка, то знак этой постоянной должен быть тоже положительным в левой системе координат. В разобранный выше примере Гаусса оба изолированных существа всегда связаны между собой единым мировым ходом времени. Очевидно, что, пользуясь выводом 4, они смогут легко согласовать свои определения правого и левого. Для этого им достаточно условиться, что вращением слева направо, если смотреть со стороны любой активной силы, называется вращение, при котором происходит уменьшение этой силы. Точно так же, наблюдая лабораторию в зеркале, можно обнаружить, что в этом случае знак хода времени положителен в правой системе координат и этим путем установить нереальность наблюдаемой лаборатории.

Теперь, когда известен знак c_2 , можно механическими опытами отличать активную силу от пассивной, т.е. причину от следствия. Если, например, при вращении тела наблюдается уменьшение сил, то активной будет сила, направленная туда, откуда вращение кажется происходящим по часовой стрелке. Этим обстоятельством выполняется основное требование, предъявляемое нами к механике:

5. Активную силу от пассивной, или причину от следствия, всегда можно отличить механическим опытом. Поэтому принципиально возможен прибор, показывающий положение причин и следствий.

В технике разыскание причин требует интуиции инженера. Поэтому существование принципиальной возможности находить причину механическим образом может представлять для техники большой интерес.

При относительном вращении системы взаимодействующих тел, в этой системе возникают дополнительные внутренние силы. Эти силы нарушают первоначальное равновесие системы. Поскольку равновесное состояние является состоянием с минимальной энергией, всякое нарушение равновесия означает увеличение энергии системы. С прекращением вращения система каждый раз будет возвращаться к равновесному состоянию с добавочной (кинетической) энергией. Отсюда следует вывод:

6. Энергия системы тел, находящихся в равновесии, может только увеличиваться при любом изменении относительных вращений тел, составляющих систему. Таким образом, принципиально возможен двигатель, использующий ход времени для получения работы. Иными словами, время обладает энергией.

Рассмотрим теперь случай, когда система не находится в равновесии и обладает кинетической энергией. Тогда при изменении относительных вращений возможно появ-

ление сил, действующих против скорости, которые, подобно трению, могут уменьшить кинетическую, а следовательно, и полную энергию системы. Например, силами хода времени можно остановить колебание системы, если вводить их так, чтобы они действовали против скорости колебаний.

7. Энергия системы тел, которые не находятся в равновесии, может быть не только увеличена, но и уменьшена изменением хода времени. Поэтому возможен обратный процесс перехода энергии системы в ход времени.

Ввиду исключительной важности этих следствий, разберем простейший конкретный пример двигателя, работающего на изменении хода времени. Допустим, что волчок с вертикально расположенной осью опирается на некоторое жесткое основание и имеет следующее устройство. Тяжелое кольцо с массой m лежит на упругой невесомой пружине, коэффициент упругости которой равен k . Соединение с осью вращения осуществляется только в нижней части этой пружины. При вращении в ту или иную сторону должны возникнуть две дополнительные силы. Одна сила, как и вес волчка, приложена к центру тяжести кольца. Другая сила, парная ей по третьему закону Ньютона, будет приложена к опоре, благодаря чему действие волчка на опору не зависит от состояния вращения. Эти силы растянут или сожмут пружину и сообщат ей дополнительную потенциальную энергию ΔE , которую по формулам (10) и (6) можно представить в виде:

$$\Delta E = \frac{(\Delta F)^2}{2k} = \frac{(g-w)^2 m^2}{2k} \left(\frac{u}{c_2}\right)^2 = \frac{(g-w)^2 m T^2}{8\pi^2} \left(\frac{u}{c_2}\right)^2, \quad (12)$$

где g – ускорение силы тяжести; w – вертикальное ускорение кольца и $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ – период собственных колебаний пружины.

Допустим, что наш волчок с помощью некоторого устройства без потери энергии периодически меняет направление вращения. Для простоты положим, что этот период совпадает с периодом собственных колебаний пружины. Тогда по формуле (12) легко получить среднее количество энергии, которое будет получать наша система в единицу времени:

$$\frac{d\bar{E}}{dt} = \frac{mg^2 T}{8\pi^2} \left(\bar{u}\right)^2. \quad (13)$$

Здесь \bar{u} – некоторая средняя абсолютной величины линейной скорости вращения и принято: $w \ll g$. Возьмем следующие данные: $m = 1$ кг, $T = 1$ с, $\bar{u} = 30$ м/с, тогда $d\bar{E}/dt \cong 0,1$ эрг/сек.

Производительность нашего двигателя очень мала.

Действительно, только одна энергия вращения системы составляет около 10^8 эрг. Поэтому если трение устранено настолько, что система может колебаться по инерции несколько лет, то только тогда ежесекундная потеря энергии будет порядка прихода. Мы видим, что практическое осуществление «машин времени» с помощью волчков едва ли возможно. В лабораторных масштабах роль эффектов времени получается совершенно ничтожной. Но в таких огромных телах, какими являются звезды и планеты, эффекты времени могут иметь решающее значение. Проблема источников энергии небесных тел может быть вполне решена этим путем. Действительно, огромная потеря энергии, происходящая на поверхности звезды, соответствует очень небольшому расходу, отнесенному к единице массы звезды. Так, например, для соблюдения теплового баланса каждый грамм вещества внутри Солнца должен выделять только 1,9 эрг/с. Приведенный нами выше расчет мощности двигателя времени показывает, что в масштабах Солнца вполне возможны процессы, при которых из хода времени будет извлекаться достаточное количество энергии. Скорее всего, эти процессы будут связаны не с простой механикой, а с электродинамикой. Напряжение магнитного поля является псевдовектором, а потому псевдовектор хода времени может и в электродинамике приводить к новым силам, создающим избы-

точную энергию. Можно думать, что не механика, а именно несимметричная электродинамика позволит практически осуществить двигатель времени.

До сих пор наши рассуждения относились к простейшему случаю, когда ось волчка совпадала с линией действия силы. При этом псевдовекторы вращений алгебраически складывались с псевдовекторами хода времени. В общем же случае для любого положения оси вращения естественно считать, что псевдовекторы вращений и хода времени будут складываться геометрически. Тогда формулы преобразования сил: (9)–(11) останутся прежними при условии, что входящие в них сложения следует производить геометрически. Для определения направления дополнительных сил удобнее пользоваться следующим правилом, вытекающим из вывода 4 и формул преобразования сил:

8. Дополнительные активные силы, возникающие при относительном вращении двух взаимодействующих точек, всегда направлены по оси вращения в ту сторону, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки с точки зрения системы координат, связанной с другой точкой. Дополнительные же реакции направлены в противоположные стороны.

В общем случае должно наблюдаться изменение не только величины сил, но и их направления, т.е. абберрация сил. При этом в системе может возникнуть дополнительная пара сил, которая изменит момент вращения этой системы. Таким образом, к перечисленным выше основным свойствам хода времени (3 и 6) следует добавить еще одно свойство:

9. Ход времени может изменять не только энергию, но и момент вращения механической системы.

Как было указано в первой главе, астрономическим подтверждением этой возможности получения механической системой дополнительного момента вращения без участия других тел может служить наблюдаемая в некоторых тесных звездных парах несинхронность орбитальных и осевых вращений звезд. В следующих же двух главах будут приведены описания механических опытов, которые непосредственно показывают возможность изменения механического момента системы.

Дополнительный член в формуле преобразования активной силы при относительном вращении (10) показывает, что некоторая доля следствия становится причиной в этой причинно-следственной связи. Это означает возможность кинематическим приемом изменять существующую причинную связь явлений и действовать следствием на причину. В механике Ньютона дополнительный член в формуле (10) отсутствует. Действительно, этот член должен исчезать, ибо обычная механика получается из причинной предельным переходом $c_2 \rightarrow \infty$. В обычной механике обращение причинных связей становится невозможным. Поэтому обычная механика соответствует Миру с бесконечно прочными причинными связями. Другой предельный переход мы не можем осуществить с помощью полученных формул. Дело в том, что формулы преобразования сил (9), (10) являются только линейным приближением, при котором учтены лишь члены первого порядка малости относительно u/c_2 . Однако мы можем заключить, что при малом c_2 дополнительные члены будут играть основную роль и механика должна стать совершенно непохожей на механику Ньютона. Предельный случай $c_2 = 0$ означает полное отсутствие причинных связей и должен приводить к формулам атомной механики. Реальная механика, соответствующая конечному значению, должна быть ближе к обычной механике, чем к механике атома. Таким образом, систему реальной механики легче построить, изучая обычные механические явления, а не явления атомного мира. Мы вправе ожидать, что в поправках к механике Ньютона будет заключаться ряд особенностей, характерных для атомной механики. Действительно, в следующих главах описываются опыты, которые указывают на появление в обычной механической системе дискретных состояний, столь характерных для атомных явлений.

В заключение настоящей главы опишем еще один простой вывод, который следует из того обстоятельства, что при свободном движении тела действие отсутствует, а следовательно, будут отсутствовать и дополнительные силы:

10. Свободное тело, на которое действуют только независимые силы, должно двигаться по обычным законам механики при любом состоянии его вращения.

Например, при свободном падении вращающийся волчок должен иметь обычное ускорение тяжести. Несомненно, что в первом приближении и движения планет около Солнца должны происходить независимо от состояния их вращений. Мы все же полагаем, что в небесной механике и в звездной динамике некоторые эффекты причинности могут получаться из-за неоднородности гравитационных полей, когда не все действующие на тело силы можно считать независимыми. Разработка этой важной проблемы требует уточнения понятия зависимых сил. Этот вопрос, как и ряд других важных вопросов, например о точке приложения сил в обратных причинных связях, мы оставим пока без рассмотрения. Дело в том, что эти вопросы едва ли следует решать продолжением нашей дедукции. Значительно проще и надежнее находить на них ответы из прямых опытов. Произведенный анализ достаточно ясно показывает, в чем должны заключаться эти опыты и предсказывает ряд основных явлений, которые должны быть в первую очередь проверены опытом. Возможность существования даже предсказанных явлений будет казаться фантазией, пока эти явления не доказаны прямо. Поэтому следует перейти к непосредственному изложению опытных данных.

**ЯВЛЕНИЯ ПРИЧИННОЙ МЕХАНИКИ,
ВЫЗВАННЫЕ ВРАЩЕНИЕМ ЗЕМЛИ И ДРУГИХ ПЛАНЕТ**

В предыдущей главе была рассмотрена основная задача о взаимодействии тяжелого волчка с неподвижной опорой. Эффекты причинности этой задачи должны проявляться в различных деформациях волчка при вращении его в разные стороны. Однако в лабораторных условиях очень трудно поставить опыт, в котором эти эффекты были бы достаточно ощутимыми. Дело в том, что при малых размерах тела и больших скоростях вращения деформация тела будет определяться не весом, а центробежными силами, по отношению к которым интересующие нас силы причинности окажутся очень малыми. Только у тел планетных размеров могут быть большие скорости вращения при малых центробежных силах. Во вращающихся небесных телах имеется взаимодействие между быстро вращающимися экваториальными массами и медленно вращающимися массами, расположенными около оси. Большинство планет Солнечной системы вращается против часовой стрелки, если смотреть с их северного полюса. Согласно выводу 8 предыдущей главы, на экваториальные массы должны действовать дополнительные активные силы, направленные к северу. На массы же, расположенные около оси вращения, должны действовать те же силы в направлении к югу. Очевидно, что на поверхности Земли, в обоих полушариях, будет существовать параллель, на которой силы причинности равны нулю. В результате действия дополнительных сил северное полушарие планеты должно стать более сжатым, а южное более выпуклым. Фигура планеты станет несимметричной по отношению к экваториальной плоскости и в меридиональном сечении будет кардиоидой. Полученная фигура может быть описана введением дополнительного нечетного члена в уравнение эллипсоида:

$$r = a(1 - \varepsilon \cos^2 p - \eta f(\cos p)), \quad (14)$$

где r – радиус-вектор точки на поверхности планеты, проведенный из точки пересечения оси вращения с экваториальной плоскостью, т.е. плоскостью наибольшего сечения, a – радиус экваториального сечения, p – полярное расстояние, отсчитываемое от северного полюса планеты, ε – сжатие. Функция $f(\cos p)$ должна содержать только нечетные степени $\cos p$. При малом η член с первой степенью будет равносителен сдвигу начала координат. Поэтому функция $f(\cos p)$ может содержать степени $\cos p$ только начиная с куба и выше. Заметим, что для получения кардиоиды, а не овала, функция $f(\cos p)$ должна состоять, по крайней мере, из двух членов с разными степенями $\cos p$. Нормируем $f(\cos p)$ так, чтобы на северном полюсе ($p = 0^\circ$), $f = +1$. Тогда η может быть названо коэффициентом асимметрии:

$$\eta = \frac{b_S - b_N}{2a}. \quad (15)$$

Здесь b_S и b_N соответственно южная и северная полярная полуось. При уменьшении сжатия южного полушария в сравнении с северным $b_S > b_N$ и $\eta > 0$. Ограничиваясь кубом и пятой степенью $\cos p$, будем иметь следующее выражение:

$$f(\cos p) = \frac{\cos^3 p - k \cos^5 p}{1 - k}. \quad (16)$$

Так как угол между нормалью и радиус-вектором равен r'_p/r , то угол между нормалью к кардиоиде и нормалью к эллипсоиду должен иметь значение

$$-\frac{\eta}{1 - k} (3 \cos^2 p - 5k \cos^4 p) \sin p.$$

Знак минус соответствует отклонению нормали внутри кардиоиды к северу. Это выражение будет обращаться в нуль приблизительно на той параллели p_0 , где исчезают асимметричные силы. Отсюда:

$$k = \frac{3}{5 \cos^2 p_0}. \quad (17)$$

Из формулы (10) следует, что:

$$\eta = \beta u / c_2, \quad (18)$$

где u – экваториальная скорость вращения планеты и β – некоторый безразмерный коэффициент, зависящий от структуры планеты. Силы, создающие асимметрию, некоторым образом распределяются по всей массе планеты. Мы не располагаем достаточным знанием вопроса, чтобы точно сказать, как происходит это распределение. Очевидно только, что коэффициент β должен быть, по крайней мере, на порядок меньше единицы.

Из планет Солнечной системы наибольшую экваториальную скорость u имеют Юпитер и Сатурн. Для Юпитера $u = 11$ км/с и ожидаемое значение η должно быть около $+3 \cdot 10^{-3}$. В угловой мере асимметрия $2a\eta$ должна быть порядка $0'', 1$. Такая величина может быть вполне обнаружена при дифференциальных измерениях фотографических снимков, полученных крупными инструментами. Автором и Д.О. Мохначем были измерены многочисленные снимки Юпитера и Сатурна, полученные на разных обсерваториях. Не останавливаясь на описании методики этих измерений [5], приведем окончательные результаты в виде таблицы, в которую включена вероятная величина асимметрии Земли:

Т а б л и ц а 1

Планета	u , км/с	u/c_2	η	β
Сатурн	10	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$+7 \cdot 10^{-3} \pm 3 \cdot 10^{-3}$	0,5
Юпитер	11	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$+3 \cdot 10^{-3} \pm 0,6 \cdot 10^{-3}$	0,2
Земля	0,4	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$\approx +3 \cdot 10^{-5}$	0,05

Третий столбец этой таблицы сосчитан согласно выражению (4) при $\alpha = 2$. Последний столбец дает значения β , вычисленные по формуле (18). Эти значения достаточно хорошо совпадают со сделанной ранее предположительной оценкой. Большие значения β , полученные для Сатурна и Юпитера, могут объясняться значительной неоднородностью этих планет в сравнении с Землей. Действительно, представим себе взаимное притяжение только двух масс: неподвижных m_0 и вращающихся m_u . Тогда действие этих масс друг на друга, пропорциональное $m_0 m_u$, при постоянной общей массе $m_0 + m_u$ будет иметь максимальное значение при $m_0 = m_u$. Схематизируя этим способом планету, мы должны считать $m_0 < m_u$, что и приводит к малым значениям β . При увеличении концентрации эти массы будут выравниваться, действие их станет большим, а это приведет к увеличению коэффициента β .

Данные табл. I показывают, что асимметрия планет относительно экваториальной плоскости действительно существует и что южное полушарие планет более вытянуто, чем северное ($\eta > 0$). При отражении планет в зеркале мы должны увидеть картину обратную, а именно удлинение полушария, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки. Таким образом, этими астрономическими наблюдениями еще в 1949 г. была показана физическая неравноценность Мира и его зеркального отображения, которая значительно позже была обнаружена в микромире опровержением закона сохранения четности при слабых взаимодействиях.

Приведенное в табл. I значение η для Земли является очень приближенной оценкой, которую можно сделать на основании широтного коэффициента асимметрии в распределении тяжести. обстоятельное исследование сводных данных о гравитационном поле Земли, выполненное И.Д. Жонголовичем [10], подтвердило уже давно известное обстоятельство о большем значении тяжести в северном полушарии. Согласно Жонголовичу: $\Delta g = g_N - g_S = +30$ мГал, и, следовательно, $\Delta g/g = 3 \cdot 10^{-5}$. Для однородной плане-

ты отсюда можно заключить, что северный полюс находится ближе к центру тяжести планеты, чем южный. Южное полушарие Земли, как и у других планет, получается более вытянутым, причем приближенно можно считать $\eta \approx \Delta g/g$. Во избежание недоразумений необходимо отметить, что геодезисты, интерпретируя данные об асимметрии тяжести, приходят с помощью теоремы Клеро или Стокса к противоположному выводу – о большей вытянутости северного полушария. Суть этого расхождения заключается в том, что теория фигуры Земли рассматривает поверхность Земли как поверхность уровня только двух потенциалов – тяжести и центробежных сил. При таком рассмотрении возможность асимметрии однородного тела исключается, и найденное значение Δg может быть объяснено только избытком плотной материи в северном полушарии, в сущности противоречивым предположением о неравновесном состоянии Земли. В этом случае уровенная поверхность того же значения отступит дальше, и получится удлинение полушария при большем значении тяжести. Как видно, эта интерпретация маловероятна, но окончательно она может быть устранена лишь прямыми градусными измерениями фигуры Земли.

Интересно отметить, что при $\eta > 0$, меридиональное сечение планеты должно по уравнению (14) представлять собой кардиоиду, вдавленную на севере и заостренную к югу. Наличие антарктического материка и северного полярного бассейна, а также предпочтительное расположение материков в северном полушарии придают Земле вид именно такой кардиоида. Вероятно, это обстоятельство не случайно, ибо действие слабых сил, нарушающих симметрию, могло создать преимущественное направление для процессов внутри Земли.

Весьма важно доказать теперь непосредственными опытами существование сил, вызывающих асимметрию Земли. Простейший опыт вытекает из вывода 10 предыдущей главы, согласно которому на свободно падающее тело совершенно не действуют асимметричные силы. Наблюдения показывают, что отвес перпендикулярен к уровенной поверхности. Отсюда следует, что силы причинности, возникающие от взаимодействия вращающихся и невращающихся масс Земли, распространяясь на всю связанную массу Земли, передаются через точку подвеса и отклоняют в умеренных широтах отвес к северу. Когда связь нарушается и тело начинает свободно падать, на него перестают действовать силы, отклоняющие к северу, и оно будет помимо обычного отклонения к востоку сдвигаться еще и к югу от вертикали на величину:

$$\Delta l_s \approx \eta l = 3 \cdot 10^{-5} l, \quad (19)$$

где l – высота падения тела. Отклонение к югу получается пропорциональным l , в то время как отклонение к востоку пропорционально $l^{3/2}$, поэтому при малых высотах практически должно оставаться только отклонение к югу. Численная оценка (19) отклонения к югу соответствует умеренным широтам обоих полушарий. На критических параллелях ($p = p_0$) отклонения линии падения от отвеса не будет. Вблизи же полюсов должно наблюдаться очень малое отклонение к северу.

Первые опыты, произведенные Гуком в январе 1680 г. по инициативе Ньютона для проверки отклонения падающих тел к востоку, привели Гука к убеждению, что падающее тело отклоняется не только к востоку, но и к югу. Через сто лет этими опытами обстоятельно занимался Гильельмини (Guglielmini) в Болонье и пришел к тому же заключению. Впоследствии эти опыты Гильельмини были подвергнуты сомнению и в первой половине девятнадцатого века были повторены рядом исследователей. Джон Гершель считал, что установление реальности отклонения к югу является важнейшей проблемой механики. Но несмотря на все старание исследователей, не удавалось получить надежных результатов. Хорошо известно, что эти опыты всегда сопряжены с большими ошибками, мешающими надежно получить даже значительно большее отклонение к востоку. В 1902 г. Холл (Hall) в Америке многочисленными и тщательными опытами пытался решить окончательно вопрос о существовании отклонения к югу, но, как он сам пишет, ему не удалось снять этот вопрос. В табл. II приводим результаты всех произведенных опытов падения тел:

Т а б л и ц а II

Наблюдатель	Время, г.	Место	Высота падения, м	Отклонение к вос- току, мм		Отклонение к югу, мм	
				наблюд.	теор.	наблюд.	теор.
Hooke	1680	London	8,2	+	+0,3	+	+0,2
Guglielmini	1791	Bologna	78,3	+18,9	+9,2	+11,9	+2
Benzenberg	1802	Hamburg	76,3	+9,0	+8,91	+3,4	+2
”	1804	Schlebusch	84,4	+	+10,04	0	+3
Reich	1831	Freiburg	158,5	+28,4	+27,50	+4,4	+5
Rundell	1848	Cornwell	400	+	+110	+250?	+12
Hall	1902	Cambridge, Mass	23	+1,49	+1,79	+0,05	+0,7
Flammarion	1903	Paris	68	+7	+8	-1,0	+2

В этой таблице теоретические отклонения к востоку вычислены по формуле $\Delta l_{\text{ost}} = (1/3)g\omega t^3 \cos \varphi$, а к югу согласно выражению (19). Судя по постановке опытов и их результатам, лучшие данные были получены инженером Рейхом в шахте Фрейбурга. Чтобы показать, в какой мере малонадежными являются даже эти лучшие определения, приведем следующую таблицу, характеризующую опыты Рейха [12]:

Т а б л и ц а III

Число опытов	Отклонение к востоку, мм	Вероятная ошибка, мм	Отклонение к югу, мм	Вероятная ошибка, мм
22	+27,13	$\pm 8,06$	+6,69	$\pm 9,92$
12	+27,32	13,97	+23,05	16,57
12	+16,34	10,02	-1,36	15,72
18	+46,34	8,02	+12,49	15,24
21	+29,03	5,92	-7,88	6,06
21	+10,70	11,20	-16,02	14,13

Данные табл. II и III не могут служить строгим опытным доказательством существования отклонения к югу. Однако они показывают, что существование этого отклонения соответственно формуле (19) весьма вероятно. Интересно, что Бенценберг, не получивший при повторных опытах в 1804 г. заметного южного отклонения, писал: «Sonderbar bleibt doch diese Tendenz der Fehler nach Süden».

В настоящее время существует неправильное убеждение в том, что опыты падения тел на машине Атвуда, весьма тщательно проведенные Хагеном [13] в Ватикане, полностью опровергли существование южного отклонения. В этих опытах высота падения составляла 23 м, причем ускорение падения было уменьшено до $1/25$. Из теории следует, что величина восточного отклонения из-за натяжения нити должна уменьшаться в два раза по сравнению со свободным падением. Хаген получил значение $\Delta l_{\text{ost}} = +0,899 \pm 0,027$ мм, с точностью до 1% совпадающее с теоретическим. Отклонение же к югу у него получилось практически равным нулю: $\Delta l_s = +0,010 \pm 0,027$ мм. Однако это опровержение является только кажущимся. Действительно, отклонение к востоку происходит совсем по другому закону, чем к югу. На машине Атвуда восточное отклонение уменьшается только в два раза, отклонение же к югу, из-за того, что тело развязано только на $1/25$, должно по формуле (6) уменьшиться в 25 раз в сравнении с (19) и составлять: $\Delta l_s = +0,03$ – значение, совершенно не противоречащее результатам Хагена.

Высокая точность результатов Хагена в основном объясняется малыми скоростями падений. В опытах отклонения к югу уменьшение скорости возможно только путем уменьшения высоты падения тела. Поэтому для проверки существования отклонения к

югу в Пулковке нами был осуществлен опыт падения тела с высоты всего лишь 17 мм в воду. Падающее тело было специально изготовлено с тщательно выполненной осевой симметрией. Оно представляло собой тонкостенный латунный цилиндр диаметром и высотой около 4 см, внизу переходящий в сплошную полусферу того же диаметра. Сверху тело было закрыто легкой (алюминиевой) крышкой, со съемной цилиндрической головкой в центре, имевшей небольшое отверстие (диаметр порядка 0,1 мм). Через это отверстие проходил тонкий волос, на котором подвешивалось тело. Тело помещалось в центре стеклянного сосуда с водой диаметром около 40 см, закрытого прозрачной крышкой. Волос подвеса пропускался через небольшое центральное отверстие этой крышки, затем проходил по оси спирали большого сопротивления, служившей для пережигания волоса, и закреплялся подъемным зажимом. Спираль и зажим были установлены на крышке сосуда. В свободном состоянии тело имело устойчивую плавучесть, и ватерлиния проходила на 2 см ниже его верхнего края. При подъеме тела на высоту 17 мм, его вес уменьшался ровно в 2 раза. Включением тока можно было расплавить волос внутри спирали и осуществить падение тела без горизонтальных толчков. После падения тело колебалось строго вертикально с быстрым затуханием. Обозначим через l высоту подъема тела над ватерлинией. Отвлекаясь от затуханий:

$$\frac{d^2l}{dt^2} = -\alpha l; \quad l = l_0 \cos \sqrt{\alpha} t,$$

и, следовательно, для периода колебаний T получается

$$T = 2\pi/\sqrt{\alpha}.$$

Подставляя в эти выражения начальные данные

$$\frac{1}{2}g = \left(\frac{d^2l}{dt^2}\right)_0; \quad l_0 = 1,7,$$

находим: $\alpha = 3 \cdot 10^2$; $T = 0,4$ с.

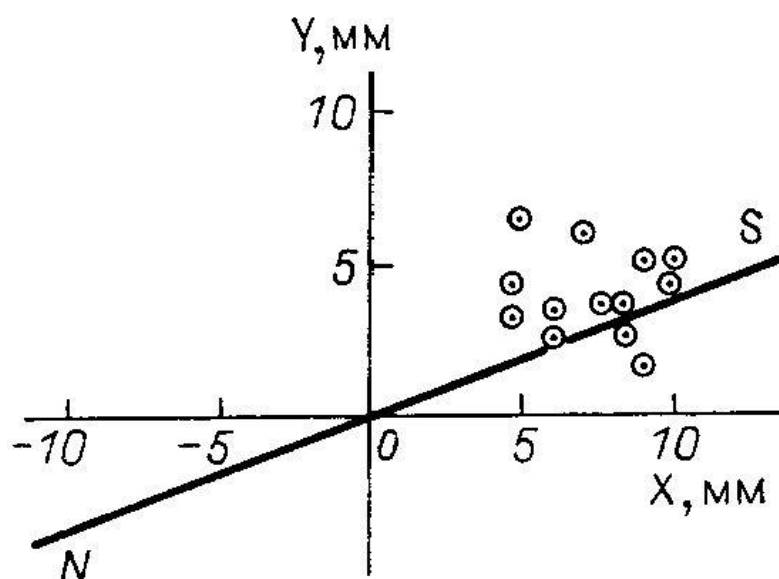
Наблюдения горизонтальных смещений тела после падения производились по перпендикулярным направлениям с помощью двух перископов, вставленных в крышку сосуда. Измерительные трубы помещались в другой комнате на значительном расстоянии от всей установки. Над крышкой сосуда была установлена маленькая электрическая лампа, которая давала вертикальный блик на цилиндрической головке тела. Наблюдение блика исключало ошибки, связанные с возможным вращением тела. Затухание горизонтальной скорости плавающего в воде тела происходит весьма медленно. Поэтому небольшая начальная скорость может привести к весьма ощутимому горизонтальному смещению. Наблюдения показали, что горизонтальная скорость нашего тела убывала по закону $v = v_0 l^{-t/t_0}$ при $t_0 = 120$ с. Таким образом, полное горизонтальное смещение равнялось расстоянию, которое прошло бы тело при равномерном движении за 2 минуты.

Постараемся теперь оценить величину ожидаемого смещения к югу. Ускорение к югу согласно (19) равно $3 \cdot 10^{-5}$ от фактического вертикального ускорения тела. Поэтому за полпериода, когда ускорение направлено вниз, тело должно приобрести скорость к югу:

$$v_s = 3 \cdot 10^{-5} \int_0^{T/2} \frac{d^2l}{dt^2} dt = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 2\sqrt{\alpha} l_0 = 2 \cdot 10^{-3}.$$

За другую половину периода действие тяжести, согласно второй формуле (6), остается неизменным и горизонтальная скорость тела измениться не может. Таким образом, за n периодов должно получиться горизонтальное смещение тела: $l_s = v_s t_0 n = 2,4$ мм. Если все колебания тела эквивалентны двум-трем незатухающим колебаниям, то смещение тела к югу должно составлять 5–7 мм.

Практическое осуществление этого опыта затруднялось конвекционными токами в воде. Помещая сосуд с телом внутри другого сосуда с водой, в свою очередь закрытого цилиндрическим экраном из блестящей жести, удалось свести скорость конвекционных токов до 0,1–0,2 мм/мин. Другая трудность заключалась в осуществлении симметричного зажима волоса без преимущественной плоскости натяжений. Возможность такой преимущественной плоскости была в значительной степени уменьшена. Все же для исключения этих ошибок опыты производились в различных азимутах путем поворота всей установки. После того как тело было подвешено, опыт производился через несколько часов. На фиг. 1 изображены результаты этих измерений полного смещения тела в воде после падения. Координатные оси (X и Y) были выбраны случайно в соответствии лишь с ориентацией помещения, в котором производились опыты. Центр полученного облака точек расположен действительно к югу на расстоянии 8–9 мм от точки подвеса, что хорошо согласуется с предсказанным результатом. Отклонение к востоку в этом опыте должно составлять только доли миллиметра. Поэтому полученное небольшое смещение к востоку должно быть результатом некоторой, не вполне исключенной систематической ошибки.



Фиг.1. Отклонение от отвеса окончательного положения тела после падения в воду с высоты 1,7 см.

На поверхности Земли преобразование обычной тяжести $A(p)$ в наблюдаемую тяжесть $A'(p)$ имеет вид:

$$A'(p) = A(p) + j\gamma(p)|A(p)|, \quad (20)$$

где $\gamma(p)$ представляет собой коэффициент порядка 10^{-5} , зависящий от полярного расстояния p и положительный в умеренных широтах обоих полушарий. Согласно выводу 8 главы III, этому преобразованию отвечает следующее преобразование реакций:

$$R' = R - j\gamma(p)|R|. \quad (21)$$

Формулы (20) и (21) являются результатом преобразования хода времени. Поэтому можно предположить, что и другие силы в связанных с поверхностью Земли системах будут видоизменяться соответственно этим формулам: упругие силы – аналогично реакциям по формуле (21), силы же инерции – аналогично тяжести по формуле (20). Справедливость этого предположения легче всего проверить по действию на систему периодических сил. Действительно, средние по времени этих сил \bar{A} и \bar{R} равны нулю, в то время как

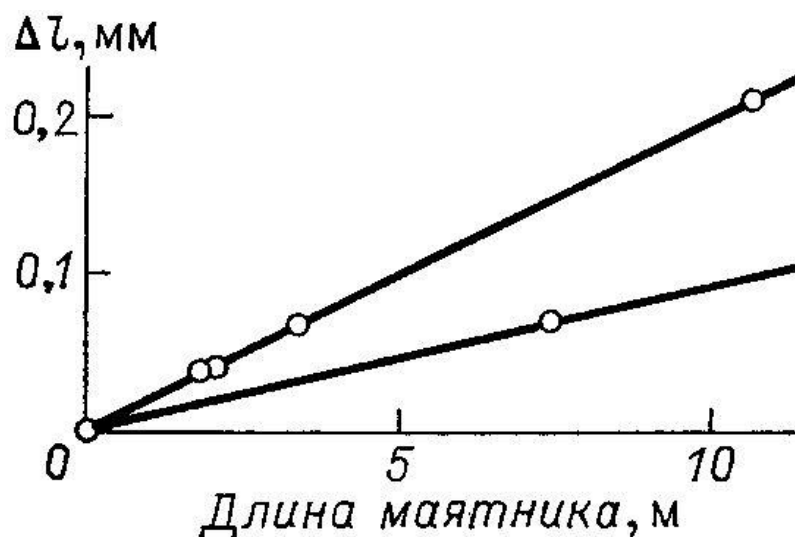
$$\bar{A}' = j\gamma(p)|\bar{A}|, \quad \bar{R}' = j\gamma(p)|\bar{R}|. \quad (22)$$

Например, при колебаниях системы в горизонтальной плоскости должен получиться сдвиг колеблющегося тела к северу. Для получения заметных сдвигов останавливаю-

щие тело силы должны нарастать с расстоянием очень постепенно. Вместе с тем периодически меняющиеся силы должны быть по возможности большими. Этим условиям будет удовлетворять длинный маятник, телу которого сообщаются значительные горизонтальные ускорения колебанием нити подвеса. В первоначальном варианте опыта симметричное тело маятника весом около 30 г. было подвешено с помощью нити толщиной порядка 0,1 мм и длиной 180 см (период 3 с) к железной пластинке, которую могли подтягивать по вертикали расположенные над ней электромагниты. Изменяя частоту тока, можно было создать любые вертикальные дрожания подвеса. При дрожаниях меняется натяжение нити, и подбором частот можно было осуществить явление параметрического резонанса, когда нить маятника превращалась в колеблющуюся струну с неподвижным и почти неподвижным концом. Колебания параметрического резонанса были не поляризованы, и нить имела вид вполне симметричного веретена. Резонанс осуществлялся на различных частотах, например при частотах около 90 Гц, расстояние между узлами получилось порядка 60 см при полной амплитуде в пучности около 7 мм. Таким образом, горизонтальные силы, приложенные к телу маятника, получались порядка нескольких процентов веса. Оказалось, что маятник можно в плоскости меридиана раскачать или остановить, осуществляя включением тока на короткое время параметрический резонанс при прохождении маятника около положения равновесия. Этот же эффект получался при постоянном дрожании подвеса переходами от нерезонансной частоты к резонансу. За 50 последовательных включений тока, когда маятник двигался к северу, получалось полное раскачивание в 1 мм. Остановка же при этой начальной амплитуде получалась за 15–20 включений тока при движении маятника к югу. Отсюда можно заключить, что при наличии горизонтальных составляющих напряжения нити на маятник действует некоторая дополнительная сила, направленная к северу. Оказалось, что действие этой силы можно наблюдать непосредственно. Действительно, при длительных включениях тока, т.е. при постоянном параметрическом возбуждении, среднее положение маятника сдвигалось к северу на величину около 0,04 мм от его положения в покое или при отсутствии резонанса. Таким образом, величина этой дополнительной силы, действующей к северу, получилась равной $2 \cdot 10^{-5}$ g.

Этот опыт должен дать величину $\gamma_N(p)$ горизонтальной проекции вектора $j\gamma(p)$ согласно формуле (22). Правильный по порядку результат получится, если в формуле (22) принимать для $|\bar{A}|$ полное значение тяжести $A(p)$. Таким образом, горизонтальные силы, действующие на тело при параметрическом резонансе, только возбуждают переход в другое равновесное состояние, в котором на маятник действует не сила веса $A'(p)$, а сила $A''(p)$ с удвоенным коэффициентом $\gamma(p)$. Правильность этого заключения была проверена на маятниках длиной 3,30 м и 10,60 м. С помощью узкой щели можно было получать колебания, поляризованные в определенной плоскости. Оказалось, что переход в возбуждённое состояние $A''(p)$ осуществляется только с помощью горизонтальных сил, действующих в плоскости меридиана. Поворачивая плоскость поляризации, при достаточно большой амплитуде колебаний можно было найти критический угол, при котором эффект то появлялся, то исчезал. Дальнейшее увеличение проекции колебаний на плоскости меридиана не изменяло достигнутого состояния $A''(p)$. Переход в состояние $A''(p)$ всегда происходил скачком, как только проекция горизонтальных ускорений на плоскость меридиана достигала нескольких процентов g. Появление эффекта совершенно не зависело от частоты резонанса, т.е. от числа узлов на нити маятника. Смещение к северу тела маятника длиной 10,6 м составляло в Пулковке 0,21 мм. Как видно из фиг. 2, линейный эффект строго пропорционален длине маятника. С увеличением широты места наблюдений следовало ожидать значительного уменьшения $\gamma_N(p)$, во-первых, из-за уменьшения горизонтальной проекции, во-вторых, из-за резкого уменьшения вектора $j\gamma(p)$, величина которого должна проходить через нуль в высоких широтах. Действительно, опыты в г. Кировске (Полярно-альпийский Ботанический сад Академии наук, $\varphi = 67^\circ 39'$) показали уменьшение $\gamma_N(p)$ более чем в два раза в сравнении с Пулковом $\varphi = 59^\circ 46'$ (см. фиг. 2). При наблюдении этого малого эффекта в Кировске оказалось, что при очень больших колебаниях

нити маятник может перейти в следующее возбужденное состояние $A'''(p)$, с утроенным коэффициентом $\gamma(p)$.

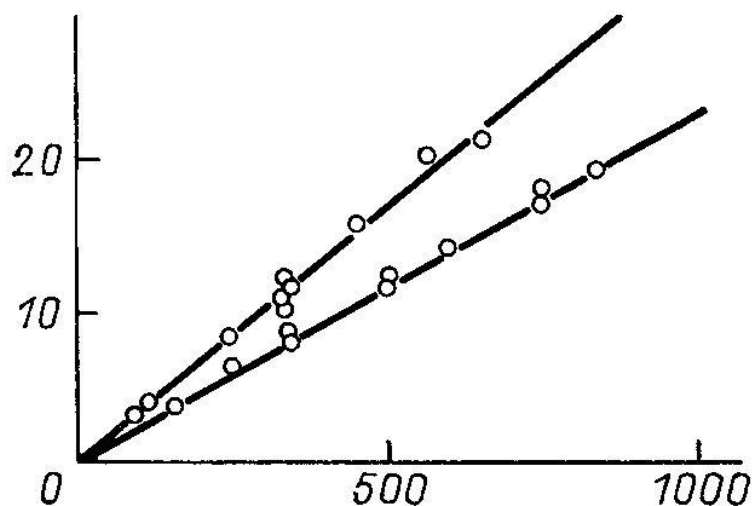


Фиг. 1 Линейное смещение маятника при вибрациях в зависимости от длины маятника. Верхняя прямая соответствует наблюдениям в Пулкове ($\varphi = 59^{\circ}46'$), нижняя – в Ботаническом саду г. Кировска ($\varphi = 67^{\circ}39'$).

Изучаемые силы направлены по оси вращения Земли. Поэтому в умеренных широтах северного полушария должны наблюдаться вертикальные проекции, направленные вверх, которые можно пытаться получить при вибрациях системы с вертикальной степенью свободы. Простейшей системой такого рода являются рычажные весы. Допустим, что на одном конце коромысла весов подвешен груз на жестком подвесе, который может передать грузу вибрации коромысла. Другой же, уравновешивающий груз, подвешен с помощью резиновых амортизаторов, гасящих колебания. Тогда при вибрации весов можно будет наблюдать уменьшение веса вибрирующего груза. В произведенных опытах опора коромысла весов была охвачена специальной скобкой, которая гибким тросом соединялась с расположенным над весами электромагнитным реле. Обычно в весах существуют направляющие для вертикального перемещения опоры коромысла при арретировании весов. Благодаря этим направляющим получались вертикальные колебания коромысла без боковых раскачиваний. Подавая на реле переменный ток от звукового генератора, можно было вызвать вибрации любой частоты, не нарушая качества показаний весов. Все же эти опыты следует производить на весах малой чувствительности (технические, второго класса), у которых ребра призм соприкасаются с площадками, имеющими форму крышек.

Опыты с весами показали, что облегчение жестко подвешенного груза, как и смещение в опытах с маятником, происходит скачком, начиная с некоторой амплитуды вибраций. Приходится подбирать оптимальную амплитуду, при которой получается эффект, но не расстраиваются весы. При многократных взвешиваниях удалось измерять облегчение груза с точностью до нескольких десятых миллиграмма. На фиг. 3 изображены результаты этих опытов, произведенных в Пулкове и в Ботаническом саду г. Кировска. Как это следует из наших формул, облегчение груза оказалось пропорциональным его весу. Угловым коэффициентом этих графиков дает $\gamma_z(p)$ т.е. вертикальную проекцию вектора $j\gamma(p)$. С помощью этих значений и значений горизонтальных составляющих фиг. 2, можно определить φ' – угол наклона вектора $j\gamma(p)$ к горизонту:

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{\gamma_z}{\gamma_N}. \quad (23)$$



Фиг. 2. Облегчение груза при вибрациях в зависимости от его веса. Верхняя прямая соответствует наблюдениям в Пулковке ($\varphi = 59^{\circ}46'$), нижняя – в Ботаническом саду г. Кировска ($\varphi = 67^{\circ}39'$).

В табл. IV приведены результаты всех произведенных измерений:

Таблица IV

Место	Широта	$\gamma_Z(p) \cdot 10^5$	$\gamma_N(p) \cdot 10^5$	$\gamma(p) \cdot 10^5$	φ'
Пулковко	$59^{\circ}46'$	3,40	2,00	3,96	$59^{\circ}32'$
Кировск	$67^{\circ}39'$	2,32	0,93	2,50	$67^{\circ}58'$

Из этой таблицы видно, насколько хорошо угол φ' совпадает с широтой места наблюдений. Этот результат убедительно показывает, что наблюдаемые в опытах с вибрациями силы действительно равны дополнительным асимметричным силам тяжести, действующим на поверхности Земли. Таким образом, оказался найденным весьма простой способ непосредственного измерения сил, вызывающих асимметрию Земли. Экстраполируя данные табл. IV, можно оценить критическую широту φ_0 , на которой исчезают асимметричные силы: $\varphi_0 = 73^{\circ}$ ($P_0 = 17^{\circ}$). Тогда из формулы (17) получается: $k = 0,66 = 2/3$ м; согласно уравнениям (16) и (14), фигура Земли должна описываться формулой

$$r = a[1 - \varepsilon \cos^2 p - \eta(3 \cos^3 p - 2 \cos^5 p)]. \quad (24)$$

Весьма знаменательно, что полученная нами критическая параллель соответствует в северном полушарии границе материков и началу впадины Ледовитого океана, а в южном полушарии, наоборот, параллели поднятия материка Антарктики.

В области от критической широты до полюса асимметричные силы меняют знак, поэтому на весах должно наблюдаться утяжеление вибрирующего груза. Это утяжеление будет на полюсе достигать наибольшего значения порядка абсолютного значения вектора $j\gamma(p)$ умеренных широт. Таким образом, в полярных областях следует ожидать изменения утяжелений груза в 1 кг около 0,2–0,3 мг на 5° широты. Весьма вероятно, что этим путем можно осуществить практически полезное определение широт в полярных странах. Для изучения асимметричных сил желательно получить возможно большее число измерений $\gamma(p)$ по всей поверхности Земли. Помимо закономерного изменения сил $\gamma(p)$ с широтой можно ожидать и некоторых долготных изменений, которые позволят установить существование в Земле глубинных неоднородностей.

Отклонение маятника и коромысла весов при вибрациях наглядно показывают справедливость вывода 9 предыдущей главы о возможности изменения момента вращения системы силами хода времени. Одна из сил, составляющих пару, приложена к вибрирующему грузу, другая же сила, как показывает опыт, приложена к источнику вибраций.

Иными словами, дополнительные силы являются внутренними по отношению к системе вибратор-груз. Действительно, подвешивая на весы любым образом всю систему вибратор-груз, можно убедиться, что в этом случае при различном характере вибраций никакого изменения показаний весов не происходит.

Сейчас мы не будем искать теоретического объяснения наблюдаемых эффектов. Дело в том, что опыты с гироскопами, которые будут изложены в следующей главе, показывают аналогичные эффекты с новыми особенностями. Поэтому целесообразно провести теоретический анализ после описания всех опытов, учитывая совокупность результатов.

Независимо от теоретического объяснения опыты с вибрациями грузов показывают, что при некоторых обстоятельствах на движущиеся, но связанные с Землей массы действуют асимметричные силы, в два или несколько раз больше сил, действующих на покоящиеся массы Земли. Поэтому для масс, находящихся в движении, поверхность Земли не будет уровенной поверхностью и должно наблюдаться в умеренных широтах обоих полушарий преимущественное перемещение этих масс к северу. В атмосфере планеты следует ожидать существования особой циркуляции – перемещения воздушных масс тропосферы к северу с противотоком к югу в верхних слоях. Такая циркуляция приведет к различию климатов обоих полушарий планет, причем северное полушарие станет теплее южного.

Указанное различие климатов обоих полушарий планет действительно существует. На Земле средняя годовая температура южного полушария на 3° меньше температуры северного полушария. В результате температурный экватор оказывается смещенным на 10° к северу по отношению к географическому. Такое большое различие климатов едва ли можно объяснить эксцентриситетом земной орбиты. Для Марса, как и для Земли, южное полушарие холоднее северного. Об этом свидетельствует значительно большее развитие южной полярной шапки Марса в сравнении с северной. Для Марса этот эффект в значительной степени может получаться из-за большого эксцентриситета орбиты Марса: зима южного полушария приходится на афелий и должна быть значительно холоднее и продолжительней, чем в северном полушарии. Однако весьма знаменательно, что и для Венеры при круговой орбите наблюдается тот же эффект усиления светлых пятен вблизи южного полюса по сравнению с северным. Следует заметить, что в настоящее время не существует точных данных о направлении вращения Венеры. Скорее всего, Венера вращается в обычную сторону, как и другие планеты. Подтверждением этого может служить одно косвенное обстоятельство. Из наблюдений автора над свечением ночного неба Венеры можно заключить, что это свечение несколько больше при утренних элонгациях, чем при вечерних. Естественно считать, что свечение неба должно быть сильнее на вечерней стороне Венеры, которая будет наблюдаться при утренних элонгациях в случае прямого вращения. По-видимому, и для Солнца имеется такая же асимметрия температур полушарий. Произведенные Миннаэртом спектрофотометрические измерения температур поверхности солнца [11] показали, что южный полюс Солнца на 4° холоднее северного. Климатическое различие полушарий Солнца подчеркивается еще и тем, что в южном полушарии пятна появляются несколько чаще, чем в северном. Для планет атмосферная циркуляция к северу переносит больше тепла в северное полушарие, в основном из-за перемещения нагретых в тропиках масс воздуха. На Солнце тот же эффект получится из-за возможного смещения к северу токов, выносящих в области конвективной неустойчивости больше тепла. Геометрическая асимметрия фигуры Солнца никогда не измерялась. При линейной скорости вращения Солнца на экваторе $u = 2$ км/с следует ожидать асимметрию в угловой мере около $1''$. Поэтому, несмотря на технические трудности, такие измерения могли бы дать определенный результат.

Одновременно с силами, сдвигающими воздушные массы к северу, должны существовать противоположно направленные силы, приложенные к поверхности Земли. Эти силы могут вызвать смещения к югу поверхностных вод океанов. Из-за сложности и изменчивости течений верхних слоев воды преимущественность движений к югу едва ли

можно заметить. Но неизбежное движение к северу глубинного противотока можно обнаружить по проникновению к северу южных полярных вод. Такое передвижение глубинных вод, видимо, действительно существует в Атлантическом и в Тихом океанах.

Изложенное в этой главе показывает, что многие и разнообразные явления на Земле вызываются асимметричными силами хода времени. Поэтому экспериментальное и теоретическое развитие причинной механики должно представлять большой интерес для наук, изучающих Землю.

**ЛАБОРАТОРНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ
ЯВЛЕНИЙ ПРИЧИННОЙ МЕХАНИКИ**

В третьей главе были упомянуты опыты, из которых можно заключить, что закон сохранения импульса выполняется и в причинной механике. Эти опыты являются основными, поэтому их следует подробно описать, несмотря на то, что в них не обнаруживаются новые эффекты, подтверждающие причинную механику.

Первый основной опыт: взвешивание волчка на рычажных весах. Первые взвешивания были выполнены нами в Лаборатории мер массы Всесоюзного Института Метрологии в 1951 г. Взвешивались волчки различных типов: 1) со свинцовым ротором диаметром $D = 4,6$ см и весом Q от 70 до 90 г, 2) с латунным ротором: $D = 4,6$ см, $Q = 72$ г; $D = 7,2$ см, $Q = 180$ г; $D = 4,6$ см, $Q = 284$ г. Волчки приводились во вращение рукой с помощью нити, намотанной на ось. Для легких волчков получались скорости вращения около 200–300 об/с и около 100–150 об/с для тяжелых. Вращение по инерции продолжалось от 15 до 40 мин в зависимости от качества изготовления волчка. Приведенный во вращение волчок помещался в легкую герметически закрытую коробку. Таким путем совершенно исключалось влияние воздушных токов на взвешивание. Точность взвешивания удалось довести до 0,1–0,2 мг. Эти опыты показали, что сила, действующая на весы, при скоростях 30–40 м/сек не меняется при вращении с точностью до одной миллионной.

Основной недостаток взвешивания тел, вращающихся по инерции, заключается в неизбежном скручивании подвесов и коромысла весов. Действительно, останавливающийся волчок в силу закона сохранения момента вращения должен передать свой момент Земле через стойку весов. Для полного устранения скручивания весов необходимо скорость волчка держать неизменной. Поэтому в дальнейших опытах взвешивался гироскоп, взятый из авиационного гирокомпаса ($Q = 250$ г, $D = 4$ см), скорость которого поддерживалась переменным трехфазным током с частотой 500–600 Гц. С этой же частотой происходило вращение ротора гироскопа. Несмотря на значительную силу тока (около 0,5 А), оказалось возможным подводить ток к подвешенному на весах гироскопу с помощью трех очень тонких проводов, предварительно отоженных для уменьшения их упругости. Потеря чувствительности весов из-за этих проволок оказалась незначительной. Цена деления весов без проволок была 8 мг, с проволоками – 10 мг. Таким образом, при линейных скоростях вращения около 70 м/сек, взвешивание удалось выполнить с точностью до 1 мг. Никаких изменений показаний весов не было обнаружено и при этих опытах.

Второй основной опыт: взвешивание подвижного волчка. В этих опытах волчок по-прежнему помещался в легкой закрытой герметической коробке. Коробка подвешивалась к железной пластинке, которую притягивали электромагниты, скрепленные с некоторым массивным телом. Вся эта система подвешивалась на весах с помощью эластичного, пружинного подвеса. Ток к электромагнитам подводился способом, описанным в предыдущем опыте. Система прерывания тока установлена отдельно от весов. При разрыве цепи волчок падал под действием тяжести до ограничителя, скрепленного с электромагнитами. Амплитуда этих падений и последующих подъемов могла достигать 2 мм. Взвешивание производилось при разных направлениях вращения волчка, при разных амплитудах и при частоте колебаний от нескольких единиц до сотен герц. Кроме того, опыты были произведены при разных значениях неподвижной массы, входившей в подвешенную систему. Для вращающегося волчка, как и для неподвижного, показания весов при бросаниях и подъемах волчка оказались неизменными. Можно считать, что эти опыты достаточно точно обосновывают наше теоретическое заключение о сохранении импульса в причинной механике.

При выполнении описанных опытов оказалось, что в случае вибрации весов иногда наблюдаются эффекты, которые несомненно связаны с ролью направления вращения в механике. Подвешенный на жестком подвесе волчок мог передавать свои вибрации коро-

мыслу весов. При некоторой регулировке волчка в подшипниках, т.е. при некотором характере вибраций коромысла, наблюдалось уменьшение показаний весов (действия волчка на весы) только при вращении волчка против часовой стрелки, если смотреть по направлению силы тяжести. При вращении по часовой стрелке в тех же условиях изменений показаний весов почти не наблюдалось. Условия, при которых появлялись эти эффекты, не удавалось воспроизводить по желанию. Необходимый для этого режим устанавливался случайными обстоятельствами. Этот режим колебаний сопровождался характерным звуком. При этих условиях опыты могли быть повторены много раз и давали одинаковые результаты. Затем ничтожные обстоятельства нарушали необходимый режим, и весы в соответствии с первым основным опытом переставали менять показания. Опыты производились с волчками в упорных подшипниках, вращавшимися по инерции. Эти волчки и их взвешивание описаны в начале настоящей главы. При вращении против часовой стрелки волчка $D = 4,6$ см, $Q = 90$ г и $u = 25$ м/с, получалось облегчение $\Delta Q = -8$ мг. При вращении по часовой стрелке всегда оказывалось $\Delta Q = 0$. При горизонтальном положении оси в любом азимуте наблюдалось облегчение промежуточного значения: $\Delta Q = -4$ мг. Этот на первый взгляд странный результат объясняется сложением эффекта вращения волчка и эффекта вращения Земли, благодаря которому уменьшается вес всякого вибрирующего тела. Действительно, полный вес волчка с оправой равнялся 120 г, а из табл. IV следует, что для Пулково облегчение такого груза из-за вращения Земли должно составлять как раз -4 мг. Таким образом, сам эффект вращения ротора получается совершенно симметричным и равным ± 4 мг. По-видимому, при соответствующих дрожаниях коромысла происходило разделение дополнительных сил хода времени, действующих в разные стороны. На волчок остается действие только силы, уменьшающей вес, а сила обратного направления, приложенная при спокойном коромысле к точке подвеса, оказывается приложенной к точке опоры коромысла на стойке весов. В результате уменьшение веса не компенсируется на подвесе, и происходит отклонение стрелки весов. Согласно формуле (10):

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{u}{c_2}. \quad (25)$$

Отсюда с помощью приведенных данных получается $c_2 = 550$ км/с. Поскольку направление дополнительных сил в опыте соответствует формулировке 8 из главы III, заключаем, что постоянная c_2 действительно положительна в левой системе координат. Этот результат по знаку и величине совпадает со сделанной в главе IV оценкой c_2 , полученной из асимметрии фигур планет. Планеты и волчок столь резко отличаются размерами и угловыми скоростями вращений, что равенство вызванных ими эффектов само по себе является прекрасным доказательством пропорциональности сил хода времени линейным скоростям вращений.

При описанных опытах взвешивания волчков наблюдалось уменьшение ΔQ с добавлением к волчку невращающейся нагрузки. Скорее всего в этом эффекте нет ничего принципиально нового и он просто связан с изменением режима вибраций весов при дополнительной нагрузке. Во всяком случае, это показывает, что в подобных опытах надо избегать лишнего утяжеления волчка.

Кроме опытов со взвешиванием нами был исследован вопрос о возможности отклонения подвешенного волчка с горизонтальной осью от линии подвеса. Как и в основных опытах с весами, при спокойном режиме не наблюдалось никакого отклонения линии подвеса волчка при его вращении. Однако при специальном режиме, когда дрожания волчка передавались в точку подвеса, наблюдался сдвиг линии подвеса от вертикали в сторону, откуда вращение казалось происходящим против часовой стрелки. Этот эффект при длине нити, равной 2 м, и при скорости вращения $u = 25$ м/с составлял 0,07 мм. Таким образом, отношение горизонтальной силы к полному весу тела составляло $3,5 \cdot 10^{-5}$. Интересующее нас отношение ΔQ к весу ротора Q получается умножением найденной ве-

личины на $(a + Q)/Q$, где a – вес оправы. Для волчка в опыте $Q = 70$ г и $a = 30$ г; поэтому $\Delta Q/Q = 5,0 \cdot 10^{-5}$ и по формуле (25) находим: $c_2 = 500$ км/с. Важно отметить, что при расположении оси волчка в плоскости меридиана наблюдалось наложение на собственное смещение волчка дополнительного смещения к северу из-за горизонтальной проекции эффекта вращения Земли при вибрации груза.

Описанные опыты с несомненностью устанавливают существование эффектов причинной механики, связанных с направлением вращения. Однако существенным недостатком этих опытов является невозможность простого воспроизведения необходимого режима вибраций. Поэтому желательно перейти к таким опытам, при которых была бы доступной регулировка источника вибраций. Для этого вибратор должен быть независимым от ротора и связанным с невращающимися частями системы. Поэтому дальнейшие опыты были поставлены точно таким образом, как описанные в главе IV опыты вибрации грузов для выяснения эффектов вращения Земли: на маятнике осуществлялась вибрация точки подвеса, а на весах – вибрация опорной площадки коромысла весов. В этих опытах был использован гироскоп авиационной автоматики со следующими характеристиками: $D = 4,2$ см, $Q = 250$ г, при весе оправы $a = 150$ г. Ток к этому гироскопу подводился методом, описанным в начале этой главы, и наблюдения производились при неизменной скорости вращения. Эти опыты сразу выяснили весьма существенное обстоятельство. Коль скоро источник вибраций оказался связанным с неподвижными частями системы, все эффекты переменяли знак: на волчок стали действовать по его оси дополнительные силы в сторону, откуда вращение кажется происходящим по часовой стрелке.

В опытах по отклонению подвешенного гироскопа с горизонтальной осью от линии отвеса гироскоп на стальной проволоке диаметром 0,15 мм и длиной 3,30 м был подвешен к пластинке прочно укрепленного вибратора. Оказалось, что для получения отклонения среднего положения такого маятника от отвеса необходимо соблюдение условий, во всем подобных условиям получения эффектов вращения Земли. Отклонение гироскопа в направлении его оси получалось только при параметрическом резонансе, когда проекция на направление оси гироскопа приложенных к нему горизонтальных сил, достигала некоторого критического значения того же порядка, как и в опытах с эффектами вращения Земли. Отклонение от отвеса всегда происходило скачком и сохраняло определенное значение, не зависящее от дальнейшего увеличения проекции амплитуды вибраций проволоки. В случае, когда ось гироскопа располагалась по меридиану, отчетливо выступало сложение эффектов волчка и Земли. Например, при 300 об/с и при положении вектора вращения волчка j к югу получалось отклонение 0,18 мм; при противоположном же расположении оси вращения эффект составлял только 0,05 мм. В таблице V приведена сводка многочисленных измерений линейных смещений гироскопа по отношению к отвесу, исправленных за эффект вращения Земли.

Т а б л и ц а V

Угловая скорость, об/с	Линейная скорость вращения, м/с	Линейное отклонение от отвеса, мм
200	26	0,08
300	40	0,12
400	53	0,16

Из этой таблицы видно, что эффект действительно пропорционален скорости вращения. Отношение ΔQ к полному весу гироскопа, приведенное к скорости $u = 40$ м/с, составляет $3,6 \cdot 10^{-5}$. Для получения отношения $\Delta Q/Q$ необходимо приведенное выше значение исправить за вес оправы умножением на $(Q + a)/Q$. Специальными опытами, при которых нарочито увеличивался вес оправы, было показано, что такое исправление действительно необходимо. В результате при $u = 40$ м/с $\Delta Q/Q = 5,7 \cdot 10^{-5}$, а следовательно $c_2 = 700$ км/с.

Важно отметить, что для получения эффектов с гироскопом необходимо принимать

некоторые специальные меры, которые несущественны для получения эффектов вращения Земли. Оказалось, что эффект гироскопа совершенно исчезает, когда вибратор установлен непрочно, т.е. когда он может приводить в колебание некоторые невращающиеся части системы. Эффект же вращения Земли при этом остается.

Опыты на весах показали, что можно подобрать такой режим вибраций коромысла весов, когда наступает облегчение гироскопа при вращении по часовой стрелке и его утяжеление при вращении против часовой стрелки с точки зрения наблюдателя, смотрящего сверху. Для нашего гироскопа, при 300 об/с, эффект в одну сторону составлял 15 мг. Таким образом $\Delta Q/Q = 6,0 \cdot 10^{-5}$ ($u = 40$ м/с), откуда по формуле (25) находим $c_2 = 670$ км/с, в прекрасном согласии с результатом, полученным из горизонтальных смещений. Очевидно, коэффициент α в формуле (4), определяющий величину c_2 , имеет значение, близкое к $\alpha = 2$. Необходимо отметить, что те же эффекты по величине и по знаку можно получить с вибратором, расположенным не отдельно от весов, а на противоположном конце коромысла весов в качестве уравнивающего груза. Отсюда следует, что роль источника вибраций в этих опытах играет точка опоры призмы коромысла весов. Как и в опытах с отвесом, для получения эффекта с гироскопом на весах требуются более специальные условия, чем для обнаружения эффекта вращения Земли. При взвешивании гироскопов, несмотря на большое число опытов, не удалось даже точно установить условий, при которых обязательно должен получаться эффект.

Из опытов с вибрациями грузов на поверхности Земли и с вибрациями гироскопов можно сделать интересные выводы, приближающие нас к лучшему пониманию смысла причинных связей и хода времени. В опытах обоих типов изучается причинно-следственная связь в двух точках: опора и центр тяжести тела. При отсутствии вибраций ось гироскопа, где лежит его центр тяжести, и опора находятся в обычной причинно-следственной связи, которая определяется псевдовектором $+ic_2$ для действия причины. На Земле происходит то же самое: хотя на груз и действует дополнительная сила, возникшая из-за относительных вращений внутри Земли, она будет действовать на опору, как и всякая другая сила, с ходом времени $+ic_2$. Из наших опытов видно, что благодаря вибрациям у системы «опора–тело» появляется дополнительный ход времени вращений. Это можно понять следующим образом: проекция горизонтальных усилий на направление оси вращений, как и всякая сила, выявляет ход времени по направлению ее действия. Поэтому возникающая при вибрациях, направленных по оси вращения, причинно-следственная связь будет действовать с дополнительным ходом времени вращений. Раз возникший, такой ход времени будет определять уже все причинно-следственные связи системы «опора–тело». Поэтому и вес тела будет действовать с дополнительным ходом времени, что приведет по формулам (8) – (10) к дополнительным силам, пропорциональным весу. В опытах мы имели дело с вынужденными вибрациями, которые поддерживались источником, находившимся либо в самом теле (собственные вибрации волчка), либо в точке опоры, скрепленной с вибратором.

Разберем первый случай, когда причина вибраций связана с самим телом. В опытах с гироскопом проекция горизонтальных усилий устанавливает для причины-следствия ход времени $(ic_2 + ju)$, поскольку причина вибраций находится во вращении ju по отношению к следствию. После установления этого хода времени вес гироскопа по формуле (10) изменится на величину $-j(u/c_2)|Q|$ или $+j(u/c_2)|Q|$, если считать все коэффициенты положительными. Это изменение веса будет сопровождаться противодействием в другой точке системы «опора–тело», т.е. на опоре коромысла весов или в точке подвеса маятника. В опытах с вибрациями груза для обнаружения эффектов вращения Земли ход времени для действия причины станет равным $ic_2 + j\gamma(p)$, что изменит вес груза A на величину $j\gamma(p)|A|$.

Во втором случае, когда причина вибраций связана с точкой опоры в опыте с гироскопом, вибрации установят ход времени $(ic_2 - ju)$ между опорой и гироскопом. Действительно, в этом случае причина вращается относительно следствия со скоростью $-ju$. Этот

ход времени приведет к изменению всякой причины, а следовательно, и к изменению веса на величину $-j(u/c_2)|Q|$, если считать в этом выражении все коэффициенты положительными. Получается дополнительная сила, действующая на гироскоп в сторону, откуда вращение кажется происходящим по часовой стрелке. Эффект становится противоположным эффекту первого случая, как это и наблюдалось на самом деле. Для эффектов вращения Земли перемены знака не будет. Ход времени для действия причины будет по-прежнему, $ic_2 + j\gamma(p)$, ибо для Земли независимо от положения источников вибраций причины всегда связаны с инерцией груза или его весом, а следствия с силами упругости.

Из того обстоятельства, что эффект гироскопа меняет знак при переносе источника вибраций, а эффект Земли не меняется, следует большая устойчивость эффекта Земли. Поэтому для его воспроизведения не требуется таких чистых условий, как в опытах с гироскопом. Зато в опытах с гироскопом можно из наблюдений над отклонением весов и маятника заключить о положении источника вибрации. Эта возможность разыскания причины является характерной и весьма важной особенностью причинной механики.

Дополнительные силы, возбужденные вибрацией, будут действовать, как самые обычные силы. Поэтому система может иметь и с этими силами обычный ход времени ic_2 . Представляется возможным, что дальнейшее увеличение вибраций приведет систему с дополнительными силами опять к ходу времени вращений. В результате появится еще такая дополнительная сила и т.д. Поэтому в опытах с вибрациями можно ожидать появления сил:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для гироскопов } \Delta Q = \pm jn \frac{u}{c_2} |Q|, \\ \text{для Земли } \Delta A = +jn\gamma(p) |A|, \end{array} \right\} \quad (26)$$

где n – любое целое положительное число. Как было упомянуто в предыдущей главе, иногда в опытах с вибрациями, по-видимому, удавалось наблюдать состояние, соответствующее $n = 2$.

Произведенные опыты выясняют весьма важное обстоятельство, заключающееся в том, что дополнительный ход времени вращающихся тел не есть просто относительное вращение. Дополнительный ход времени появляется из-за относительных вращений, но, раз возникнув, он проявляет себя независимо от состояния относительных вращений в других причинных связях. Действительно, в опытах с эффектом вращения Земли относительного вращения между телом и опорой просто не существует. В опытах же с гироскопом при вибрации опоры вращение гироскопа, с точки зрения причинной связи «вес–силы упругости», происходит в сторону, противоположную ходу времени, установившемуся благодаря вибрациям. Для выявления хода времени достаточно ничтожных обстоятельств (малых усилий в направлении оси вращений), после чего измененный ход времени может создать заметные дополнительные силы к имевшимся в системе большим силам. Эти обстоятельства и дискретность состояний, описываемая формулой (26), совершенно необычны для классической механики, но они характерны для механики атома. Появление такого типа поправок к классической механике можно было предвидеть, ибо причинная механика должна включать в себя, как два крайних случая, классическую механику и механику атома.

Приведенное выше объяснение опытов с вибрациями тел является лишь приближенным и требует еще большей разработки в деталях. Можно надеяться, что дальнейшие опыты в этом направлении помогут найти настоящее, исчерпывающее понимание явлений в причинных связях. Как видно из всего изложения, вопрос этот очень глубокий и настоящая работа является только самым началом исследований в этой обширной области знаний.

Заканчивая описание произведенных опытов, автор считает своим приятным долгом выразить свою глубокую признательность В.Г. Лабейшу за большое и инициативное участие в осуществлении большинства опытов настоящей работы и Л.А. Сухареву за многие ценные советы, которыми мы постоянно пользовались при этих исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механика является фундаментом, на котором основано все здание точных наук. Вместе с тем теоретическая механика разработана только для двух крайних абстрактных случаев: 1) механика Ньютона–Эйнштейна, отвечающая Миру с бесконечным ходом времени ($c_2 = \infty$) и 2) атомная механика, которая является некоторым представлением механики Мира с нулевым ходом времени ($c_2 = 0$). В реальном же Мире, как показывает изложенный в настоящей работе опытный и теоретический материал, ход времени c_2 является конечной величиной. Поэтому точные науки, развиваемые дедуктивно без учета конечности хода времени, не могут дать настоящего представления о Мире. Естественные же науки, развиваемые в основном индуктивно и без строгой точности выводов, дают зато более полное представление о возможностях, существующих в Мире. Этот разрыв между естествознанием и точными науками должен исчезнуть, коль скоро точные науки станут опираться на механику, в которой учитываются конечность хода времени и другие возможные свойства причинности.

Механика Ньютона–Эйнштейна и атомная механика приводят к первому и второму началам термодинамики. Поэтому в Мирах, отвечающих этим механикам, возможны только процессы, при которых происходит возрастание энтропий, ведущее к тепловой смерти. Реальный же Мир, благодаря конечности хода времени c_2 , имеет своеобразные свойства. Этот Мир может бороться со смертью противоположными процессами, которые могут быть названы процессами жизни, если употреблять это слово в самом широком его смысле.

Мы не располагаем еще достаточными данными, чтобы провести строгий анализ возможности таких процессов в Мире с конечным c_2 . Но принципиальная возможность сопротивления возрастанию энтропии вытекает уже из ряда выводов, полученных в настоящей работе. Действительно, вращение взаимодействующих тел при конечном c_2 приводит к возникновению дополнительных сил, а следовательно, и дополнительной энергии. В системе, близкой к равновесию, случайные изменения относительных вращений в ее различных частях могут вести только к увеличению полной энергии. Поэтому может оказаться невозможным успокоение системы, т.е. исчезновение кинетических энергий ее отдельных частей. В результате система, находящаяся вблизи равновесия, станет машиной, производящей энергию. Такого рода системами, вероятно, и являются звезды.

Возможность использования хода времени, т.е. неравноценности прошедшего и будущего, для получения работы является интересным, но не главным следствием причинной механики. На примере опытов с вибрациями гироскопов мы видели, что весьма малые воздействия вибраций могут устанавливать в системе вращающихся тел дополнительные причинно-следственные отношения, вызывающие заметные механические эффекты. Эта возможность вмешиваться в существующие причинно-следственные отношения означает, что можно овладеть течением времени с тем, чтобы усиливать процессы, действующие против возрастания энтропии, т.е. процессы жизни. Наблюдавшиеся в описанных опытах явления дают только некоторый намек на то, что сказанное является не пустой мечтой, а имеет основание в действительности. Конкретное овладение временем, разумеется, станет возможным только после тщательного изучения его свойств. Настоящая работа показывает, что такое изучение времени вполне возможно методами обычных физических экспериментов.

Указатель литературы

1. Козырев Н. А. [Источники звездной энергии и теория внутреннего строения звезд](#) // Известия Крымской астрофизической обсерватории, 1948, т.2, с.3-43.
2. Козырев Н. А. [Теория внутреннего строения звезд и источники звездной энергии](#) // Известия Крымской астрофизической обсерватории, 1951, т.6, с.54-83.
3. Козырев Н. А. [О внутреннем строении больших планет](#) // Доклады АН СССР, 1951, т.79, №2, с.217-220.
4. Хабаров А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. М., 1949, 195с.
5. Козырев Н. А. [Возможная асимметрия в фигурах планет](#) // Доклады АН СССР, 1950, т.70, №3, с.389-392.
6. Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. II. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы. М.-Л., 1939, с.31.
7. Gauss C. F. Theoria residuorum biquadraticorum, commentatio secunda // Göttingische Gelehrte Anzeigen. 1831. Bd 1. Stúdie 64. S.635.
8. Ludwig W. Bestimmung und Vererbung der Asymmetrieform (Rechts-Links-Problem) // Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft E.V. 1936. Bd 38. S.21-73 (Zoologischer Anzeiger; 9. Supplementband).
9. Гаузе Г. Ф. Асимметрия протоплазмы. М.-Л., 1940, 128 с.
10. Жонголович И. Д. Внешнее гравитационное поле Земли и фундаментальные постоянные, связанные с ним // Труды Института теоретической астрономии, 1952, Вып. 3, с.3-126.
11. Minnaert M. G. J. A search for temperature differences between the poles and the equator of the Sun // Sterrenwacht "Sonnenborgh" der Rijksuniversiteit te Utrecht. 1953. Deel 1. N.5. P.50-56 (Atti dei Convegna. Fondazione Alessandro Volta. Dell'11/Accademia Nazionale dei Lincei).
12. Reich F. Fallversuche über die Umdrehung der Erde. Freiberg, 1832, 48 s.
13. Hagen I. G. La Rotation de la Terre, ses Preuves mécaniques anciennes et nouvelles // Specola Astronomia Vaticana [Roma]. 1912. Vol. 1. Append. 2. P.1-53.

Адрес страницы: <http://www.nkozyrev.ru/bd/022.php>