ПРИЧИННАЯ МЕХАНИКА И ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ВРЕМЕНИ

Н.А. КОЗЫРЕВ

Теоретические соображения. В геометрии еще в давние времена были найдены приемы, позволяющие изучать свойства пространства. Благодаря этому накоплено немало сведений о пространстве. Что касается времени, то его свойства изучены очень мало.

Еще в древности научились располагать во времени события и измерять разделяющие их временные промежутки. В настоящее время астрономические и атомные часы заменили клепсидру древних. Но в этом нет принципиального прогресса, и по-прежнему точные науки имеют дело только с этим пассивным свойством времени, похожим на пространственную протяженность. Теория относительности Эйнштейна углубила эту аналогию, считая время и пространство компонентами четырехмерного интервала мира Минковского. Инвариантность этого интервала приводит к зависимости промежутков времени и пространственных протяженностей от координатных систем, т.е. устанавливает относительность этих понятий.

И все же, несмотря на этот успех в развитии представлений о времени, по-прежнему остается известным современной физике только то свойство времени, которое измеряется с помощью часов. Физические теории, утверждающие однородность и изотропность времени, даже построены таким образом, что исключают существование у времени других свойств. Так, например, симметричность законов механики по отношению к знаку времени равносильна отсутствию направленности времени в элементарных процессах. Поэтому наблюдаемую повсюду несимметричность процессов во времени оставалось рассматривать только как явление статистическое, связанное со вторым началом термодинамики. Такая несимметричность во времени возникает из-за маловероятных начальных условий, вызванных вмешательством сторонней системы. Несимметричность во времени получается в результате перехода систем из маловероятного состояния в наиболее вероятное, т.е. в равновесное состояние. С этой точки зрения тепловая смерть Вселенной представляется совершенно неизбежной. Таким образом, эта точка зрения, находясь в резком противоречии с наблюдаемым разнообразием объектов Вселенной, не может быть правильной.

Надо заметить, что до сих пор все попытки объяснить отсутствие тепловой смерти имели чисто спекулятивный характер и были оторваны от той реальной Вселенной, которую наблюдает астроном. Дело в том, что отдельные небесные тела и их системы так изолированы друг от друга, что для них тепловая смерть должна заметно приблизиться, прежде чем произойдет вмешательство сторонней системы. Поэтому деградированные состояния систем должны бы преобладать, а вместе с тем они почти не встречаются. Итак, задача заключается не в том, чтобы объяснить неравновесность Вселенной в целом. Она имеет значительно более конкретный смысл – понять, почему отдельные системы и сами небесные тела продолжают жить, несмотря на короткие сроки релаксации.

Интересно, что даже такой конкретный вопрос – почему светятся Солнце и звезды, т.е. почему они не находятся в тепловом равновесии с окружающим их пространством, – не может быть решен в рамках известных физических законов. Этот вывод следует из анализа астрономических данных. Для значительного числа звезд известны их радиусы, массы и светимость, т.е. расход энергии в единицу времени. Зная массу и радиус, мы можем оценить не только среднюю плотность, но и давление внутри звезды. Для идеального газа из отношения этих величин можно определить и температуру внутри звезды. Сопоставление полученных таким образом температур и плотностей доказывает, что внутри звезд, за исключением белых карликов, вещество действительно является идеальным га-

зом.

Светимость звезды должна зависеть от ее размеров и условий теплоотдачи, которые определяются в конечном счете температурой и плотностью. Поэтому светимость должна быть некоторой определенной функцией радиуса и массы звезды. В пространстве с осями координат светимость, масса, радиус звезды должны располагаться на некоторой поверхности, уравнение которой определяется условиями теплоотдачи. Допустим теперь, что внутри звезды идут процессы теплообразования, зависящие от физических условий, например термоядерные реакции, которые компенсируют теплоотдачу звезды. Тогда теплообразование будет равняться светимости звезды и зависеть от массы и радиуса по закону, отвечающему данной реакции. В пространстве светимость, масса, радиус получается вторая поверхность, на которой должны располагаться звезды. При условии теплового равновесия звезды могут существовать только на линии пересечения построенных поверхностей теплоотдачи и теплообразования.

На самом же деле расположение реальных звезд в пространстве получается не по линии, а по некоторой поверхности в довольно значительной области. Таким образом, поверхности теплоотдачи и теплообразования тождественно совпадают. Это указывает, что внутри звезд нет специальных источников энергии. При таких условиях срок жизни звезд, вычисленный Гельмгольцем и Кельвином, получается слишком коротким: для Солнца около тридцати миллионов лет. В действительности же Солнце, по достоверным геологическим данным, живет значительно дольше этого срока.

Приведенный здесь вкратце анализ показывает, что проблема свечения звезд является частным случаем основной проблемы – несоответствия следствий второго начала термодинамики наблюдаемому состоянию Вселенной. Очевидно, в самых основных свойствах материи, пространства, времени должны заключаться возможности борьбы с тепловой смертью противоположными процессами, которые могут быть названы процессами жизни. Благодаря этим процессам поддерживается вечная жизнь Вселенной. Если во Вселенной действует принцип недостижимости равновесных состояний, то это означает существование всегда и при всех обстоятельствах различия будущего от прошедшего. Действительно, только при равновесном состоянии кинофильм, регистрирующий происходящие события – флюктуации, может быть с одинаковым успехом пущен и в прямую, и обратную сторону, т.е. не обнаружит различия будущего от прошедшего. Универсальная несимметричность процессов во времени будет иметь место, если само время является несимметричным, т.е. обладает свойством направленности, которое может быть названо течением или ходом времени. Естественно думать, что ход времени является неотъемлемым его свойством, подобно тому как универсальная скорость $c_1 = 300\,000$ км/с является обязательным свойством света. Если время является активным участником Мироздания, т.е. если процессы Вселенной происходят не только во времени, но и с помощью времени, тогда обязательный и непрестанный ход времени будет источником дополнительной энергии и жизненных явлений, препятствующих наступлению тепловой смерти.

Время нельзя рассматривать оторванно от материи; образно говоря, оно является грандиозным потоком, охватывающим все материальные системы Вселенной, и все процессы, происходящие в этих системах, являются источниками, питающими этот общий поток.

Будем рассматривать теперь несимметричность процессов как свойство самого времени. Такая несимметричность должна проявляться в единичных процессах, а потому учитываться принципами элементарной механики. Механику, учитывающую ход времени, можно назвать не только несимметричной, но и причинной механикой. Действительно, ход времени, отличающий будущее от прошедшего, должен устанавливать и принципиальное отличие причин от следствий, поскольку следствия всегда находятся в будущем по отношению к причинам. Посмотрим теперь, каким образом можно количественно определить и ввести в механику ход времени.

Ход времени должен быть универсальной постоянной и определяться по отноше-

нию к некоторому инварианту. Таким инвариантом может служить пространство. Дальнейшее уточнение этого определения можно сделать с помощью основных свойств причинности.

Опыт естествознания показывает, что причины и следствия реально отличаются друг от друга. Причину от следствия можно отличить, например, следующим приемом. Если при воспроизведении явления A с соблюдением тех же самых обстоятельств всегда будет иметь место явление B, то A будет причиной, а B – следствием. Наоборот, при появлении B не обязательно должно осуществляться A, ибо следствие B может быть вызвано не только явлением A, но и другими причинами. Опыт естествознания, который совпадает со всем опытом нашей жизни, показывает, что: 1) причина всегда находится вне того тела, в котором осуществляется следствие, и 2) следствие наступает после причины и между их появлением всегда существует временное различие. Таким образом, механика, согласованная с этими принципами, должна опираться на следующие аксиомы причинности:

I. Причины и следствия всегда разделяются пространством. Поэтому между ними существует сколь угодно малое, но не равное нулю пространственное различие δx.

II. Причины и следствия всегда разделяются временем. Поэтому между ними существует сколь угодно малое, но не равное нулю временное различие δt.

К этим двум аксиомам добавим еще аксиому, утверждающую существование направленности времени.

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

Первая из этих аксиом является основой классической механики Ньютона. Она содержится в третьем законе равенства действия и противодействия. Согласно этому закону только другое тело может быть причиной механического следствия. С классической точки зрения в силу непроницаемости материи, причины и следствия, будучи связанными с разными материальными точками, должны быть связанными и с разными точками пространства. Вторая же аксиома отсутствует в механике Ньютона. В этой механике, как раз наоборот, предполагается $\delta t = 0$, что должно быть при полной обратимости времени.

В атомной механике, как и в теории поля, нет принципа непроницаемости. Поэтому в атомной механике $\delta x = 0$. Но в атомной механике есть необратимость во времени, которой не было в классической механике. Воздействие на систему макроскопического тела – прибора вводит различие между будущим и прошедшим, ибо будущее оказывается предсказуемым, а прошедшее нет. Поэтому в атомной механике является существенным условие $\delta t \neq 0$.

Пространственное и временное различие причин от следствий мы определили символами δx и δt. Остановимся теперь на смысле этих понятий. В цепи причинно-следственных превращений мы рассматриваем только то элементарное звено, где причина порождает следствие. Согласно обычным физическим теориям это звено является пространственно-временной точкой, не подлежащей дальнейшему анализу. В силу же наших аксиом причинности мы не можем разделять такую позицию. Для нас это элементарное причинно-следственное звено должно иметь структуру, обусловленную невозможностью пространственно-временного наложения причин и следствий. Условия неналожения при предельном сближении мы определяем символами δx и δt. Следовательно, эти символы означают пределы бесконечно малых величин при условии, что они никогда не обращаются в нуль. Если, например, причина находится в самом конце первого сантиметра и в самом конце первой секунды, то следствие будет находиться в самом начале второго сантиметра и в самом начале второй секунды. Пространственно-временная точка (1, 1) не будет принадлежать ни причине, ни следствию и является неизбежной «пустой» точкой причинно-следственного звена. Можно сказать, что символы δx и δt определяют точечные расстояния или размеры точек. При вычислении интервалов их с любой степенью

точности можно считать равными нулю. Однако отношение

$$\frac{\delta x}{\delta t} = c_2 \tag{1}$$

может быть конечной величиной и искомой мерой хода времени.

Превращение причины в следствие требует преодоления «пустой» точки пространства. Эта точка является бездной, через которую перенос действия одной точки на другую осуществляется с помощью хода времени. Это означает активное участие времени в процессах материальных систем. Можно сказать, что величина c_2 является скоростью превращения причин в следствия. В элементарном акте этих превращений уже нет материальных тел, есть только пространство и время. Поэтому скорость превращения причин в следствия, т.е. величина c_2, едва ли зависит от свойств тел. Скорее всего, c_2 представляет собой некоторую универсальную постоянную.

Величина c_2 имеет размерность скорости, и ее знак должен иметь определенный смысл, независимый от системы счета δx и δt. Покажем, что это условие будет удовлетворено, если c_2 является псевдоскаляром, т.е. скаляром, меняющим знак при зеркальном отображении или инверсии координатных систем. Если же c_2 является псевдоскаляром, то δt должно быть предельным значением псевдовектора, колинеарного с предельным вектором δx. Псевдовекторный характер δt означает, что в плоскости (YZ), перпендикулярной к оси X, происходит некоторый поворот, направление которого можно определить знаком δt. Взаимное расположение осей (YZ) условимся брать всегда в соответствии с направлением этого поворота. Тогда псевдовектор δt будет ориентировать плоскость, перпендикулярную к оси X. Изменим теперь в формуле (1) знак δx, сохраняя знак δt, т.е. сохраняя ориентацию плоскости (YZ). Тогда постоянная c_2 изменит знак, что и должно быть поскольку наша операция равносильна зеркальному отображению. Если же изменить знак не только у δx, но и у δt, то постоянная c_2 по формуле (1) не изменит знака. Так и должно быть, ибо в данном случае мы произвели лишь поворот всей координатной системы. Наконец, меняя знак только у δt, мы опять получаем зеркальное отображение координатной системы, при котором должен меняться знак псевдоскаляра.

Итак, если у времени существует свойство направленности, то оно в причинно-следственных связях проявляется как некоторый поворот и выражается поэтому псевдоскаляром. Знак направленности или хода времени как знак псевдоскаляра должен быть указан в координатной системе определенного типа (правой или левой). Отсюда следует, что c_2 не может равняться скорости распространения света c_1, являющейся обычным скаляром.

Псевдоскалярный характер хода времени легко было предвидеть из следующих общих соображений. Ход времени должен быть абсолютной величиной, поэтому абсолютное различие будущего от прошедшего должно быть связано с некоторым абсолютным различием, которое должно быть у пространства. Будучи изотропным, пространство не имеет различий в направлениях. Но в пространстве есть абсолютное различие между правым и левым, хотя сами эти понятия совершенно условны. Поэтому ход времени и определяется величиной, имеющей смысл линейной скорости поворота. Понятия будущего и прошедшего определяются для всего мира без всякой условности. Поэтому с помощью знака c_2 можно объективно определить, что называется правым и левым. Из опытов, о которых будет рассказано дальше, следует, что ход времени нашего Мира положителен в левой системе координат. Отсюда получается возможность объективного определения левого и правого следующим образом. Левой системой координат называется та система, в которой ход времени положителен, а правой – в которой он отрицателен. Из рассмотренных псевдоскалярных свойств хода времени сразу вытекает основная **теорема** причинной механики:

Мир с противоположным течением времени равносилен нашему Миру, отраженному в зеркале.

Таким образом, доказательство физической роли направленности времени мы получим, если будет доказана неравноценность Мира и его зеркального отображения. Биология дает многочисленные доказательства этого рода не только в морфологической асимметрии организмов, но и в химической асимметрии протоплазмы. Астрономическим доказательством является различие фигур северного и южного полушарий планет. Подобное доказательство дает и найденное в недавнее время нарушение закона сохранения четности ядерной физики. Биологическая асимметрия не может быть случайной. Скорее всего, при определенной асимметрии, соответствующей данному ходу времени, организм получает дополнительную жизнеспособность. Тогда на основании нашей основной теоремы можно утверждать, что в Мире с противоположным течением времени сердце у позвоночных было бы расположено справа, раковины моллюсков в основном были бы закручены влево и т.д. Интересно попытаться с помощью точных опытов над балансом энергии в биологических процессах прямо доказать, что жизнь действительно использует ход времени в качестве дополнительного источника энергии.

Каждая причинно-следственная связь имеет некоторое пространственное направление, орт которого обозначим через i. Поэтому в конкретной причинной связи будет существовать ориентированный псевдоскаляр ic_2. Докажем, что в точке причина и в точке следствие эти псевдоскаляры должны быть противоположной ориентации. Действительно, следствие находится в будущем по отношению к причине, а причина в прошедшем по отношению к следствию. Поэтому, перенося точку зрения из причины в следствие, мы меняем знак у δt, а следовательно, переходим к противоположной ориентации плоскости, перпендикулярной к оси причина – следствие. Тогда при фиксированном i будет меняться тип координатной системы, и поэтому выражение ic_2 изменит знак. Если же при переходе от причины к следствию менять знак i, то знак c_2 останется неизменным, а следовательно, ic_2 изменит знак и в этом случае. Это рассуждение показывает, что ход времени является реальным физическим процессом, равноценным относительному вращению причины и следствия с линейной скоростью c_2 и осью, совпадающей с ортом i. Отсюда становится очевидным, что для изучения возможных изменений причинных связей и хода времени следует ставить опыты над взаимодействием вращающихся тел.

Рассмотрим простейший случай, когда одна из взаимодействующих точек является идеальным волчком. Под идеальным волчком будем понимать тело, вся масса которого расположена на некотором одном и неизменном расстоянии от оси. Действие этого волчка на другое тело осуществляется через материальную ось вращения и материальные связи с этой осью, массами которых можно пренебрегать. Тогда действие идеального волчка будет равносильно действию материальной точки, имеющей массу волчка и его вращение. Допустим, что точка, с которой взаимодействует волчок, находится в направлении его оси. Обозначим через j орт оси вращения волчка. Будем считать j обычным вектором и условимся независимо от типа координатной системы откладывать его в другой точке, например в ту сторону, откуда вращение волчка кажется происходящим по часовой стрелке. Наблюдаемое вращение волчка можно описать псевдовектором ju, где u – линейная скорость вращения. Поскольку j является обычным вектором, величина u должна быть псевдоскаляром. При нашем выборе направления j u является псевдоскаляром, положительным в левой системе координат. С точки зрения волчка другая точка вращается в противоположном направлении, сам же он является неподвижным. Таким образом, причине и следствию могут быть сопоставлены псевдовекторы $\pm ju$, похожие на ориентированные псевдоскаляры хода времени $\pm ic_2$. Различие между этими величинами заключается в том, что величина ориентированного псевдоскаляра хода времени остается неизменной по любому направлению, в то время как величина псевдовектора меняется как проекция вектора. Однако различие это становится несущественным при совпадении ортов i и j. Для полноты сходства между ju и ic_2 мы должны сопоставлять псевдовектор ju не с той точкой, вращение которой характеризуется этим псевдовектором, а с другой, из которой наблюдается это вращение. Очень возможно, что при соблюдении указанных условий вме-

сто обычного хода времени $\pm ic_2$ при вращении будет наблюдаться ход времени $\pm(ic_2 + ju)$.

Уточним теперь понятие причинных связей в механике. Принцип Даламбера позволяет причины и все возможные следствия сводить к силам. Однако очень трудно установить общее правило, по которому можно силы причины, или активные силы, отличать от сил следствия. Эта проблема должна изучаться физическим экспериментом, который следует начать с простейших явлений, где причину можно бесспорно отличить от следствия. Таким частным случаем механики является движение на связях. Действительно, пассивные силы реакций связей должны рассматриваться как следствия активных сил.

Пусть на точку (1) действует некоторая сила F. Благодаря этому точка (1) может стать причиной, вызывающей силу следствия в точке (2). Эту силу следствия можно назвать действием Φ_0 первой точки на вторую:

$$\Phi_0 = F - \frac{dp_1}{dt} = \frac{dp_2}{dt}. \tag{2}$$

Для первой же точки она является потерянной силой Даламбера:

$$\frac{dp_1}{dt} = F - \frac{dp_2}{dt}.$$

Можно считать, что за время dt точка (1) теряет импульс dp_2, который передается точке (2). Поскольку между точками (1) и (2) всегда есть $\delta t \neq 0$, то между ними должно существовать и $\delta p_2 \neq 0$, причем

$$\frac{\delta p_2}{\delta t} = \frac{dp_2}{dt} = \Phi_0. \tag{3}$$

Обозначим через i орт действия: $\Phi_0 = i|\Phi_0|$. Тогда ориентированный псевдоскаляр хода времени ic_2 будет указывать направление к будущему, если он совпадает с направлением орта i Это означает, что для сохранения обычного счета времени мы должны пользоваться системой координат, в которой c_2 имеет положительное значение. Преобразуем теперь выражение (3) с помощью формулы (1):

$$\Phi_0 = ic_2 \left|\frac{\delta p_2}{\delta x}\right|. \tag{4}$$

С точкой (1), как мы знаем, должен быть связан ориентированный псевдоскаляр противоположного направления. Согласно формуле (4) это означает, что совместно с действием первой точки на вторую обязательно существует равное по величине противодействие R_0 второй точки. Таким образом, третий закон Ньютона следует из свойств хода времени.

Выражение, стоящее в прямых скобках формулы (4), должно представлять собой инвариант, не зависящий от хода времени. Действительно, при любом ходе времени продолжительность событий может измеряться одной и той же единицей времени. Поэтому могут считаться неизменными не только x, но и p.

Допустим теперь, что ход времени изменился и вместо ic_2 стал равным $ic_2 + ju$. Тогда по формуле (4) можно получить преобразование сил:

$$\Phi = (ic_2 + ju)\left|\frac{\delta p_2}{\delta x}\right|; \quad R = -(ic_2 + ju)\left|\frac{\delta p_2}{\delta x}\right|.$$

Следовательно,

$$\Phi = \Phi_0 + j\frac{u}{c_2}|\Phi_0|, \;\; R = R_0 - j\frac{u}{c_2}|\Phi_0|. \tag{5}$$

Таким образом, в системе получаются дополнительные напряжения, изменяющие ее потенциальную энергию. Импульс же системы остается неизменным.

Если псевдовектор ju совпадает по направлению и знаку с ходом времени ic_2, то он будет во всем подобен ходу времени и будет указывать правильное расположение причин и следствий. Тогда дополнительные силы в формуле (5) будут увеличивать существующие в системе действие Φ_0 и реакцию R_0. Например, если тяжелый волчок на неподвижной опоре вращается против часовой стрелки, смотря по силе тяжести, то вектор j будет направлен по действию i. Тогда при c_2, положительном в левой системе координат, действие и реакция будут увеличены. В результате система выйдет из равновесия, и новое равновесие установится тогда, когда волчок, облегченный дополнительной реакцией, будет оказывать прежнее действие на опору. Поэтому этот эффект нельзя обнаружить взвешиванием волчка на весах. Он может проявить себя только в дополнительной деформации.

В механике Ньютона, как мы знаем, при $\delta x \neq 0$ принимается $\delta t = 0$. В атомной же механике, наоборот: $\delta x = 0$ при $\delta t \neq 0$. Таким образом, механика Ньютона соответствует миру с бесконечным ходом времени: $c_2 = \infty$, а атомная механика – миру, в котором $c_2 = 0$, т.е. отсутствует ход времени. При бесконечном c_2 дополнительные силы по формулам (5) исчезают, как это и должно быть в механике Ньютона. Можно сказать, что механика Ньютона отвечает миру с бесконечно прочными причинными связями. Атомная же механика представляет другой предельный случай мира с бесконечно слабыми причинными связями. Формулы (5) получены некоторым уточнением принципов ньютоновской механики. Они являются приближенными и не допускают предельный переход $c_2 = 0$. Все же они показывают, что в этом случае дополнительные силы, не предусмотренные механикой Ньютона, будут играть основную роль. Причинность будет казаться нарушенной, и явления природы придется объяснить статистически.

Полученные выводы показывают, что механику, отвечающую принципам причинности естествознания, можно развивать путем уточнения механики Ньютона. Но это уточнение должно в области макроскопических явлений классической механики привести к появлению эффектов, характерных для атомной механики. В механике Ньютона подлежат развитию как раз те ее стороны, которые совершенно игнорировались современной теоретической физикой. Так, едва ли возможно свести причинно-следственные отношения механики к вариационным принципам, на которых сейчас строится здание физических теорий. Этим объясняется, почему язык нашего изложения вынужденно оказался близким языку старинной классической механики и очень далеким от современных способов изложения физических теорий.

Для постановки опытов важно знать заранее величину ожидаемых эффектов, зависящую от постоянной c_2. Численное значение c_2 можно попытаться оценить, исходя из соображений размерности. Единственная универсальная постоянная, которая может иметь смысл псевдоскаляра, это постоянная Планка h. Действительно, эта постоянная имеет размерность момента количества движения и определяет спин элементарных частиц. Теперь, пользуясь постоянной Планка и любой скалярной постоянной, надо получить величину, имеющую размерность скорости. Легко убедиться, что

$$c_2 = \alpha \frac{e^2}{h} = \alpha \cdot 350 \ \text{км/с}, \tag{6}$$

где e – заряд элементарной частицы, α – безразмерный множитель, является единственной комбинацией этого рода. Тогда по формуле (5) дополнительные силы при $u = 100$ м/с будут порядка 10^{-4} от приложенных сил. Такие значительные силы можно обнаружить в простых опытах, не требующих высокой степени точности измерений.

Данные наблюдений и опытов. В системе «тяжелый волчок и опора» дополнительные силы причинности являются внутренними. Поэтому их нельзя обнаружить взвешиванием волчка на весах. Действительно, специально произведенные весьма точные взвешивания волчков при больших скоростях вращения не обнаружили никаких изменений показаний весов и тем самым доказали отсутствие внешних сил. Однако эти силы должны проявлять себя в дополнительных деформациях, зависящих от скорости и направ-

ления вращения. Для лабораторных волчков малых радиусов при больших u центробежные силы будут на много порядков превышать силу тяжести. Поэтому искомые дополнительные деформации едва ли можно обнаружить на фоне деформаций от центробежных сил.

Из-за больших радиусов небесных тел центробежные силы в них значительно меньше тяжести. Поэтому дополнительные деформации быстро вращающихся планет должны заметным образом изменять их фигуру. Взаимодействие разных элементов масс планеты с различными скоростями u будет в соответствии с формулой (5) вызывать дополнительные силы хода времени. В результате интегрирования этих взаимодействий вес тела Q на поверхности планеты должен измениться на величину ΔQ по формуле

$$\Delta Q = j\frac{\bar{u}}{c_2}|Q|, \tag{7}$$

где $\bar{u}$ – некоторая эффективная скорость относительных вращений взаимодействующих масс планеты. Мы не располагаем еще достаточным знанием вопроса, чтобы на самом деле выполнить это интегрирование и произвести вычисление $\bar{u}$. Для получения же качественной картины воспользуемся разобранным выше примером тяжелого волчка на опоре, считая c_2 положительным в левой системе координат. Из этого примера следует, что в случае прямого вращения планеты вблизи экватора ΔQ и $j\bar{u}$ будут направлены к северному полюсу. По закону сохранения импульса эти силы должны уравновешиваться силами, действующими на близполюсные (осевые) массы планеты в противоположную сторону. Поэтому на поверхности планеты в обоих полушариях найдется некоторая параллель φ_0, где силы хода времени, а значит, и $\bar{u}$, обращаются в нуль. Под действием таких сил планета примет форму кардиоиды, вытянутой к югу. Коэффициент асимметрии η определим следующим образом:

$$\eta = \frac{b_S - b_N}{2a}, \tag{8}$$

где a – большая полуось, а b_S и b_N – расстояния полюсов до экваториальной плоскости.

Тщательное измерение фигуры Юпитера, выполненное по многим снимкам автором и Д.О. Мохначом, показало, что у Юпитера южное полушарие более вытянуто и коэффициент асимметрии η получился равным $+3 \cdot 10^{-3} \pm 0{,}6 \cdot 10^{-3}$. Аналогичный результат, лишь с меньшей точностью, был получен и для Сатурна: $\eta = +7 \cdot 10^{-3} \pm 3 \cdot 10^{-3}$. Этими измерениями устанавливается, что ход времени c_2 действительно положителен в левой системе координат и имеет значение порядка величины в формуле (6).

В настоящее время существует ряд данных, показывающих, что и у Земли южное полушарие более вытянуто, чем северное. Это следует, например, из измерений силы тяжести на поверхности Земли. Для несимметричного однородного тела сила тяжести должна быть больше на тупом, т.е. северном, конце и меньше на остром, т.е. южном, конце. Существование именно этого различия $\Delta g = g_N - g_S > 0$ известно уже давно. Согласно И.Д. Жонголовичу $\Delta g = +30$ мГал, и, следовательно, $\Delta g/g = 3 \cdot 10^{-5}$. Наблюдения над движением спутника 1958 β2 ($i = 34°$ и $e = 0{,}1$) показали, что перигейное расстояние в северном полушарии значительно меньше перигейного расстояния в южном полушарии. Отсюда непосредственно следует в соответствии с измерениями на поверхности Земли, что сила тяжести в северном полушарии больше, чем в южном. Судя по литературным данным, детали движения этого спутника подтверждают и форму кардиоиды для Земли. Во избежание недоразумения следует отметить, что геодезисты и исследователи движения спутников приходят из приведенных данных о тяжести к противоположному выводу – о большей вытянутости северного полушария. Суть этого расхождения заключается в том, что обычно учитываются только центробежные силы и сила тяжести. При таком рассмотрении возможность асимметрии однородного тела исключается, и найденное Δg может быть объяснено только избытком плотной материи в северном полушарии. В этом случае

уровенная поверхность того же значения должна отступить дальше, и получится удлинение полушария при большем значении тяжести. Однако знак асимметрии, полученный непосредственно для Юпитера и Сатурна, говорит не в пользу этой интерпретации.

Весьма важно доказать теперь непосредственными опытами существование сил, вызывающих асимметрию Земли. Простейший опыт вытекает из формул (5) и определения действия (2). Из этих формул следует, что при свободном падении тела $\Phi_0 = 0$ и асимметричные силы должны исчезать. Отсюда должно получиться отклонение свободного падения тела от отвеса в плоскости меридиана. В умеренных широтах обоих полушарий дополнительные силы, действующие на отвес, направлены к северу. Поэтому при отсутствии этих сил должно получиться отклонение падающего тела к югу. Еще 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. Эти опыты неоднократно повторялись и почти всегда приводили к тому же результату. Лучшие определения были получены инженером Рейхом во Фрейбурге ($\varphi = 48°$). В этих опытах высота падения $l = 158$ м. Смещение к югу получилось равным $\Delta l_S = 4{,}4$ мм. Смещение же к востоку получилось $\Delta l_0 = 28{,}4$ мм, что хорошо согласуется с теорией. Обозначая через ΔQ_N горизонтальную слагающую асимметрических сил умеренных широт, имеем

$$\Delta l_S = -\frac{\Delta Q_N}{Q} l, \tag{9}$$

откуда $\Delta Q_N / Q = 2{,}8 \cdot 10^{-5}$ при $\varphi = 48°$. Это значение достаточно согласуется с приведенной выше величиной асимметрии тяжести.

Опыты по измерению отклонения падающих тел от отвеса чрезвычайно сложны и трудоемки. Они не дают практической возможности найти распределение сил хода времени по поверхности Земли. Однако такие определения стали возможными благодаря особому методу вибраций, найденному в опытах с гироскопами.

Представим, что гироскоп в оправе с вертикальной осью взвешивается на рычажных весах. Согласно формуле (5) дополнительные силы ΔR, действующие на ротор, должны быть направлены в сторону, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки. Так как эти силы вызваны каждой точкой ротора, то их равнодействующая будет приложена к центру тяжести ротора. Дополнительные силы $\Delta\Phi$, действующие на невращающуюся часть системы, приложены к оправе внутри гироскопа. Действительно, опыт показал, что любое вращение ротора не нарушает равновесия весов. Возникает вопрос, нельзя ли перенести точку приложения сил $\Delta\Phi$ из тела гироскопа в точку опоры коромысла, чтобы получить отклонение весов. Очевидно, для этого необходимо осуществить взаимодействие между ротором и точкой опоры на стойке весов.

Такое взаимодействие получится при вибрациях ротора в подшипниках, меняющих давление на опоре. В опытах с введением сторонних воздействий на систему вибрации чрезвычайно выгодны тем, что среднее от этих воздействий по времени равно нулю и они с классической точки зрения не могут внести в систему сил, действующих в постоянном направлении. С нашей же точки зрения в системе должны возникнуть дополнительные постоянно действующие силы, зависящие от скорости вращения гироскопа. По формулам (5) следует ожидать, что величина этих сил будет пропорциональна амплитуде сил вибраций. При вибрации ротора из-за осевого люфта в подшипниках действительно удалось наблюдать облегчение гироскопа на весах при вращении его против часовой стрелки, если смотреть по силе тяжести. При вращении же по часовой стрелке никакого эффекта на весах не наблюдалось. Оказалось, что облегчение гироскопа получается вопреки ожиданиям на совершенно определенную величину, начиная с некоторой силы вибрации. Этот результат подтверждает высказанное раньше предположение о том, что изменение хода времени может вызываться только силами, направление действия которых i совпадает с на правлением вращения j. Действительно, при вибрациях ротор создает давление вниз на

стойке весов, стойка же весов – противодействие на ротор вверх. Но такое расположение сил будет совпадать с вектором j только при вращении ротора против часовой стрелки, если смотреть сверху. То обстоятельство, что либо эффект облегчения наблюдается вполне определенной величины, либо он совсем не наблюдается, соответствует альтернативе: ход времени системы гироскоп – опора может быть равным, как обычно, ic_2 или быть равным из-за вибраций $(ic_2 + ju)$. С этим ходом времени уже будут связаны все причинные отношения. Поэтому весы и измеряют облегчение ротора по формулам (5), где $\Phi_0 = Q$ – весу ротора. Так как ход времени получается равным $(ic_2 + ju)$ независимо от направления действия сил i, то помимо изменения величины сил должно наблюдаться и изменение направлений, т.е. аберрации сил. Этот эффект может быть обнаружен в опытах с маятником.

Представим гироскоп с горизонтальной осью, подвешенной, как тело маятника, на тонкой нити. При вибрациях ротора в подшипниках действительно наблюдалось отклонение этого маятника в сторону, откуда вращение происходило против часовой стрелки, т.е. в направлении $-j$. Описанные опыты трудно воспроизводить из-за практической сложности регулировки вибраций. В опыте же с маятником источник вибраций легко перенести в точку подвеса. Остановимся подробнее на описании такого опыта.

Гироскоп авиационной автоматики со следующими характеристиками: диаметр ротора $D = 42$ мм, вес ротора $Q = 250$ г при весе оправы а $= 150$ г – был подвешен при горизонтальном положении оси на стальной проволоке диаметром 0,15 мм и длиной 330 см к пластинке прочно укрепленного вибратора (электромагнитного реле). Меняя частоту тока, питающего реле, можно было создать любые вертикальные дрожания подвеса. Оказалось, что отклонения этого маятника от отвеса получаются только в случае параметрического резонанса, когда нить маятника превращалась в колеблющуюся струну независимо от числа узлов. При поляризации этих колебаний с помощью щели выяснилось, что эффект получается только в том случае, когда существует достаточно большая проекция по направлению оси гироскопа. Действительно, при перпендикулярном расположении плоскости колебаний к оси гироскопа эффект неизменно отсутствовал. С поворотом этой плоскости, начиная с некоторого угла, скачком внезапно появлялось совершенно определенное отклонение, зависевшее от скорости вращения гироскопа.

Эта картина поведения маятника вполне соответствует сформулированному выше условию превращений ju в вектор хода времени. Интересно, что в этом опыте, когда причиной вибраций стала невращающаяся часть системы, эффект переменил знак: отклонение от отвеса стало наблюдаться в сторону, откуда вращение происходило по часовой стрелке. В данном опыте с причиной, т.е. с источником вибраций, связан вектор относительного вращения $+j$. При установлении такого хода времени в направлении $+j$ должны действовать все дополнительные силы, меняющие причину. В результате вес гироскопа, как причина давлений, изменится в этом же направлении $+j$, т.е. в сторону, откуда с точки зрения неподвижного наблюдателя вращение гироскопа происходит по часовой стрелке.

Итак, если источник вибрации связан с ротором, сдвиг маятника должен наблюдаться в сторону вращения против часовой стрелки, а при источнике вибрации в точке подвеса – в сторону по часовой стрелке. Этот результат является интересной иллюстрацией возможности отличить причину от следствия механическим опытом, что характерно для существа причинной механики. Приведем теперь численные результаты описанного опыта:

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

Таблица вполне подтверждает, что дополнительные силы пропорциональны скорости вращения. Приведенное к скорости $u = 40$ м/с отношение изменения веса ротора ΔQ к полному весу $Q + a$ получилось равным $3{,}6 \cdot 10^{-5}$. Для получения отношения $\Delta Q/Q$ необходимо это значение исправить за вес оправы умножением на $(Q + a)/Q$. Специальными опытами, при которых нарочито увеличивался вес невращающейся части тела маятника, было показано, что такое исправление действительно необходимо. В результате при $u = 40$ м/с имеем $\Delta Q/Q = 5{,}7 \cdot 10^{-5}$. Отсюда по формуле (5) получаем значение $c_2 = 700$ км/с. Поэтому возможно, что в формуле (6) $\alpha = 2$ и $c_2 = 2e^2/h$. Силы, действующие на гироскоп, оказались того же порядка, что и дополнительные силы, возникающие от вращения Земли. Земля и гироскоп столь резко отличаются размерами и угловыми скоростями вращений, что равенство вызванных ими эффектов является прекрасным доказательством пропорциональности дополнительных сил линейным скоростям вращения.

В опыте с гироскопом, подвешенным на нити, оказалось, что, когда ось гироскопа расположена по меридиану, у него обнаруживается еще некоторое дополнительное смещение. Очевидно, это смещение связано с асимметричными силами вращения Земли. Например, при трехстах оборотах ротора в секунду и при положении вектора вращения гироскопа $+j$ к северу получалось отклонение 0,18 мм (длина маятника 330 см), при противоположном же расположении оси вращения смещение составляло только 0,05 мм. Очевидно, что при вибрациях возникает еще эффект смещения к северу порядка 0,06 мм. Этот эффект не зависит от скорости вращения гироскопа и наблюдается при вибрации любого невращающегося тела, подвешенного на нити.

Условия, необходимые для получения эффекта смещения маятника из-за вращения Земли, во всем подобны описанным выше условиям смещения гироскопа. При вибрации точки подвеса эффект отклонения к северу получается только при параметрическом резонансе, когда осуществляется достаточно большая проекция напряжений в плоскости меридиана. Оказалось, что маятник можно в плоскости меридиана раскачать или остановить, осуществляя переход от нерезонансной частоты к резонансу при прохождении маятника около положения равновесия. Этим путем удавалось значительно раскачать маятник и установить, что плоскость, в которой получается раскачивание, действительно близка к плоскости меридиана. В Пулкове эти опыты были выполнены с маятниками различной длины – от полутора до одиннадцати метров. Относительное смещение оказалось независящим от длины маятника и равным $1{,}9 \cdot 10^{-5}$. Таким образом, смещение маятника вызывается определенной силой, не зависящей от его конструкции. Эта сила значительно меняется с географической широтой. Так, в г. Кировске относительное смещение маятника получилось равным только $0{,}9 \cdot 10^{-5}$.

Не подлежит сомнению, что измеряемые по смещению маятника силы являются горизонтальными проекциями асимметрических сил, действующих на поверхности Земли. Вертикальные же проекции асимметрических сил можно пытаться получить при вибрации системы с вертикальной степенью свободы. Такой системой будут рычажные весы при вертикальных вибрациях опоры коромысла. Необходимо только осуществить различную степень упругости в подвесах уравновешивающих грузов. В поставленных опытах один груз подвешивался жестко на проволоке, другой – на эластичной резине или пружине. При вибрациях опоры конец коромысла с жестко подвешенным грузом оставался практически неподвижным. Поэтому другой его конец с эластичным подвесом колебался с амплитудой, в два раза большей амплитуды его середины. Оказалось, что, начиная с некоторого ускорения вибраций, весы скачком отклоняются на определенную величину в сторону утяжеления груза, находящегося на эластичном подвесе. Эта дополнительная сила, смещающая показания весов, оказалась независящей от типа весов и пропорциональной весу груза.

Измеренные силы существенно зависят от широты. Сопоставление этих сил с горизонтальными компонентами ΔQ_{N}, полученными на маятниках в Пулкове и Кировске, доказывает, что они являются вертикальными компонентами асимметрических сил ΔQ_{Z}. Дей-

ствительно, поскольку асимметричные силы действуют по оси Земли, отношение $\Delta Q_Z/\Delta Q_N$ должно быть равным $\operatorname{tg}\varphi$. Вычисленные таким образом значения широты оказались для Пулкова меньше на $16'$ и для Кировска больше на $21'$.

Перейдем теперь к интерпретации наблюдавшихся явлений. Взаимодействие масс Земли, вращающихся с разными линейными скоростями, приводит к возникновению на поверхности Земли дополнительных сил, выраженных формулой (7). Этот результат равносилен тому, что с каждой точкой поверхности Земли связан вектор хода времени $\bar{ju}$, направленный в умеренных широтах к северному полюсу. При вибрациях сила, действующая в направлении $\bar{ju}$, может возбудить в системе ход времени $\pm\bar{ju}$, вызывающий дополнительные силы. Так, в опыте с маятником при параметрическом резонансе нити будет существовать в нашем полушарии приложенная к телу маятника проекция силы вибрации в направлении $\bar{ju}$, т.е. к северу по оси вращения Земли. Начиная с некоторой силы вибрации, во всей системе установится ход времени с вектором $+\bar{ju}$ в теле маятника и вектором $-\bar{ju}$ в точке подвеса. Отсюда появятся силы, определяемые выражением (7) и отклоняющие маятник к северу, с противодействием к югу в точке подвеса. В опыте с весами вибрации вызывают на опоре весов силы, направленные вверх, т.е. создают проекцию сил в направлении $\bar{ju}$. Поэтому, начиная с некоторой силы вибрации, может установиться ход времени с вектором $+\bar{ju}$ на стойке весов и вектором $-\bar{ju}$ на эластично подвешенном грузе. В результате весы покажут утяжеление этого груза на величину, определяемую вертикальной проекцией сил (7).

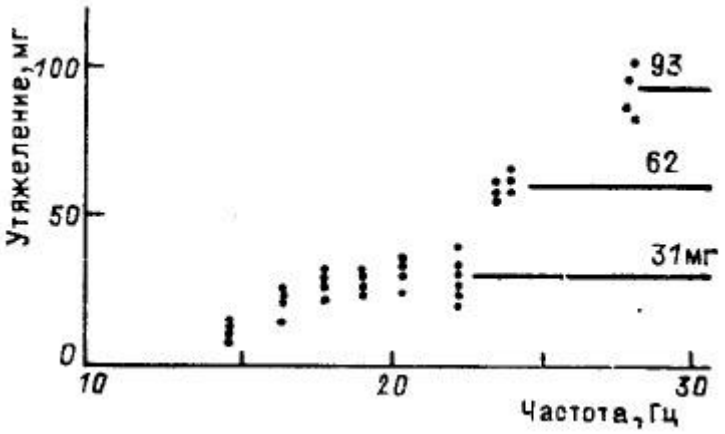

Рис. 1. Зависимость утяжеления груза на упругом подвесе от частоты вибраций.

В первоначальном варианте опытов с весами вибрации осуществлялись с помощью электромагнитного реле, к которому прикреплялась опора коромысла весов. При этом возникали сложные колебания с шумом без простых гармоник. Эффект получался лишь при некотором удачном выборе частоты и амплитуды. Существенное усовершенствование опыта было достигнуто введением гармонических колебаний с помощью шарикового подшипника, посаженного эксцентрично на вал электромотора. При таких колебаниях эффект стал получаться очень легко. С ростом же частоты вибраций вместо одиночного эффекта скачком появлялся двойной эффект, затем тройной и т.д., практически любой кратности. Увеличение ускорений вибраций ограничивалось приближением к ускорению силы тяжести. При таком ускорении начинался сильный бой коромысла весов об опору, мешавший правильному взвешиванию. Вблизи этого предела удавалось получать пяти- и даже десятикратные эффекты. В результате точность определения однократного эффекта могла быть повышена в несколько раз.

Рис. 1 воспроизводит типичный график зависимости утяжеления груза от частоты вибраций. Эти измерения были произведены Ю.И. Кулаковым и автором в Пулкове на рычажных весах II-го класса завода «Госметр». На графике приведены результаты взвешивания груза 620 г, пересчитанные на 1 кг. Амплитуда колебаний опоры коромысла составляла около 0,3 мм. Таким образом, ускорение вибраций на опоре должно было достигать g при частоте около 30 Гц. На графике совершенно отчетливо выделяются три ступени утяжеления груза. Величина ступени получается около 31 мг на 1 кг, т.е. $3{,}1\cdot 10^{-5}$, что близко к значению $3{,}2\cdot 10^{-5}$, полученному из многих измерений.

Ступени в показаниях весов очень интересны. Они указывают на возможность квантовых изменений энергии, характерных для атомной механики. Происхождение сту-

пеней можно понять следующим образом. Система весов с одиночным эффектом принципиально не отличается от весов без вибраций. Поэтому если на весы с одиночным эффектом добавить еще новое ускорение вибраций, какое нужно для создания одиночного эффекта, то весы должны будут показать двойное отклонение. Так как ускорения вибраций пропорциональны квадратам частот, то для получения кратных эффектов частоты должны увеличиваться в $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ и т.д. раз. Это обстоятельство приблизительно и подтверждается рис. 1. Надо заметить, что с приближением ускорений к g на стойке весов будут происходить удары, приводящие к очень большим, хотя и кратковременным ускорениям. Поэтому вблизи g ничтожные изменения частоты вибраций могут вызывать появление эффектов высокой кратности.

Для понимания опыта с весами необходимо обратить внимание еще на следующее обстоятельство. При вибрациях силы, возбуждающие дополнительный ход времени, имеют необходимые величину и направление только в течение некоторой доли периода. Устойчивость эффекта показывает, что возбуждаемый ход времени сохраняется в течение всего периода. Получается интересное заключение о существовании конечного времени жизни возбужденного состояния. Иными словами, система продолжает некоторое время сохранять ход времени после исчезновения условий, необходимых для его возбуждения. Вероятно, этим объясняется полученное на графике пологое нарастание эффекта утяжеления перед первой ступенью. Очевидно, при тех частотах период колебаний еще велик в сравнении с продолжительностью жизни возбужденного состояния. Для резкого выделения первой ступени измерения следует вести с малыми амплитудами, чтобы иметь дело с достаточно коротким периодом.

Описанный опыт с весами замечателен простотой осуществления и поразительным результатом. Ведь если из-за дополнительного хода времени, вызванного колебаниями напряжений в опоре и эластичном подвесе, появляется увеличение натяжения подвеса, то это натяжение должно быть обусловлено причиной, т.е. соответствующим увеличением веса груза. Значит, возможно воздействием на следствие вызывать изменение причины. Этот результат означает возможность обращения причинно-следственных отношений, которая существует благодаря конечности хода времени.

Для изучения распределения асимметричных сил на поверхности Земли особый интерес представляют полярные районы, где проходит параллель с нулевым значением этих сил и где изменение этих сил с широтой должно быть особенно быстрым. Соответствующие измерения были выполнены Н.А. Козыревым и В.Г. Лабейшем благодаря содействию Географического общества в лице проф. Я.Я. Гаккеля, оказавшего большую помощь в организации этих исследований. В апреле 1959 г. указанная группа была включена в состав полярной экспедиции Института арктических и антарктических исследований. Измерялась вертикальная компонента асимметрических сил по утяжелению груза на эластичном подвесе при вибрации весов. Эти измерения были выполнены в Амдерме, Тикси, на о. Котельный, мысе Челюскина, о. Диксон и в ряде пунктов на дрейфующем льду с максимальной широтой $84°15'$. Значение полного вектора асимметричных сил было получено умножением измеренных значений на $\operatorname{cosec}\varphi$. На рис. 2 представлен график зависимости этих сил, выраженных в долях силы тяжести, от широты. Здесь при-

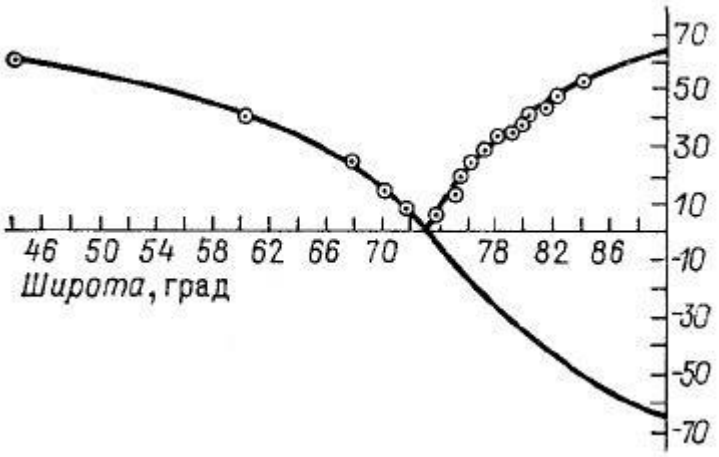

Рис. 2. Зависимость величины полного вектора сил хода времени, вызванного вращением Земли, от географической широты.

ведены и прежние определения в Крыму, Пулкове и Кировске. Все полученные точки располагаются выше нулевой линии. Ход кривой показывает, что использованный метод позволяет определять только абсолютную величину сил и не дает их знака. Этот результат можно было предвидеть. Действительно, за нулевой параллелью вектор хода времени направлен вниз. Поэтому возбуждающая его сила вибраций того же направления будет существовать теперь не на стойке весов, а на упругом подвесе. Следовательно, при появлении дополнительного хода времени добавочная сила будет действовать вниз на груз, и попрежнему произойдет утяжеление груза на упругом подвесе.

Проведенная на рис. 2 монотонная кривая представляет те же значения сил, только с учетом их знака. Кривая показывает, что параллель нулевого значения асимметрических сил находится около $73°0$. Экстраполируя полученную кривую, можно получить довольно уверенно значение сил хода времени на полюсе:

$$\left(\frac{\Delta Q}{Q}\right)_{\varphi=90°} = j\frac{\bar{u}}{c_2} = -6{,}5 \cdot 10^{-5} j. \qquad (10)$$

Около параллели нулевого значения сил ($\varphi = 73°$) было обнаружено, что при больших ускорениях вибрации весов все равно получается значительное изменение веса. Так, на о. Диксон ($\varphi = 73°30'$) вблизи возможного предела ускорений вибрации весов эффект составлял 60 мг при грузе 720 г. Такой эффект мог получиться в результате накопления большого числа ступеней, $\sim 20 - 30$, или как некоторый классический эффект нелинейности больших колебаний. Для решения этого вопроса были предприняты специальные измерения к югу от о. Диксон вдоль восточного берега Енисейского залива, заключавшиеся в измерении максимального отклонения стрелки весов вблизи боя коромысла, но когда еще можно было вести взвешивание. Результаты этих измерений в маршруте туда и обратно представлены на рис. 3. По оси ординат отложены наблюдавшиеся отклонения весов, пересчитанные на 1 кг. Расположение точек на рис. 3 показывает, что в основном наблюдался реальный эффект высокой кратности. Вершина угла полученной кривой подобна углу на рис. 2 и должна соответствовать нулевой параллели. Ее значение получилось равным $73°05'$ с точностью до $1'$. Такая высокая точность получилась из-за того, что определялся почти двадцатикратный эффект. Неполное исчезновение эффекта на нулевой параллели свидетельствует о возникновении некоторой ошибки взвешивания при очень больших вибрациях.

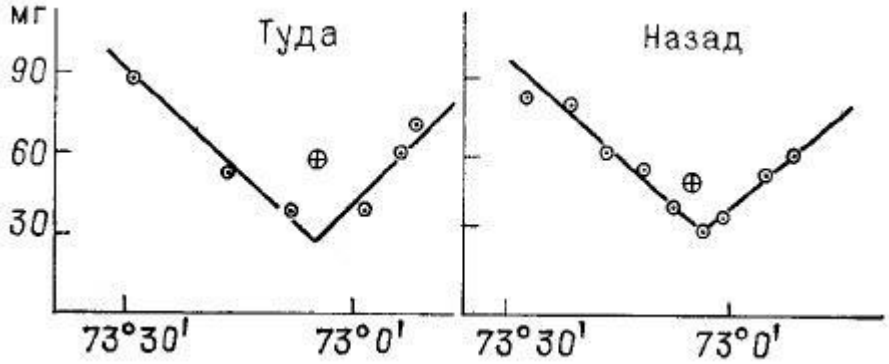

Рис. 3. Результаты измерений максимальных отклонений весов вблизи нулевой параллели. Слева показаны измерения при движении вперед, т.е. из Диксона на юг, а справа – измерения при движении назад. ⊕ – точка, выпадающая из общего хода измерений.

Существование широтного эффекта показывает, что утяжеление груза при вибрациях нельзя объяснить тривиальным образом по законам обычной механики. На связь утяжеления груза с вращением Земли указывает еще азимутальный эффект, обнаруженный в том же опыте с весами. Оказалось, что частоты, т.е. ускорения вибраций, нужные для появления ступеней утяжеления, зависят от азимута коромысла весов. Наименьшая частота, вызывающая эффект утяжеления, получается, когда груз на эластичном подвесе расположен к югу от стойки весов. Наибольшая же частота требуется при положении это-

го груза к северу. Азимутальный эффект, вообще говоря, очень значителен. Например, если при расположении груза к северу для возбуждения первой ступени была нужна частота 35 Гц, то при расположении к югу была достаточна частота 25 Гц. Для понимания этого эффекта надо иметь в виду, что возбуждаемые на весах силы направлены по оси Земли и поэтому имеют горизонтальные компоненты: к югу для груза и к северу для стойки весов. Если бы коромысло имело еще и горизонтальную подвижность, то его устойчивое положение было бы при расположении груза к югу от стойки весов. Возможно, что такое положение и является наиболее благоприятным для получения эффекта. Мы подошли к очень интересному вопросу о том, какой должна быть сила вибраций, действующая по оси вращения, чтобы вызвать в системе дополнительный ход времени, изменяющий причинные связи. Очевидно, этот вопрос относится к проблеме прочности причинных связей.

Можно ввести такое понятие, как коэффициент прочности причинных связей, определив его отношением силы, достаточной для изменения причинной связи, к силе, создающей эту причинную связь. Например, для опыта с весами таким коэффициентом будет отношение ускорения вибраций, нужное для получения первой ступени, к ускорению силы тяжести. Для данных рис. 1 коэффициент прочности получается порядка 20–30%. Наблюдения показали, что, несмотря на строгое соблюдение одних и тех же условий опыта, этот коэффициент меняется в очень широких пределах – от нескольких и почти до ста процентов. Очевидно, он меняется в силу каких-то сторонних обстоятельств, лежащих вне лаборатории. Часто наблюдались внезапные и совершенно нерегулярные изменения этого коэффициента, происходящие в течение нескольких минут. Создается впечатление, что этими наблюдениями удается улавливать свидетельства о каких-то процессах, происходящих вне лаборатории и, возможно, вне Земли. В опыте с вибрацией подвеса маятника очень трудно добиться, чтобы сила вибраций в направлении земной оси превышала 10% от веса. При неблагоприятных условиях такие силы могут оказаться недостаточными для получения эффекта. Поэтому опыт с маятником далеко не всегда дает эффект отклонения. На рис. 4 приведены результаты трехлетних наблюдений над маятником, находившимся все время в одинаковых условиях. Здесь вертикальный масштаб дан в соответствии со следующей пятибалльной шкалой появления эффекта: 0,5 – намек на эффект, 1–получается с трудом на очень сильном резонансе, 2 – на среднем, 3 – на малом, 4 – почти без резонанса. На этом рисунке приведены средние из данных за декаду. Получается замечательная общая закономерность условий появления эффекта: причинные связи легче всего могут быть изменены поздней осенью и зимой. Летом же они делаются наиболее прочными и летом эффект на маятнике еще ни разу не наблюдался.

Совершенно так же не всегда удается наблюдать эффект смещения гироскопа с горизонтальной осью при вибрациях подвеса. Однако если ось подвешенного на нити гироскопа наклонена к горизонту так, что сверху вращение кажется происходящим по часовой стрелке, то уже небольшие вибрации подвеса будут создавать проекции сил в направлении $+j$, достаточные для возбуждения горизонтального смещения гироскопа. При таких условиях параметрический резонанс не нужен, и опыт с гироскопом всегда может быть легко воспроизведен. Например, в опыте при наклоне оси гироскопа 60° к горизонту смещение в направлении оси, как и следовало ожидать, составило половину от смещения при горизонтальном расположении оси. В этом случае проекция сил вибраций на ось мало отличалась от их полной величины, и эффект смещения возбуждался очень легко на любой частоте и при малой амплитуде. При обратном же вращении гироскопа силы вибраций в направлении $+j$ отсутствуют, и потому никакого отклонения гироскопа от отвеса не получалось.

На первый взгляд может показаться, что различие условий воспроизведения опытов при соблюдении тех же лабораторных обстоятельств является неправдоподобным и что оно бросает тень на реальность изложенных здесь результатов. Однако если время действительно есть физическое явление, то оно не может обладать только одним неизменным свойством хода. С самой общей теоретической позиции мы должны ожидать сущест-

вования у времени свойств, которые могут меняться. Естественно полагать, что наблюдаемая прочность причинных связей оказывается различной из-за переменного свойства времени, которое может быть названо его интенсивностью. Это свойство времени подобно интенсивности света, которая характеризует свет помимо постоянной скорости его распространения. Изменение интенсивности времени должно происходить из-за каких-то пока невыясненных физических процессов. Уже одна возможность регистрации этих изменений показывает, что действие систем на другие системы может передаваться через время, без силовых полей.

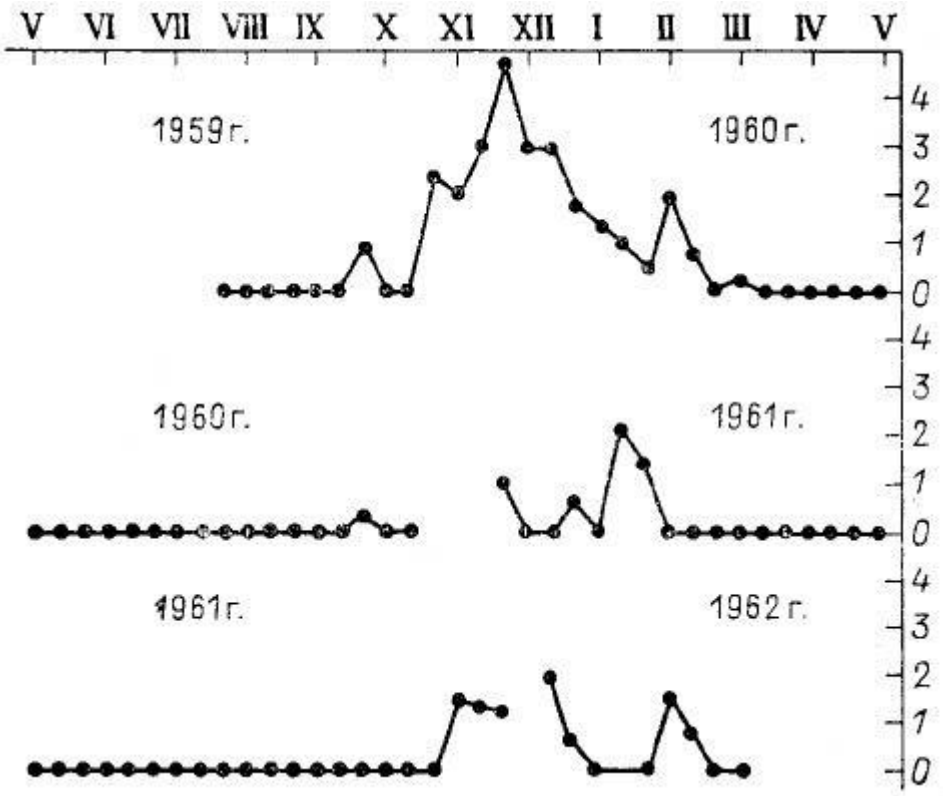

Рис. 4. Результаты систематических наблюдений над появлением эффекта отклонения маятника при вибрациях точки его подвеса.

Большинство описанных опытов было выполнено благодаря большому и инициативному участию В.Г. Лабейша в их постановке. Постоянную и существенную помощь оказывал С.Г. Наливаев. С Ю.И. Кулаковым происходили важные и интересные обсуждения этих вопросов. Автор пользуется случаем выразить этим лицам свою глубокую признательность за их внимание и интерес к этим работам. Произведенные опыты показывают возможность изучения сути причинности и свойств времени с помощью физического эксперимента. Из этих опытов вытекают следующие основные свойства времени:

1. Ход времени не может изменить общего количества движения системы.

2. Ход времени может создавать дополнительные напряжения в системе и тем самым менять ее потенциальную и полную энергию. Поэтому ход времени может быть источником энергии. Для астрофизиков этот вывод имеет большое значение, ибо, вероятно, этим механизмом поддерживается свечение звезд.

3. Ход времени может изменять момент вращения системы.

4. Ход времени является псевдоскаляром, и благодаря этому в Мире устанавливается принципиальное отличие правого от левого.

5. Благодаря конечности хода времени причинные связи не являются абсолютно прочными. Имеется возможность их видоизменять и даже обращать, т.е. влиять следствием на причину.

6. При изменении причинных связей могут получиться квантовые значения энергии системы, характерные для атомной механики.

С теоретической точки зрения наиболее интересным является дальнейшее развитие исследований в направлении изучения прочности причинных связей и природы изменений интенсивности времени.

Различие климатов обоих полушарий Земли, особенно различие океанических течений, несимметричное расположение континентов и многие другие разнообразные явления на Земле указывают на существенную роль асимметрических сил. Поэтому измерение этих сил в различных географических пунктах должно представлять большой интерес для наук, изучающих Землю. Необходимо усовершенствовать методику и распространить эти измерения на южное полушарие, доведя их по возможности до полюса.

История и методология естественных наук. Вып. 2. Физика. – М.: Изд-во МГУ, 1963, с. 95-113.

Адрес страницы: http://www.nkozyrev.ru/bd/023.php