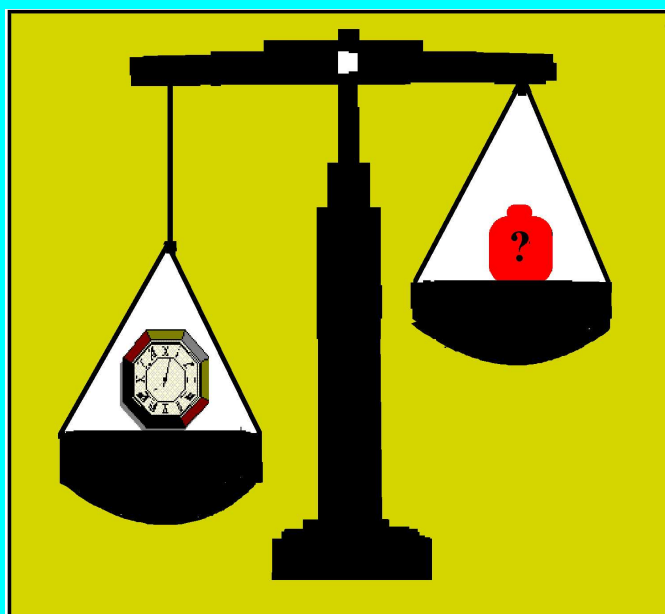


СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ им. В. А. БУГАЕВА

М. Л. Арушанов, С. М. Коротаев

ОТ РЕЛЯЦИОННОГО ВРЕМЕНИ К СУБСТАНЦИОНАЛЬНОМУ



Ташкент
1995

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор **Денисов Ю. М.** (САНИГМИ).

Канд. физ.-мат.-наук, директор института геоэлектромагнитных исследований РАН
Шнеер В. С.

Канд. физ.-мат. наук **Исаев Н. В.** (ИЗМИРАН РАН)

Дается конструктивное изложение феномена времени. Основное внимание уделено фундаментальному свойству времени - его необратимости, которая отсутствует в современных физических теориях.

Вопрос необратимости времени рассматривается с позиций причинной механики, разработанной известным ученым - астрофизиком *Николаем Александровичем Козыревым*. Несмотря на достаточно простой, практически популярный стиль, изложение ведется на строгом научном уровне. В сравнительном контексте с другими основополагающими фундаментальными теориями приводится ряд оригинальных результатов, полученных авторами, из которых важнейшим является формализация аксиоматики причинной механики.

Для специалистов в области физики, астрофизики, гидрометеорологии, геологии, сейсмологии, а также студентов и широкого круга читателей, интересующихся проблемами естествознания.

The essence of the time phenomenon is given. The principal attention is given to the fundamental time characteristic - its irreversibility which is absent in modern physical theories.

The time irreversibility is considered in the aspect of causal mechanics, elaborated by the famous scientist - astrophysician N. A. Kozyrev. The presentation of the material is rather correct, despite of simple and popular style, in comparison with other fundamental theories the series of original results obtained by the authors is presented, the most significant of which is the formalization of the causal mechanics axiomatics.

It will prove of value for the specialists in physics, astrophysics, hydrometeorology, geology, seismology and it also is of interest for the students and wide audience interested in the natural sciences.

© М.Л.Арушанов, С.М. Кортаев.

© Главное управление по гидрометеорологии
при Кабинете Министров Республики
Узбекистан, 1995г.

*По-моему, существует лишь один способ
представить великого ученого широкой
публике: обсудить и разъяснить
общепонятным языком задачи,
которые он решал всю жизнь,
и сами решения.*

Альберт Эйнштейн

ПРЕДИСЛОВИЕ

Время - одно из самых доступных понятий, прежде всего ассоциирующееся с часами. Так обстоит дело в повседневной жизни. В физике время - одно из самых загадочных определений. Фалес Милетский наделил время эпитетом "мудрое": "Мудрее всего - время, ибо оно раскрывает все". Нам неизвестно, вкладывал ли древний философ в данное им определение какой-либо физической смысл, скорее это просто метафора. Но может оказаться так, что один из известнейших представителей Милетской школы, не предвидя того, более чем за два с лишним тысячелетия вперед дал времени топологически точную трактовку - "... оно раскрывает все".

В быту представление о времени можно сравнить с определением понятия "воздух" воздух - это то, чем мы дышим; время-это то, что показывают часы. На самом деле каждый школьник знает, сколь сложно понятие "воздух", включающее в себя совокупность газов, подчиняющихся сложным термодинамическим законам. Сложным, но хорошо изученным, а значит понятным. С понятием "время" в физике и других науках дело обстоит намного сложнее. Что же такое время? Даже в учебниках физики вы не найдете ответа на этот вопрос. Причина в том, что время неопределяемое понятие. Наличие первичных (неопределяемых) понятий неизбежно в любой науке. Таковы, например, понятие точки или прямой в математике. Однако, время - это координата, аналогичная пространственным координатам. Теория относительности углубила эту аналогию, рассматривая пространство - время как единое четырехмерное многообразие. Выходит: вопрос исчерпан? Нет, далеко не так. Дело в том, что время обладает одним фундаментальным свойством - необратимостью. Тем не менее, свойство необратимости времени отсутствует в фундаментальных физических теориях. Таким образом, налицо огромное противоречие между фундаментальным положением физики, с одной стороны, и реальным Миром - с другой.

В этой книге, в отличие от классической концепции физического или астрономического времени, сделана попытка анализа конструкций времени в естествознании. В конструкции время - это уже не первичное, а определяемое понятие. Дело в том, что естественно стремление максимально сузить круг первичных понятий. Кроме того, возможны различные варианты набора этих понятий. Время также можно выразить через другие первичные понятия и по-разному в разных областях. И поэтому можно, как минимум, построить теории изменчивости, наиболее естественные для различных объектов исследования, а как максимум - действительно понять природу времени и даже искать пути к воздействию на него. Отход от классической концепции почти неизбежно ведет к предсказанию новых эффектов, на первый взгляд не связанных с проблемой времени.

Все разнообразие возможных подходов к проблеме времени можно разделить на два класса: реляционные и субстанциональные. В реляционных, как и в классике, время-это координата. В субстанциональных же, менее известных и менее проработанных, время служит не только координатой, но и обладает рядом свойств, в некотором смысле позволяющих говорить о его "материальности".

Одна из самых дерзких и замечательных гипотез субстанционального времени принадлежит удивительному человеку, астроному и астрофизику с мировым именем, талантливейшему естествоиспытателю, профессору Николаю Александровичу Козыреву. Его гипотеза сейчас уже известна как "козыревская теория времени". Эта теория вот уже почти полвека обсуждается, дискуссруется на разных научных уровнях и имеет как сторонников, так и противников. Авторы лично были знакомы с Н. А. Козыревым и в те небольшие периоды сотрудничества с ним были свидетелями того, как уже далеко не молодой ученый с бесконечной верой в правоту своей идеи и юношеской увлеченностью ставит эксперимент за экспериментом, еще и еще раз проверяя правильность выдвинутой гипотезы.

Книга посвящена светлой памяти Николая Александровича Козырева. Это посвящение не просто дань памяти "замечательному человеку ч выдающемуся ученому - в ней авторы сделали попытку донести до широкого круга любознательных и увлеченных людей Козыревский подход к проблеме времени. Свои труды Н. А. Козырев печатал в специальных журналах, практически недоступных широкой аудитории. Что же касается научно-популярных толкований его теории, то, за редким исключением, эти публикации скорее дискредитировали теорию, уводя читателя в фантастические бредни. Поэтому авторы выбрали достаточно строгий стиль изложения там, где затрагиваются принципиально важные вопросы, имеющие фундаментальное значение в физике. Вместе с тем авторы постарались в силу своих способностей достаточно доходчиво преподнести наиболее трудно воспринимаемые и спорные положения теории. При этом большое внимание уделяется описанию экспериментов и их точности. Конечно, для глубокого понимания рассматриваемой в книге теории требуется специальная подготовка, но мы надеемся, что книга будет интересна и читателю со школьным образованием. Такой читатель может опускать математические выкладки, а их сущность воспринимать из текста книги, в которой большое внимание уделено именно анализу приводимых физических законов. Более того, рискуя показаться скучными для достаточно подготовленного читателя, мы все же решили подробнейшим образом изложить фундаментальные аспекты классической механики, теории относительности и квантовой механики, руководствуясь идеей сконцентрированности материала по излагаемой проблеме, избегая ссылок на обширную литературу, в которой эти аспекты неоднократно рассматривались.

Настоящая книга состоит из 4-х глав. Изложенный в первых двух главах материал подготавливает читателя к восприятию субстанционального подхода к проблеме времени, в которых описываются физические теории времени в рамках реляционного подхода с акцентом на трудности, возникающие в этих теориях при таком подходе. Сказанное достигается рассмотрением эволюции воззрения на проблему времени, начиная с античных философов до теорий Ньютона, Пуанкаре, Эйнштейна и, наконец, Пригожина. Изложение эволюции взглядов на природу времени позволяет (в той степени, в которой это нам удалось) нарисовать целостную картину теории времени, показать тот тупик, к которому она пришла в рамках реляционного подхода, и тогда обратиться к проблеме времени с точки зрения субстанционального подхода и рассмотреть козыревскую теорию времени.

В книгу включены выдержки из библиографических очерков, о Н. А. Козыреве, написанные его коллегой и другом А.Н. Дадаевым.

Авторы выражают признательность профессору Ю. М. Денисову за ряд существенных замечаний и пожеланий.

*М. Л. Арушанов
С. М. Коротяев*

Глава I. РЕЛЯЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВРЕМЕНИ

Наблюдая за окружающим Миром, происходящими в нем явлениями, постепенно систематизируя, а затем целенаправленно изучая их, на протяжении многих веков человечество выработало основные понятия, являющиеся базисом наших знаний. Одним из таких базисных понятий является понятие времени.

1.1. Воззрение на время античных философов

Было ли начало у времени? Прекратится ли его ход когда - либо? Может ли время остановиться? Все эти чрезвычайно важные вопросы, при ответе на которые современная наука находится в замешательстве, были поставлены еще в античные времена в древней Греции. Одни античные мыслители связывали время с движением, другие утверждали, что "время само по себе, вне движения тел и покоя". К первым принадлежал Платон, ко вторым - Лукреций. Точку зрения Платона оспаривал один из самых знаменитых его учеников - Аристотель. Он указывал, что время и движение (даже всей Вселенной) - это все же разные вещи, не смотря на то, что движения происходят во времени. Разница между этими понятиями состоит прежде всего в том, что на движение можно воздействовать, убыстряя или замедляя его, в конечном счете движение можно остановить, а время ни прервать, ни снова пустить его в ход нельзя. По Аристотелю "время есть число движения", то есть время дает движению меру. В результате, благодаря времени, движение получает количественную меру (не что иное как скорость) и тем самым становится возможным определить, какое движение быстрее, а какое медленнее.

Основным оружием древнегреческих ученых была логика, зародившаяся в лоне единой нерасчлененной науки - античной философии. Античная философия в ту эпоху объединяла всю совокупность знаний об окружающем Мире и отождествляла законы мышления и бытия. Гераклит утверждал, что Мир является совокупностью событий, а не вещей. Ксенократ, ученик Платона, выдвинул идею, опередившую научную мысль на многие века, о существовании неделимых атомов времени (хрононов). На сегодняшнем языке эта идея относится к субстанциональной концепции времени. Августин был менее категоричен: " Я прекрасно знаю, что такое время, пока не думаю об этом. Но стоит задуматься - и вот я уже не знаю, что такое время". На вопрос: "что такое время?" не ответит и современный ученый. Поэтому неудивительно, что логика "здорового смысла" не всегда могла помочь древним мыслителям в понимании окружающего Мира. По-видимому, это явилось одной из причин, побудивших Зенона высказать свое критическое отношение к существующим в ту эпоху философским воззрениям на окружающий Мир. Сделал он это достаточно оригинальным способом в виде так называемых апорий (апория - противоречивость в суждении). Апории Зенона оказали большое влияние на развитие науки, до сих пор не утратили своей остроты и все еще вызывают споры. По своей сути апории Зенона - это анализ времени и движения с целью осмысливания их взаимной связи. Наиболее известные из них это апории "Стрела" и "Ахилес и черепаха", менее известная под названием "Дихотомия" (дихотомия - деление на два). Во всех апориях Зенона речь идет о дроблении пути и времени на малые отрезки и кратчайшие мгновения. В результате возникает бесконечное число все более мелких отрезков пути и промежутков времени. Это бесконечное дробление приводит к выполнению бесконечного числа действий за конечный промежуток времени. Последнее отвергается как невозможное, но тогда невозможно и движение. Бесконечности, очевидно, не возникло бы, если бы такому дроблению существовал предел. Последнее для времени означало бы, что существуют

его неделимые "части", атомы времени, то есть мы пришли к идее "хрононов" Ксенократа, а вместе с тем к концепции субстанциональности времени.

Противоречия возникают у Зенона не из-за ошибок в рассуждениях, а прежде всего из-за сложной, противоречивой самой по себе природы изучаемого явления. Мнение, что течение времени происходит не по прямой, а по окружности, разделяли многие древние мыслители. Противоречивы ли эти геометрические образы? Архимед, последний из известнейших античных мыслителей, рассматривает кривую, которую описывает движущееся тело по прямой линии, вращаясь вокруг оси. Как известно, такая кривая представляет собой спираль, названная архимедовой. Здесь цикличность (вращение) совмещается с поступательным движением.

Архимед не предлагает свою спираль в качестве нового образа времени, но так или иначе, она наглядно его представляет, соединяя в одно целое время и движение. На основании этой модели возможны три подхода к понятию времени: 1) время состоит из огромных повторяющихся циклов; 2) время течет так, что никаких возвратов к прежнему нет; 3) возврат возможен на новом, более высоком витке спирали, то есть на более высоком уровне развития Мира. Из этих трех возможностей каждая представляет определенный интерес. Руководствуясь "здравым смыслом", обеспечивающим внутреннюю непротиворечивость выдвинутой гипотезы (что являлось в античной логике необходимым и достаточным условием), древние мыслители по астрономическим причинам предпочли первый подход.

Сделав первый шаг к современному научному мышлению, античные философы первыми сделали здравые и проницательные суждения о времени, особенно его связи с движением, а главное, они начали поиски сущности времени. Следующий шаг к его пониманию сделали Галилей и Ньютон.

1.2. Начало науки о времени

Переломным моментом в развитии знаний и методологии получения их стала эпоха Возрождения. Одним из ярких представителей этой эпохи был Коперник. Его труд "О вращении небесных тел" явился революционным в науке, ибо, как известно, в то время господствовало учение Аристотеля, согласно которому для поддержания движения все время необходимо действие силы. На основе астрономических наблюдений Коперник создал новую модель Солнечной системы - гелиоцентрическую систему Мира, тем самым "взорвал" догмы Аристотелевой физики. Он понял один из фундаментальных принципов будущей классической физики Ньютона, а именно, что на движущейся по инерции Земле все должно происходить так, как на неподвижной. По сути он понял до Галилея и Ньютона механический принцип относительности движения и свойства движения по инерции, окончательная формулировка которых была дана столетие спустя другим великим представителем эпохи Возрождения Галилеем - основоположником современного научного метода: проведение экспериментов в лаборатории. Благодаря этому методу он смог объяснить немало явлений природы, которые оставались загадкой в течение многих столетий. Наиболее важным из них, в рамках нашей темы, является открытие инерции и инерциального движения: "... движение по горизонтали является вечным, ибо если оно является равномерным, то оно ничем не ослабляется, не замедляется и не уничтожается". Этот закон лежит в принципе механической относительности, понятый еще Коперником до его "официального" открытия.

Во истину человечество не хочет жить без великих людей, а природа щедро восстанавливает потери. В год смерти Галилея родился великий Ньютон. Своими трудами последней завершил создание классической физики и первой физической, уже в нашем понимании, теории времени.

1.3. Абсолютное пространство, абсолютное время в ньютоновской механике

На определенном этапе своего развития в физике было признано, что геометрия окружающего нас мира евклидова. Она была открыта в результате наблюдений и сформулирована более 2-х тысячелетий назад древнегреческим математиком Евклидом. В основе геометрии Евклида лежат постулаты или аксиомы. Постулатов пять:

- 1) *между любыми двумя точками можно провести прямую;*
- 2) *любую ограниченную, прямую можно непрерывно продолжить до бесконечности;*
- 3) *из любого центра можно описать окружность любого радиуса;*
- 4) *все прямые углы равны;*
- 5) *всякий раз, как прямая при пересечении с двумя другими прямыми образует с ними внутренние углы, сумма которых меньше двух прямых, то эти прямые пересекаются с той стороной, с которой эта сумма меньше двух прямых.* Особое место в этих постулатах занимает пятый. Уже невооруженным глазом видно, что по наглядности он явно уступает первым четырем. По-видимому, Евклид пытался доказать его как теорему, но безуспешность найти доказательство вынудило это утверждение представить в виде постулата. Вслед за Евклидом попытки доказать пятый постулат предпринимались многими математиками, но безуспешно. Однако эта "безуспешность" в конце концов привела к открытию других неевклидовых геометрий.

На математическом языке структура геометрии полностью задается выражением квадрата расстояния между соседними бесконечно близкими точками. В декартовых координатах евклидова пространства квадрат расстояния l имеет вид:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (1.1)$$

Здесь dx^2 , dy^2 , dz^2 - дифференциалы координат. Выражение (1.1) не что иное как теорема Пифагора для случая трехмерного пространства.

Пространство Галилея и Ньютона является евклидовым бесконечным пространством, однородным (его свойства не меняются от точки к точке), изотропным (его свойства не зависят от направления), частично заполненным, частично пустым. Это пространство являетсяместищем для материи. Сам Ньютон по этому поводу писал следующее: "Абсолютное пространство по своей сущности безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным". Именно определение пространства как абсолютного однозначно приводит к первому закону движения, известному как первый закон Ньютона в его классической механике:

В отсутствии сил тело, движущееся в пустоте, в которой нет ни центра, ни выделенного направления, перемещается с постоянной скоростью по прямой линии.

Здесь напрашивается вопрос: "Относительно чего происходит равномерное движение тела?" Предположение об абсолютности пространства дает возможность "найти" удобную площадку для наблюдения всех явлений. На минуту представим, что мы нашли такую площадку, и первый закон движения выполняется с точки зрения наблюдателя, находящегося на этой площадке. Если на тело не действует сила, то это тело, наблюдаемое с выбранной площадки, будет равномерно перемещаться по прямой линии с постоянной скоростью. Но таким же свойством обладают бесчисленное множество площадок, движущихся равномерно относительно выбранной нами. Каждая из бесчисленного множества площадок является и н е р ц и а л ь н о й системой отсчета.

"Центр системы мира - писал Ньютон, - находится в покое. Это признается всеми, ибо одни принимают находящимся в этом центре и покоящимся Землю, другие - Солнце". В рамках ньютоновской системы совершенно безразлично, находится ли

центр Вселенной в покое или движется равномерно. С позиций инерциальной системы отсчета никоим образом, находясь в закрытой каюте плавно и равномерно плывущего корабля, мы не сможем определить каково наше абсолютное движение.

Время в физике Ньютона представляется как поток длительности, в который вовлечены абсолютно все процессы, и уподобляется реке, течение которой не зависит ни от чего. "Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью". Таким образом, Ньютон утверждал, что ни на пространство, ни на время никак нельзя повлиять, поэтому они и называются абсолютными.

Здесь необходимо отметить весьма любопытный момент, по сути не относящийся к теме нашего разговора, но представляющий несомненный интерес, если хотите, с точки зрения психологического "переваривания" наблюдаемых явлений окружающего мира великим ученым. Как и Галилей, Ньютон прекрасно понимал "цену" относительности движения. Кроме того, он прекрасно понимал и, более того, показал, что движение связано с пространством и временем. Тем не менее, руководствуясь "здравым смыслом", он абсолютизирует пространство и время, наделяя движение свойством относительности. Абсолютизация Ньютоном "сцены" (по образному выражению Эйнштейна) - пространство и время, на которой развиваются физические явления, делается на основании наблюдений за движениями тел на Земле, из астрономических наблюдений за движением небесных тел и, наконец, многочисленных физических экспериментов. Такая "ошибка" в допущениях о свойствах пространства и времени объясняется тем, что быстрота движений и величины энергии известные и наблюдаемые в повседневной жизни того времени несоизмеримо меньше известных, скажем, в XX веке. Действительно, при малых скоростях механика Ньютона с большой степенью точности описывает реальные процессы окружающего мира. Поэтому принцип "здравого смысла", которому следовал Ньютон, "сработал" превосходно на том этапе развития науки. Эйнштейн иначе относился к использованию "здравого смысла" в науке, говоря, что "здоровый смысл - это предрассудки, которые складываются у человека до 18 лет". Действительно, принцип "здравого смысла" в понимании античных философов и ученых эпохи Возрождения навряд ли привел бы к открытию теории относительности.

В ньютоновской теории не рассматриваются какие-то специальные свойства пространства и времени. Время у Ньютона - это "река" с бесконечным ламинарным течением, которое обладает только одним свойством - одинаковой длительностью. "Абсолютное время" одно во всей Вселенной. Кроме того, разрешая мгновенное взаимодействие (распространение сигнала с бесконечной скоростью), теория Ньютона утверждает абсолютную одновременность событий: если изменяется положение тяготеющих масс, то это мгновенно меняет силы тяготения, порожденные этими массами, во всем пространстве.

Таким образом, на основании того, что никакими механическими опытами нельзя определить, покоится ли тело в "абсолютном" пустом пространстве или движется, идея абсолютности пространства и времени оказалась красивой идеализацией, начисто отклоненной Эйнштейном в теории относительности. По-видимому, это понимал и сам Ньютон. Но он не мог знать о том, что идея мгновенного взаимодействия более чем через три столетия будет по-новому теоретически обоснована и экспериментально доказана. Это сделал Пулковский астрофизик Н. А. Козырев. Об этом мы поговорим, когда будем рассматривать козыревскую теорию времени. А сейчас, прежде чем перейти к Эйнштейновской теории времени, рассмотрим преобразования скоростей в классической механике.

1.4. Преобразования Галилея

Столетиями считалось очевидным, что если скорость одного тела относительно другого равна V_0 , а второго относительно третьего $-V_1$, то скорость V_2 первого относительно третьего равна

$$V_2 = V_0 + V_1. \quad (1.2)$$

Для описания физических явлений еще Галилей ввел понятие инерциальной системы, в которой любое тело, на которое не действует никакая сила, находится в покое или движется с постоянной по величине и направлению скоростью. При одинаковых начальных условиях механические явления во всех инерциальных системах совершаются одинаково. Последнее означает, что законы, описывающие механические движения, во всех инерциальных системах имеют одинаковую форму, то есть они инвариантны при переходе от одной системы координат к другой. Второй закон Ньютона гласит:

сила F прямо пропорциональна массе тела m и ускорению a :

$$F = ma. \quad (1.3)$$

Для данного тела масса m - величина постоянная. Ускорение a и величина силы F при переходе от одной инерциальной системы к другой не изменяются. Следовательно, закон (1.3) остается тем же в любой инерциальной системе. Это утверждение является постулатом, сформулированным Галилеем. Из него вытекают известные преобразования Галилея.

Рассмотрим две системы координат: $K_1\{X_1, Y_1, Z_1\}$ и $K_2\{X_2, Y_2, Z_2\}$ (рис.1). Пусть система K_2 движется относительно системы K_1 вдоль оси X со скоростью $V = \text{const}$. Из рис.1 видно, что координаты точки A в обеих системах связаны соотношениями:

$$X_2 = X_1 - Vt, \quad Y_2 = Y_1, \quad Z_2 = Z_1. \quad (1.4)$$

Выражение (1.4) и есть формулы преобразования Галилея. Здесь в полном соответствии с представлениями Ньютона об абсолютном времени принимается, как очевидное, что

$$t_2 = t_1. \quad (1.5)$$

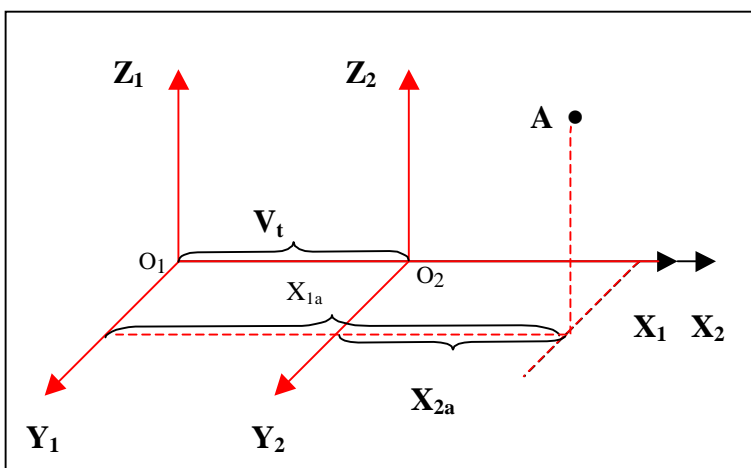


Рис. 1. Координата X_2 точки A в системе K_2 , движущейся вдоль оси X_1 со скоростью V , уменьшается по закону $X_2 = X_1 - Vt$.

Равенство (1.5) означает, что промежутки времени между одними и теми же событиями одинаковы для всех наблюдателей и что два события, одновременные для одного наблюдателя (в системе K_1) будут одновременными и для всех других в системах K_2 , K_3 и т.д.

Все законы классической механики инвариантны относительно преобразований Галилея.

1.5. Релятивистские преобразования Лоренца

Мы видели, что основной вывод, вытекающий из преобразований Галилея в классической физике, заключается в различии скоростей сигнала относительно двух систем (K_1 , K_2), движущихся одна относительно другой со скоростью $V \neq 0$, то есть имеет место закон сложения скоростей (1.2).

Согласно представлениям классической оптики, свет распространяется в виде колебаний гипотетической среды, называемой "мировым эфиром". "Скорость" представляет собой относительное понятие, то есть когда говорят о скорости, всегда необходимо указывать, относительно какой системы координат эта скорость определяется. Что касается скорости света, которую впервые еще в 1673 году определил Ремер, то классическая физика истолковывала результаты, ее измерений так, что последняя есть скорость света относительно мирового эфира.

В 1881 году Майкельсон и Морли провели ряд экспериментов с целью определения скорости света относительно Земли в разных направлениях. Результат получился совершенно неожиданным. Если через K_1 обозначить систему координат, связанную с Землей, а через K_2 - систему координат, связанную с эфиром, то согласно закону сложения скоростей (1.2), скорости световых сигналов, посылаемых относительно Земли в различных направлениях, должны были бы иметь различные значения в зависимости от направления. Вместо этого оказалось, что свет распространяется в любом направлении относительно поверхности Земли с одной и той же скоростью C , равной $\approx 3 \cdot 10^8$ км/с.

Этот "парадоксальный" результат с точки зрения классической физики можно объяснить, предположив, что Земля увлекает за собой слой эфира, оставаясь в покое относительно его. Однако это предположение полностью отвергает другие свойства эфира, которые необходимо принять для того, чтобы гипотеза эфира не привела к противоречиям.

Таким образом, во второй половине XIX века впервые незыблемость законов классической физики была поколеблена, а парадоксальные результаты, полученные в опытах Майкельсона и Морли, заставили физиков искать более глубокие причины. Первый "удар" по классической механике был нанесен голландским физиком Лоренцом, который показал, что в кинематике переход от одной системы координат к другой определяется не преобразованиями Галилея, а другими, названными впоследствии его именем - *преобразования Лоренца*. Забегая вперед, отметим, что фундаментальный смысл этих преобразований был понят несколько позже, когда Эйнштейн получил их на основании своего постулата о постоянстве скорости света, отказавшись окончательно от представления об абсолютном времени.

Выше на основе допущения об абсолютности времени были показаны преобразования Галилея. В наиболее общем виде формулы преобразования координат (их частный случай представлен формулами (1.4)) имеют вид:

$$(X_1, Y_1, Z_1, t_1) \Leftrightarrow (X_2, Y_2, Z_2, t_2). \quad (1.6)$$

Формула (1.6) означает, что если в системе K_1 заданы четыре координаты, то соответствующие координаты известны в системе K_2 и наоборот.

Рассмотрим, какой вид примет формула (1.6) при предположениях, положенных Эйнштейном в основу теории относительности:

1. Система K_2 движется относительно системы K_1 с постоянной скоростью.
2. Существует сигнал S , скорость C которого одинакова относительно обеих систем K_1, K_2 независимо от направления распространения сигнала.

Как видно, 2-ой постулат Эйнштейна находится в противоречии с представлением об абсолютности времени (1.5), с классическим законом сложения скоростей (1.2) и требует релятивизации понятия времени. Таким образом, для часов h_1, h_2 , помещенных в системах K_1 и K_2 , при их пространственном совпадении формула (1.5) не должна выполняться, то есть $t_1 \neq t_2$. Соответственно этому выводу не должна выполняться и формула (1.2) - закон сложения скоростей, основанный на постулате абсолютного времени.

Можно легко показать, что на основании постулатов 1 и 2 преобразование (1.6) линейное. Кроме того, положив, что начальная точка системы K_2 имеет те же координаты в системе K_1 , то формулы, выражающие преобразование (1.6), можно получить с помощью элементарных операций для пространственно - одномерного мира событий в системах $K_1(X_1, t_1)$ и $K_2(X_2, t_2)$.

На основании линейности преобразований имеем:

$$\begin{aligned} X_2 &= \alpha X_1 + \beta t_1, \\ t_2 &= \xi X_1 + \delta t_1, \end{aligned} \quad (1.7)$$

где $\alpha, \beta, \xi, \delta$ – коэффициенты, независимые от координат.

Пусть E_0 - событие, состоящее в посылке сигнала из точки $X_1=0, t_1=0$ системы K_1 . Согласно сделанному выше предположению, событие E_0 в системе K_1 имеет те же координаты - $X_2=0, t_2=0$. Далее, пусть событие E состоит в прохождении сигнала S через точку X_1 в системе K_1 в момент местного времени t_1 . Путь, пройденный сигналом S в течение t_1 секунд, равен X_1 , а так как скорость сигнала, в силу постулата 2, равна C , то $X_1=Ct_1$. Координаты X_2, t_2 сигнала S события E могут быть получены по формулам преобразования (1.7) подстановкой в них значения $X_1=Ct_1$:

$$\begin{aligned} X_2 &= (\alpha C + \beta)t_1, \\ t_2 &= (\xi C + \delta)t_1. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Тогда скорость сигнала S относительно системы K_2 равна

$$\frac{X_2}{t_2} = \frac{\alpha C + \beta}{\xi C + \delta}, \quad (1.9)$$

но на основании постулата 2 эта скорость равна C . Поэтому имеем

$$C = \frac{\alpha C + \beta}{\xi C + \delta}, \quad (1.10)$$

или

$$\xi C^2 + (\delta - \alpha)C - \beta = 0. \quad (1.11)$$

Положим, что сигнал S послан в противоположном направлении, то есть его скорость относительно систем K_1 и K_2 равна $-V$. Отсюда следует, что уравнение (1.11) должно иметь место при замене C на $-C$:

$$\xi C^2 - (\delta - \alpha)C - \beta = 0. \quad (1.12)$$

Вычтя из (1.11) выражение (1.12), а затем сложив их, получим

$$\delta = \alpha; \quad \beta = \xi C^2. \quad (1.13)$$

Тогда формулы (1.7) примут вид:

$$\begin{aligned} X_2 &= \alpha X_1 + \xi C^2 t_1, \\ t_2 &= \alpha t_1 + \xi X_1, \end{aligned} \quad (1.14)$$

Определим теперь скорость V_2 точки $X_2=0$ системы K_2 относительно системы K_1 . На основании принятого предположения и согласно первой из формул (1.14)

$$0 = \alpha X_1 + \xi C^2 t_1 \quad \text{или} \quad X_1/t_1 = -\xi C^2 / \alpha. \quad (1.15)$$

Согласно постулату 1 $X_1/t_1=V$ -скорость точки относительно системы K_1 . Тогда

$$V = -\xi \frac{C^2}{\alpha} \quad \text{или} \quad \xi = -\alpha \frac{V}{C^2}. \quad (1.16)$$

Подставив значение ξ из выражения (1.16) в формулу (1.14), получим

$$\begin{aligned} X_2 &= \alpha(X_1 + Vt_1), \\ t_2 &= \alpha(-VX_1/C^2 + t_1). \end{aligned} \quad (1.17)$$

Таким образом, постулаты 1,2 определяют формулы преобразований координат с точностью до постоянного множителя α . Найдем этот множитель, воспользовавшись свойством симметрии в преобразованиях Галилея, путем замены скорости V системы K_2 относительно системы K_1 на $-V$ - скорость системы K_1 относительно системы K_2 . Предположим, что свойство симметрии должно соблюдаться и в релятивистском случае. Тогда уравнения (1.17), решаемые относительно X_1, t_1 примут вид:

$$\begin{aligned} X_1 &= \alpha(X_2 + Vt_2), \\ t_1 &= \alpha(VX_2/C^2 + t_2). \end{aligned} \quad (1.18)$$

В (1.18) X_1 и t_1 соответственно переходят в X_2 и t_2 а V заменяется на $-V$. Полагая, что X_2, t_2 известны, с учетом (1.17) получаем систему 2-х уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{1}{\alpha(1-V^2/C^2)}(X_2 + Vt_2), \\ t_1 &= \frac{1}{\alpha(1-V^2/C^2)}\left(\frac{VX_2}{C^2} + t_2\right). \end{aligned} \quad (1.19)$$

Условие симметрии требует равенства множителей α и $1/\alpha(1-V^2/C^2)$, стоящих в правых частях формул (1.17) и (1.19):

$$\alpha^2 = \frac{1}{1 - V^2/C^2}.$$

В силу того, что $\alpha^2 > 0$, разность $1 - V^2/C^2 > 0$, следовательно, относительная скорость V систем K_1 и K_2 меньше скорости света C . Таким образом,

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - V^2/C^2}}. \quad (1.20)$$

Окончательно, формулы преобразования (1.17) примут вид:

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{1}{\sqrt{(1 - V^2/C^2)}}(X_1 - Vt_1), \\ t_2 &= \frac{1}{\sqrt{(1 - V^2/C^2)}}\left(t_1 - \frac{V}{C^2}X_1\right) \end{aligned} \quad (1.21)$$

Формулы (1.21) и есть релятивистские преобразования Лоренца, не совпадающие с классическими преобразованиями Галилея. Абсолютность времени заменяется его относительностью, выраженной второй формулой в (1.21), то есть время зависит от системы координат, в которой оно определяется. Аналогично, релятивистская форма закона сложения скоростей отлична от классического представления и легко может быть получена из формул преобразования Лоренца.

Для этого рассмотрим произвольный сигнал S , посылаемый из точки $X_1=0$ системы K_1 в момент времени $t_1=0$ (событие E_0). В системе K_2 это событие имеет такие же координаты: $X_2=0$, $t_2=0$. Положим, что S достигает точки X_1 системы K_1 в момент времени t_1 (событие E). В системе K_2 это событие имеет координаты X_2 , t_2 , которые связаны с координатами X_1 , t_1 формулами (1.21). Скорость сигнала S относительно системы K_1 равна X_1 / t_1 . Скорость U_2 сигнала S относительно системы K_2 определится из выражения:

$$U_2 = \frac{X_2}{t_2} = \frac{X_1 - Vt_1}{t_1 - VX_1/C} = \frac{X_1/t_1 - V}{1 - VX_1/Ct_1} \quad \text{или} \quad (1.22)$$

$$U_2 = \frac{U_1 - V}{1 - U_1V/C}. \quad (1.23)$$

Выражение (1.23) определяет релятивистскую форму закона преобразования скоростей. Так как по предположению $V=\text{const}$ и $U_1=\text{const}$ в системе K_1 , то из (1.23) следует, что скорость U_2 сигнала S относительно системы K_2 , как в классическом случае, постоянна. Принципиальное отличие от последнего состоит в том, что скорость U_2 равна не разности $U_1 - V$ (согласно формуле (1.2)), а частному от деления этой разности на выражение $1 - U_1V/C$.

Подстановка в (1.23) значения $U_1=C$ дает выражение $U_2=C$, то есть скорость света $C=\text{const}$ для всех лоренцевых систем K_1 , K_2 и т. д., что и требует постулат постоянства скорости.

Легко видеть, что первая из формул (1.21) преобразований Лоренца отличается от аналогичной в преобразованиях Галилея (1.4) только множителем $\alpha=1/(1-V^2/C^2)^{1/2}$, называемым коэффициентом Лоренца. В предельном случае, когда $V \ll C$, формулы

преобразования Лоренца ничтожно мало отличаются от формул преобразования Галилея. Следовательно, кинематика классической физики содержится в релятивистской кинематике как предельный случай.

1.6. Неевклидовы геометрии

Как уже отмечалось в разделе 1.3, возникновение неевклидовых геометрий является удивительным результатом неудавшихся попыток доказать, что Евклидова аксиома параллельности вытекает из других его аксиом.

Практически одновременно и независимо друг от друга в первой половине IX века немецкий математик Гаусс, венгерский офицер Больяй, русский математик Лобачевский пришли к выводу о возможности построения геометрии на основе новой системы постулатов и аксиом. Опасаясь "криков невежд", Гаусс не стал публиковать свои открытия об основах геометрии. Раньше других свои результаты опубликовал Лобачевский, поэтому соответствующая геометрическая система чаще всего называется "неевклидовой геометрией Лобачевского".

Суть идеи Гаусса чрезвычайно проста, хотя, чтобы к ней придти, человечеству понадобилось более 2-х тысяч лет. Геометрия Евклида - это геометрия на плоскости. Перенесение же этой геометрии на искривленную поверхность приводит к нарушению справедливости пятой аксиомы Евклида. Это можно легко понять, перенеся прямую линию на глобус и рассмотрев, например, отрезок меридиана. Сразу становится понятным, что провести параллельную ему линию невозможно: прямая линия на сфере представляет собой круг. Прямая линия, проведенная параллельно другой прямой, обязательно пересечется с ней точно так же как все меридианы пересекаются на земных полюсах.

Идеи Гаусса в неевклидовой геометрии развил его ученик Риман. Если Гаусс рассматривал свою геометрию в 2-х измерениях, то Риман обобщил выводы Гаусса на три и более измерений. При этом его не волновал вопрос о возможной наглядности (точнее ненаглядности) его геометрии.

Два других математика - Лобачевский и Больяй, изменив пятый постулат Евклида, разработали другую неевклидову геометрию. В их геометрии через точку, расположенную вне прямой, можно провести бесконечное число параллельных линий. Таким образом, в геометрии Евклида через точку, расположенную вне прямой, можно провести одну прямую, в Римановой - ни одной, в геометрии Лобачевского - Больяйи - бесконечное число.

В разделе 1.3 мы затронули понятие структуры геометрии, которая полностью задается выражением квадрата расстояния между соседними бесконечно близкими точками. Если в выражении (1.1) для квадрата расстояния в евклидовой геометрии вместо декартовых координат использовать какие-либо другие - криволинейные (например, сферические, цилиндрические и т.д), то квадрат расстояния между соседними точками в этих координатах примет вид

$$\Delta l^2 = g_{ik}(x) dx^i dx^k \equiv \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 g_{ik} dx^i dx^k \quad (1.24)$$

В (1.24) коэффициент g_{ik} определяет структуру геометрии и называется метрическим тензором.

Надо отметить, что появление тензорного исчисления - весьма красивого и достаточно абстрактного раздела математики, обязано двум математикам - Риччи и Кристофелю, которые создали его, развивая идеи Римана. Впоследствии Эйнштейн воспользовался этим математическим аппаратом при создании общей теории относительности.

Поясним понятие метрического тензора на простом примере. Рассмотрим, для простоты, двухмерную координатную систему. Величина, которая характеризуется в любой координатной системе одним числом называется *скаляром*. Величина, которая в рассматриваемой нами системе характеризуется двумя числами (составляющими), называется *вектором*. Но существуют величины, которые задаются в каждой двухмерной координатной системе четырьмя числами. Такие величины называются *тензорами*. Тензор, определяющий метрику (расстояние между точками в заданном пространстве), называется *метрическим тензором* или, учитывая его важную роль в физике и математике, *фундаментальным метрическим тензором*.

Для того, чтобы получить четверку коэффициентов (компонент), определяющих тензор в двухмерной системе координат, достаточно составить смешанные произведения дифференциалов координат и умножить их на коэффициент с индексами, указывающими какие дифференциалы умножаются один на другой. Так, g_{11} -коэффициент при произведении $dx dx$, g_{12} - коэффициент при произведении $dx dy$, g_{22} -коэффициент при произведении $dy dy$, g_{21} -коэффициент при произведении $dy dx$. Сумма этих произведений для любой поверхности равна квадрату расстояния dl . В случае евклидовой геометрии $g_{11}=g_{22}= 1$, $g_{12}= g_{21} =0$.

Метрический тензор можно записать в виде матрицы, элементами которой являются коэффициенты g_{ik} :

$$g_{ik} = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} - \text{метрический тензор евклидова пространства.}$$

Таким образом, в евклидовой геометрии всегда можно ввести во всем пространстве глобальные декартовы координаты метрического тензора, равные единице. Это означает, что кривизна евклидова пространства в каждой его точке равна нулю, т.е. оно "плоское".

Геометрия Лобачевского-Больяи описывает поверхность с отрицательной кривизной; такую поверхность имеет седло. Если в ней начертить треугольник, сумма внутренних углов будет меньше 180° (рис.2).

Окончательное доказательство непротиворечивости геометрии Лобачевского было дано во второй половине IX века Бельтрами и Клейном. Они показали, что геометрия Лобачевского эквивалентна геометрии на трехмерном гиперboloиде, помещенном в че-

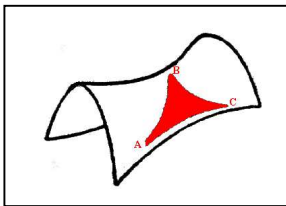


Рис. 2. Двухмерный гиперboloид в трехмерном пространстве-поверхность отрицательной кривизны.

тырехмерное пространство с евклидовой геометрией, непротиворечивость которой уже известна. Тогда все утверждения относительно прямых в геометрии Лобачевского относятся, к так называемым, геодезическим линиям на гиперboloиде. Параметр размерности длины, фигурирующий в геометрии Лобачевского, определяет кривизну трехмерного гиперboloида. Наглядно смысл сказанного иллюстрирует рис.2, на котором изображен двухмерный гиперboloид в нашем обычном трехмерном пространстве. Геометрия на нем эквивалентна двухмерной геометрии Лобачевского - аналогу планиметрии Евклида.

Риман, в отличие от своих коллег, пришел к неевклидовой геометрии на основе развитого Гауссом аппарата описания геометрии двухмерных кривых поверхностей, не затрагивая пятый постулат Евклида. В его, например, сферической геометрии, являющейся антитезой гиперболической геометрии, через точку вне прямой вообще нельзя провести прямую, ей параллельную. Такая геометрия эквивалентна геометрии на трехмерной сфере в четырехмерном евклидовом пространстве. Ее двухмерный вариант - сферическая геометрия на земном шаре. Здесь также роль прямых играют геодезические дуги большого круга. Понятие параллельных прямых в геометрии Римана вообще теряет смысл, а сумма углов сферического треугольника больше 180° . На рис. 3 показана отображенная на плоскость сфера со сферическим треугольником на ней.

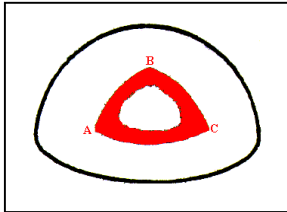


Рис. 3. Отображенная на плоскость сфера вместе со сферическим треугольником на ней - поверхность положительной кривизны.

Риман обобщил фундаментальное понятие кривизны пространства. В римановой геометрии квадрат расстояния между двумя соседними точками определяется выражением (1.24). Принципиальное отличие римановой геометрии от геометрии Евклида состоит в том, что в первой не существует во всем пространстве единых декартовых координат, в котором метрический тензор был бы всюду постоянен. Это и означает, что кривизна риманова пространства всегда отлична от нуля, а ее значение зависит от точки пространства. Если к пространственным координатам x^1, x^2, x^3 добавить временную x^0 , то метрический тензор g_{ik} такого четырехмерного пространства представляется матрицей 4-го порядка:

$$g_{ik} = \begin{vmatrix} g_{00} & g_{01} & g_{02} & g_{03} \\ g_{10} & g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{20} & g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{30} & g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{vmatrix}$$

Зная метрический тензор g_{ik} во всем пространстве, можно написать уравнение линии экстремальной длины (уравнение геодезической), соединяющей данные точки пространства, например, уравнение дуги большого круга на поверхности шара. Таким образом, метрический тензор полностью описывает пространство.

Эйнштейн, отмечая огромный вклад Римана в математику и физику, подчеркнул, что "путем математических рассуждений он пришел к мысли о неотделимости геометрии от физики...". Так, сферическая геометрия Римана впервые указала на возможность существования пространства конечной протяженности, но неимеющей границ. Надо отметить, что вопрос об отношении неевклидовой геометрии к физической реальности ставился также и Гауссом, и Лобачевским. Развитие идеи о связи физических свойств материи со свойствами искривленного пространства нашло отражение в работах Клиффорда, в которых предполагалось, что физическими причинами появления кривизны пространства могут быть теплота, свет, электромагнитное поле.

1.7. Пространство Минковского

Изучение электромагнитных явлений и движения частиц со скоростями, близкими к скорости света, привело к удивительному открытию: пространство и время образуют единый континуум.

Евклидова метрика квадрата расстояния dl^2 не является инвариантом лоренцевых преобразований, так как пространственные расстояния не сохраняются при переходе к другой системе отсчета. Какое же выражение является инвариантом лоренцевых преобразований? Для ответа на этот вопрос рассмотрим системы K_1 и K_2 с событиями A_1 и A_2 . Пусть l - расстояние между точками событий A_1 и A_2 , t_1, t_2 - время их происхождения, соответственно, и t_c - время прохождения сигнала со скоростью света C из A_1 в A_2 , измеренное часами, покоящимися в системе K_1 . Тогда справедливо выражение

$$t_c = \frac{l}{C} \quad (1.25)$$

Время t_c также не является инвариантом: ход часов замедляется в системе K_1 . Возьмем квадрат разности

$$\Delta t^2 = (t_2 - t_1)^2 \quad (1.26)$$

и сравним выражения (1.25), (1.26). Рассматриваемые события - это выход из A_1 и приход в A_2 светового сигнала, т.е. $l^2/C^2 = (t_2 - t_1)^2$ или $l^2/C^2 - (t_2 - t_1)^2 = 0$. Поскольку эта разность остается равной нулю при переходе из одной системы отсчета K_1 в другую - K_2 , то выражение $l^2/C^2 - (t_2 - t_1)^2$ представляет собой инвариант. Если за события принимать не те, которые фигурировали в наших рассуждениях, а какие-то другие, то вышеуказанная разность может быть не равна нулю, но при этом также является инвариантом лоренцевых преобразований. В качестве инвариантной разности можно пользоваться выражением

$$\tau^2 = (t_2 - t_1)^2 - r^2/C^2, \quad (1.27)$$

либо им же с обратным знаком:

$$\tau_1^2 = r^2/C^2 - (t_2 - t_1)^2. \quad (1.27^*)$$

Умножим (1.27*) на C^2 , вводя обозначения $S^2 = \tau^2 C^2$, получим выражение

$$S^2 = r^2 - C^2(t_2 - t_1)^2 \quad (1.28)$$

Если $(t_2 - t_1)^2 > r^2/C^2$, то $\tau^2 > 0$, $S^2 < 0$, то есть события, происходящие в точках A_1 и A_2 , следуют одно за другим с меньшей скоростью, чем проходит свет из точки A_1 в точку A_2 . В противном случае ($\tau^2 < 0$, $S^2 > 0$) последовательность происходящих событий опережает распространение света. Величина t называется интервалом собственного времени между событиями в точках A_1 и A_2 . Роль расстояния между двумя событиями в точках A_1 и A_2 играет величина S . Квадрат величины S называется пространственным интервалом. Последний, записанный в дифференциалах в декартовой системе координат, определяется равенством:

$$dS^2 = C^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2. \quad (1.29)$$

Геометрия, определяемая таким интервалом, называется псевдоевклидовой, а четырехмерное пространство с такой геометрией - *пространством Минковского*.

Минковский, следуя Пуанкаре, предложил рассматривать время и обычное трехмерное пространство как единое четырехмерное пространство-время. Геометрические свойства такого пространства отражают кинематику специальной теории относительности. Особенность пространства Минковского состоит в том, что в нем можно ввести глобальную систему координат так, что все компоненты метрического тензора Y_{ik} , кроме диагональных, равны нулю, то есть матрица, описывающая метрический тензор Y_{ik} , диагональная:

$$Y_{ik} = \begin{vmatrix} Y_{00} & Y_{01} & Y_{02} & Y_{03} \\ Y_{10} & Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{20} & Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{30} & Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad (1.30)$$

Из выражения (1.30) видно, что знаки временной (Y_{00}) и пространственных ($Y_{ii}, i=1,2,3$) компонент метрического тензора не совпадают. В противном случае выражение (1.30), как было показано выше, описывало бы пространство Евклида. Поэтому пространство Минковского также называется псевдоевклидовым. Отличие знака у временной компоненты Y_{00} от знака пространственных диагональных компонент Y_{ii} метрического тензора отражает выделенность времени по сравнению с пространственными измерениями. Величина интервала является инвариантом, тогда как время и длина уже не являются абсолютными понятиями, они относительны и зависят от выбора системы отсчета.

1.8. Время - симметрия - энергия – жизнь

В разделе 1.3 мы говорили, что одними из неотъемлемых свойств времени в классической механике являются его однородность и равноправность всех его моментов. В ходе инерциальных часов каждая секунда неотличима от всех остальных, однородность - неотъемлемое свойство абсолютности времени. С другой стороны, однородность времени представляет собой свойство симметрии, имея в виду симметрию относительно сдвигов. Вейль дал следующее определение симметрии: "Объект является симметричным, если над ним можно произвести некоторые операции, в результате которых он будет выглядеть точно так же, как и прежде". Если используется операция сдвига, то однородность времени - это симметрия относительно сдвига. Понятие симметрии является наиболее наглядным, когда оно относится к геометрическим объектам (симметричные фигуры на плоскости - квадрат, ромб, окружность и т.д.). Следуя определению Вейля, здесь легко указать те операции (преобразования) над плоскостью, которые сохраняют форму и положение. В случае указанных в скобках фигур - это зеркальное отражение относительно диагонали, поворот на угол, кратный прямому, вокруг центра (квадрат); любой поворот вокруг центра (окружность) и т.п. К упомянутым преобразованиям необходимо добавить и параллельный перенос (сдвиг).

Не менее наглядным представляются симметрии, связанные с пространством и временем. Кажется очевидным, что результаты экспериментов не должны зависеть от места и времени их проведения (исключая, конечно, некоторые из них, например,

связанные с изучением действия сил гравитации, когда результаты будут различны в зависимости от того, ставятся ли опыты на Земле или на Луне и т.п.).

Здесь речь идет о симметриях, связанных не с объектами, а с симметрией законов природы. Вейль определяет следующее требование, которому должен отвечать закон, обладающий свойством симметрии: *"Закон природы обладает симметрией, если он допускает осуществление над ним некоторых операций, в результате которых он в точности сохраняет свой вид"*. Эта форма симметрии приводит к фундаментальным физическим законам сохранения. Величина называется сохраняющейся, если она не изменяется во времени. Законы сохранения вносят в непрерывно меняющийся мир физических явлений черты прочности и устойчивости. Одним из фундаментальнейших законов сохранения в физике является закон сохранения энергии:

Если некоторая система тел изолирована от всех других тел и никак с ними не взаимодействует, то энергия этой системы не меняется со временем, остается всегда одной и той же. Внутренняя причина этого закона оставалась долгое время неясной, пока этой проблемой не занялась Нетер. Для нас очень важно (почему будет показано ниже), что в своих исследованиях Нетер ограничилась рамками классической механики, не смотря на то, что теория относительности уже существовала 13 лет. Результатом исследований Нетер явилась статья "Инвариантные вариационные задачи", в которой были установлены две теоремы, выражающие взаимосвязь "симметрия-сохранение" наиболее общим образом. Из этих теорем строго следует, что энергия сохраняется в силу свойств симметрии и однородности у времени, т.е. абсолютности времени. По этой причине закон сохранения энергии обладает такой универсальностью. Отсюда прямо следует, что закон сохранения энергии не есть следствие механики вообще, а есть следствие концепции абсолютности времени(?). К знаку вопроса, поставленному в конце предыдущего предложения мы вернемся в 3-ей главе.

Теоремы Нетер устанавливают связь между симметрией и другими законами сохранения - законами сохранения импульса и момента импульса. При рассмотрении этих законов используется свойство симметрии и однородности не времени, а пространства. Однородность пространства влечет за собой закон сохранения импульса, а его изотропность - закон сохранения момента импульса.

Таким образом, в рамках классической механики такое свойство времени, как симметрия, породило представление об инерциальной системе координат и облачилось в форму принципа относительности, накладывая запреты на ряд процессов в виде законов сохранения.

Те виды симметрии, о которых мы говорили, считаются в физике точными. Точные симметрии играют фундаментальную роль в физике твердого тела (на основе анализа кристаллической решетки можно предсказать, какие вещества дают сегнетоэлектрический эффект или вращают плоскость поляризации). В химии точная симметрия предстает перед нами прежде всего в виде периодического закона Менделеева. Об идее симметрии в биологии мы поговорим особо.

Кроме указанного вида симметрии, физика знает нарушенную или скрытую, а именно, зеркальную симметрию или симметрию относительно отражения. Такая симметрия называется четностью.

Современной физике известны четыре типа взаимодействия* - это гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. *Гравитационное* взаимодействие управляет движением небесных тел и силой тяжести на Земле в соответствии с законом тяготения

* В 1956 году американский физик Э. Фишбах опубликовал статью, в которой выдвигается гипотеза о существовании пятой силы, вроде бы подтверждающаяся экспериментом.

Ньютона. *Электромагнитное* взаимодействие определяет движение заряженных тел. В общем случае их закон движения описывается уравнениями Максвелла-Лоренца. В квазистатическом приближении это взаимодействие очень хорошо описывается кулоновским приближением. *Сильное* или *ядерное* взаимодействие было впервые обнаружено при исследовании рассеивания α - частиц на легких ядрах. В непосредственной близости к ядру α - частица притягивалась к нему, причем сила притяжения возрастала с уменьшением расстояния от частицы до ядра значительно быстрее, чем кулоновская сила отталкивания. Эта сила притяжения была названа ядерной силой, а взаимодействие - ядерным или сильным. Сильные взаимодействия определяют многочисленные превращения элементарных частиц.

Слабое взаимодействие управляет распадом более тяжелых частиц на более легкие. Первым был обнаружен распад нейтрино (единственной частицы, участвующей только в слабых взаимодействиях) в атомных ядрах (β -распад). Впоследствии теоретические и экспериментальные исследования показали, что большая часть распадов управляется единым взаимодействием, названным слабым.

Из всех видов взаимодействий остановимся на слабом, так как его открытие принесло много сюрпризов и, в частности, один из них связан с нарушением закона сохранения четности.

Четность-чисто квантомеханическая величина, определяющая поведение волновой функции ψ микропространства при зеркальном отражении координат частиц: $x \rightarrow -x$, $y \rightarrow -y$, $z \rightarrow -z$. Эта операция называется инверсией. Если при инверсии знак ψ не меняется, то говорят, что система обладает положительной четностью, в противном случае-отрицательной. До 1956 года считалось, чуть ли ни само собой разумеющимся, что любой процесс в природе сможет протекать и так, как он выглядел бы в зеркале. Более того, эта уверенность распространялась не только на макрообъекты, но и на микромир. Последний описывается квантовой теорией, согласно которой любые превращения элементарных частиц не могут изменить четность состояния. т.е. зеркальная симметрия природы возводится в ранг закона сохранения четности. Последний означает инвариантность всех законов природы при замене правого левым и наоборот. Кроме того, считалось, что замена всех частиц на античастицы не должна влиять на процессы, протекающие в антимире, т.е. предполагалось, что природа симметрична относительно зарядового сопряжения. Это предположение формулировалось в виде закона сохранения зарядовой четности по аналогии с законом пространственной четности.

Не будем затрагивать мотивы, которые побудили Янга и Ли предположить, что при слабых взаимодействиях четность может не сохраняться, но так или иначе, они попали в "яблочко". Идею их опыта по проверке сохранения или несохранения четности при слабых взаимодействиях осуществила Ву с сотрудниками. В этом эксперименте проводилось наблюдение за электронами, излучавшимися в процессе радиоактивного распада ядра кобальта-60 (^{60}Co). При помещении сильно охлажденного радиоактивного кобальта во внешнее магнитное поле направление спинового момента (оси вращения) ядер кобальта совпадают с направлением поля. Если бы в природе существовала зеркальная симметрия, как это предполагалось до Янга и Ли, то при β -распаде направление вылетающих из ядра электронов не должно зависеть от направления его вращения (спина ядра). Наглядно сказанное иллюстрирует рис. 4. Примем, что при исходном условии эксперимента большее количество электронов условно будут излучаться "вверх" (на рис. 4 - эксперимент под литерой "а"). Эта условность принята для простоты и удобства изложения смысла эксперимента. На самом деле большее число электронов излучается в направлении того торца катушки, с которого ток представляется текущим по виткам катушки по часовой стрелке. В таком случае относительно плоскости рисунка большее количество электронов будет вылетать

"вверх". Под литерой "б" изображено зеркальное отражение эксперимента при исходных условиях, а под литерой "в" эксперимент, когда исходное условие (течение тока по часовой стрелке) заменено на обратное.

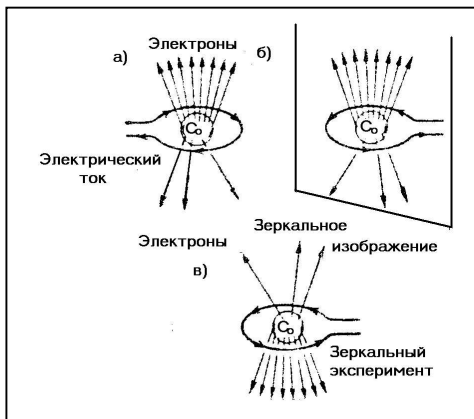


Рис. 4. Иллюстрация эксперимента для установления нарушения закона сохранения четности.

а) Исходное условие эксперимента - направление течения тока по часовой стрелке; б) зеркальное изображение эксперимента "а"; в) действительно зеркально поставленный эксперимент - течение тока против часовой стрелки.

В случае отражения исходного эксперимента в зеркале большая часть электронов, как и в исходном эксперименте, отражается вверх. Когда же условие эксперимента действительно зеркальное относительно исходного, то большее количество электронов отражается вниз. Таким образом, налицо принципиальное различие между зеркальным отражением исходного эксперимента и действительно зеркальным экспериментом.

Это различие отражает факт нарушения зеркальной симметрии или закона сохранения четности в слабых взаимодействиях.

Аналогично тому, как Эйнштейн пытался "спасти" неизбежность положений общей теории относительности, Ли, Янг, Салам и Ландау, "спасая" закон сохранения четности, выдвинули новый принцип симметрии - CP-инвариантность или принцип комбинированной четности. Согласно этому принципу симметрия между правым и левым сохраняется, если при наблюдении любого процесса в зеркале одновременно заменить частицы античастицами. Оказалось, что действительно в ряде процессов, в которых нарушается закон сохранения пространственной четности (β -распад, распад π -мезонов, мюонов и т. д.), имеет место CP-инвариантность. Однако торжество правильности этого принципа продолжалось недолго, до 1964 года, когда Кронин и Фит, с сотрудниками, при исследовании распадов K^0 -мезонов обнаружили нарушение закона сохранения комбинированной четности. Нарушение закона комбинированной четности или CP-инвариантности означает нарушение симметрии относительно обращения времени. С точки зрения современной физики сколько-нибудь четкого ответа на эту "загадку природы" пока нет.

Перейдем к рассмотрению не менее важного вопроса - идеи времени и симметрии в биологии. Идея симметрии в биологии теснейшим образом связана с одним из самых фундаментальных вопросов, волнующих человечество на протяжении всей истории его развитие - когда, где и как возникла жизнь? В поисках ответа на этот вопрос биологическая наука научилась строить различные модели зарождения биологической жизни, в основу которых положен некий биологический аналог реликтового излучения - свойство живой материи, которое осталось от древних времен, а именно, свойство зеркальной асимметрии или нетождественность предмета и его зеркального изображения, названное киральностью (от греческого $\chi\epsilon\iota\omicron$ - рука).

Во второй половине прошлого столетия Пастером было сделано удивительное открытие, значимость которого трудно переоценить. Он обнаружил на молекулярном уровне нарушение симметрии в природе между левым и правым. Согласно представлениям об однородности и изотропности пространства и времени в природе

предполагалась полная симметрия. Открытие Пастера очень сильно перекликается с результатами, полученными Ву. В этой связи должна существовать большая вероятность того, что фундаментальная причина нарушения симметрии в живой и неживой материи одна и та же.

Отсутствие во Вселенной абсолютного равноправия левого и правого, как считал Пастер-«Дисимметрия Вселенной», является причиной зеркальной асимметрии живого. Эксперименты, выполненные группой американских и голландских химиков и расчеты, проведенные Гольданским с сотрудниками, подтвердили это гениальное предположение и показали, что необходимым условием возникновения белковой жизни (других форм мы пока не знаем) является зеркальная асимметрия или кирально чистая среда. На основании этого результата Гольданский, Морозов и Кузьмин приходят к выводу, что сильное нарушение зеркальной симметрии должно было произойти прежде, чем возникла основа жизни - самовоспроизводящиеся системы. Таким образом, киральная чистота живой материи несет нам информацию о предбиологических стадиях эволюции. Другими словами, она действительно обладает реликтовым свойством. Используя это свойство, оказалось возможным создать математическую модель возникновения биологической жизни на Земле. Эта модель была разработана Гольданским с сотрудниками. В качестве начальных условий в этой модели использовалось условие зеркально симметричной (или близкой к ней) системы, переходящей в результате самоорганизации (скачкообразно) в кирально чистую систему. И все-таки эта модель не дает ответа на вопрос о фундаментальной причине перехода системы из одного состояния в качественно противоположное. Впрочем, этого и не добивались авторы модели, в которой использовались положения синергетики - развивающейся науки о возможности самоорганизации в системах. Базовым положением синергетики является теория бифуркаций, то есть скачкообразного, самопроизвольного изменения состояния системы, находящейся определенным (возможно длительным) период времени в устойчивом состоянии. Синергетика только указывает на возможность перехода системы из одного состояния в качественно новое в результате бифуркации. Причина же бифуркации определяется (или не определяется) для каждой конкретно рассматриваемой системы часто на уровне интуиции ученого. Так, возникновение кирально чистых систем возможно было бы объяснить нарушением закона сохранения четности в слабых взаимодействиях. Казалось бы это объяснение достаточно логично и все встает на свои места. В результате отпадает необходимость искать фундаментальную причину нарушений зеркальной симметрии в живой и неживой природе, так как одно "нарушение" есть причина другого. Однако глубокие исследования, проведенные Гольданским в начале 60-х годов, начисто опровергли на основании поставленных им прецизионных опытов выводы, о якобы, наблюдаемых левых и правых изомеров. В конечном счете с большой убедительностью было доказано, что вклад слабых взаимодействий слишком мал для того, чтобы постепенное накопление преимуществ одного из оптических изомеров над другим даже за время существования Вселенной могло привести к киральной чистоте биосферы. Эволюционный путь превращения зеркальной симметрии в киральную также был отвергнут. Метод "исключения" привел Гольданского, Морозова и Кузьмина к бифуркационному сценарию возникновения кирально чистой биосферы, достоверность которого подтвердили результаты математического моделирования. Но вопрос бесконечного "почему?" остался, то есть вопрос о фундаментальном механизме нарушения симметрии в живой и неживой природе. Как частный случай этой проблемы, остается открытой и проблема "левизны" биосферы, то есть феномена использования организмами не просто кирально чистых соединений, а именно, L-аминокислот ("левых") и D-сахаров ("правых") при преобладании одних (L) над другими (D).

Другой важный аспект - это время в биологии. Еще в 1729 году французский астроном де Мэран обнаружил существование у растений внутренних часов. Растения, помещенные в совершенно изолированную темную комнату, вели себя так же, как если бы они росли в нормальных условиях: листья у них периодически опускались и поднимались, то есть растения как бы продолжали испытывать влияния дня и ночи. Эти опыты показали, что листья растений подчиняются какому-то *временному* механизму. Со времен де Мэрана до наших дней обнаружены биологические часы у многих живых организмов - от мельчайших организмов, населяющих каплю дождевой воды, до африканских фиалок и человека. Сегодняшняя биологическая наука не без основания считает, что с большой вероятностью биологические часы имеются у всех живых организмов.

Уникальные опыты, поставленные Брауном, показали, что биологические часы регулируются какой-то, пока еще неизвестной человеку, ритмически изменяющейся силой, действующей в природе. Эта сила проявляется, в частности, в изменениях таких факторов, как атмосферное давление и сила тяжести. По мнению Брауна биологические часы нуждаются в непрерывном притоке информации извне, подобно тому, как электрические часы нуждаются в непрерывном питании электрическим током. Один из экспериментов, на основании которого был сделан этот вывод, проводился с клубнями картофеля. Было установлено, что кусочки картофеля с глазками, помещенные в герметично изолированную среду в полной темноте, ведут себя как живой барометр, реагируя как на суточный ход атмосферного давления, так и на его изменения, связанные с прохождением атмосферного фронта, углублением или заполнением циклона (или антициклона) и на другие атмосферные явления, приводящие к изменению погоды. По изменению интенсивности поглощения картофелем кислорода оказалось возможным предсказывать изменение атмосферного давления вплоть до двух суток! Чтобы иметь возможность реагировать таким образом на случайные изменения в атмосфере (не связанные с суточным ходом), подопытный картофель должен был постоянно получать определенную информацию извне. Аналогичные опыты Браун провел со многими живыми организмами, которые в той или иной степени реагировали на изменение внешней (относительно их места помещения) температуры, атмосферного давления, магнитного поля и космического излучения. Все эти физические элементы являются косвенными индикаторами реакции картофеля. Истинную причину или силу, действующую на подопытный картофель, Браун объяснить не смог.

С нечто подобным столкнулись ученые в научном центре биологических исследований в Пущине. На протяжении более 30 лет Шноль с сотрудниками изучали проявления и природу макроскопических флуктуаций (МФ) фазной активности различных белков. Дело в том, что еще в 1956 году при работе с препаратами мышечных белков было обращено внимание на необычно большой разброс результатов измерений некоторых параметров исследуемого препарата. Этот разброс результатов существенно превышал возможные методические ошибки. С этого момента усилия ученых были направлены на выявление причины разброса или МФ в результатах измерений параметров различных белковых препаратов. После долгих лет поиска возможных причин, обуславливающих МФ, Шноль, Удальцова и Коломбет приходят к выводу, что «несмотря на длительный срок исследования МФ в процессах разной природы, мы все еще не понимаем их сущность». Такая честная позиция ученых вызывает глубокое уважение. Вместе с тем нам кажется, что они слишком критично отнеслись к результатам своих многолетних исследований. И вот почему. Шноль, Удальцова и Коломбет с достаточной строгостью, последовательно отметили возможные причины МФ, связанные с колебательными процессами (типа Белоусова) в биологических системах, с конформационными колебаниями макромолекул, с влиянием

электромагнитных полей, солнечной активностью и т.п. В результате они приходят к выводу, что, во-первых, изменения «причины» МФ распространяются с релятивистской скоростью и, во-вторых, МФ состоят в переходах разных объектов окружающего мира из одного дискретного состояния в другое. В каждый данный период времени существует спектр «разрешенных» дискретных состояний, проявляющийся в виде гистограмм результатов измерений характерной формы. Форма этих спектров различна в разные периоды времени. Как будет показано в 3-ей главе, причина МФ может быть связана с «временными» эффектами в соответствии с козыревской теорией времени.

На этом мы и закончим эту главу, надеясь, что ее содержание, в большей степени рассматриваемое нами как вводная часть, позволило создать целостную картину воззрений на проблему времени в рамках реляционного подхода от античных времен до Ньютона и Эйнштейна. Во 2-ой главе мы рассмотрим корневые вопросы, касающиеся всей физики в целом и определяющие дальнейший путь ее развития - это вопросы, связанные с детерминизмом и причинностью, с направленностью времени и его необратимостью, наконец, с одним из важнейших физических понятий - энтропией.

Глава 2. ОТ РЕЛЯЦИОННОГО ВРЕМЕНИ К СУБСТАНЦИОНАЛЬНОМУ

Одно из важнейших свойств времени - необратимость отсутствует в фундаментальных физических теориях. Независимо от классического или квантового подхода к описанию систем, время в них рассматривается весьма ограниченным образом: уравнения механики инвариантны относительно обращения времени. Это положение в физике, принятое, как говорят программисты по «умолчанию», являясь базовым на всем пути ее развития от Ньютона до Эйнштейна, было "узаконено" во второй половине XVIII века известными французскими математиками и механиками Д'Аламбером и Лагранжем. Согласно их теории будущее и прошлое играют одинаковую роль. Высказывая мнение по этому поводу в письме своему другу Бесо, Эйнштейн с оттенком обреченности пишет: *«Для нас, убежденных физиков, различие между прошлым, настоящим и будущим не более чем иллюзия, хотя и навязчивая»*. Таким образом, в физике изначально заложено великое противоречие между ее фундаментальным положением - инвариантностью уравнений относительно обращения времени, и вопиющей необратимостью времени реального Мира. "Необратимость не заложена в основных законах физики - писал Эйнштейн своему другу и продолжал...необратимость- это иллюзия, субъективное впечатление, обусловленное некими исключительными начальными условиями". Другими словами, поскольку уравнения классической и квантовой механики, теории относительности одинаково справедливы для прямого и обратного хода времени, то выбор знака производится через начальные условия на уровне интуиции, приобретенной повседневным опытом. При таких условиях и речи быть не может о введении необратимости в уравнения. С другой стороны, как говорилось в разделе 1.8, в силу наиболее общих законов симметрии необратимость времени должна приводить к нарушению закона сохранения энергии. Противоречие достигает кульминационной точки. Но и здесь, "спасая" фундаментальный физический закон, удалось найти "компромисс", приписывая реальную необратимость свойствам частных макроскопических систем. Так или иначе, но любые компромиссы науки с природой уводят нас от *истины*. Как же быть? Прямой путь - отдать то, кому это принадлежит, то есть принять реальную необратимость времени и внести ее в физику как одно из фундаментальных положений, а нарушение закона сохранения энергии рассматривать как расширение рамок закона. Здесь мы подошли к квинтэссенции рассматриваемой проблемы. Последнее условие неизбежно ведет к "появлению" энергии, а следовательно, и материальности у самого времени.* Совершенно ясно насколько кардинально такое изменение взгляда на незыблемые положения физики. Нам представляется, что этого бояться не надо, ибо любые компромиссы в науке хороши "до поры, до времени". В конце концов, кардинальное изменение взгляда позволило Ньютону перешагнуть через догмы аристотелевой физики, а Эйнштейну иначе взглянуть на абсолютность пространства и времени и уйти от принципа "здравого смысла", придя к теории относительности. Здесь необходимо заметить, что пересмотр фундаментальных положений в любой науке, а в физике особенно, не может завоевать признания без прямых и безупречных экспериментальных фактов. В 3-ей главе, перейдя к субстанциональному подходу к проблеме времени, будут достаточно подробно рассмотрены эксперименты, подтверждающие этот подход. Здесь же мы остановимся на одном из важнейших вопросов современной физики - направленности времени во взаимосвязи с основными законами

* Несомненно, что открытия новых форм пространственно - временной симметрии, обобщающие ныне существующие, позволят сформулировать и более общие законы сохранения, и более общее понятие энергии.

физики и реальным миром с точки зрения реляционного подхода, переходя к субстанциональному.

2.1. Детерминизм и причинность

Проблема причинности событий в точных науках, в частности, в физике, до настоящего времени остается наиболее уязвимым местом и рассматривается, практически, на интуитивном уровне исследователя. Эта проблема прямо связана с согласованием обратимости времени в физических теориях (в классической и квантовой, в теории относительности) и вопиющей необратимости времени реального Мира. Как было отмечено в разделе 1.7, новая временная координата x^0 , добавленная Минковским к трем пространственным, позволила создать единый континуум пространство-время, в котором строго различаются временной (1.27) и пространственный (1.29) интервалы. Однако и здесь время-скаляр и по выражению Козырева "нечто совершенно пассивное". Действительно, уравнение классической механики (1.3), устанавливающее зависимость между ускорением и силой, отождествляет физическое время с временем t в (1.3). Основная особенность такого отождествления, приводящая к тому противоречию, о котором говорилось в начале главы, состоит в том, что стирается различие между прошлым и будущим, то есть уравнение (1.3) инвариантно относительно обращения времени $t \rightarrow -t$. В результате "причина" не отличается от "следствия". Таким образом, в классической механике определен строгий детерминизм при отсутствии причинности (сказанное в определенной мере относится и к квантовой механике, и теории относительности). Иной точки зрения придерживается Бриллюэн. Сожалея о том, что "классическую механику на столетия отдали на откуп чистым математикам" (трудно сказать кого из "чистых" математиков он имел в виду), Бриллюэн считает, что полная обратимость уравнений движения Ньютона - это "дело рук" математиков, так как в реальных условиях две траектории с противоположным направлением могут точно совпасть только в том случае, "если все виды торможения сведены к нулю. Они должны быть в точности равны нулю, а не могут быть просто малыми... Физика не знает никакого движения без торможения". В случае экспериментальной физики Бриллюэн полностью прав и здесь трудно с ним не согласиться. Когда же речь идет о фундаментальных положениях, заложенных в теории, то мы обязаны теоретически учесть все случаи движений, и тогда тождественность физического и "математического" времени в (1.3) - есть фундаментальное положение, принятое классической механикой. Отсюда ее строгий детерминизм без причинности. Козырев, рассуждая на эту тему, писал: *«Идея причинности есть основная идея естественных наук. Исследователь природы убежден, что вопрос "почему?" - правильный, то есть что на него можно ответить. Однако, концепция точных наук гораздо беднее. В точных науках только вопрос "как?" оправдан, то есть как развивается цепь событий. Вот почему точные науки являются описательными науками»*.

Рассматривая события в едином континууме пространства-времени, формально оказывается возможным предсказание будущих событий. В этом сила точных наук. Однако, она уводит "оракулов" так далеко, что за ее привлекательностью забывается фундаментальная недостаточность своих основ. В этом смысле показательным является пример, связанный с гидродинамическим долгосрочным прогнозом погоды. Метод прогноза заключается в расчете траектории* прогнозируемой на t часов вперед метеорологической величины на основе интегрирования уравнений гидротермоди-

* Здесь имеется ввиду не пространственная траектория движения частицы, а "траектория" изменения значений метеовеличины за t часов в фиксированной точке пространства.

намики по заданному в момент времени $t=0$ начальному полю этой величины. Относя такие вопросы, как точность численного интегрирования уравнений и ряд других, приводящих к ошибкам прогноза, к принципу "прочих равных факторов", рассмотрим принципиальную сторону, связанную с корректностью постановки задачи долгосрочного прогноза погоды на базе уравнений классической механики и термодинамики. В классической механике состояние системы точечных частиц описывается координатами x_1, x_2, \dots, x_n и импульсами p_1, p_2, \dots, p_n . Энергия системы H , записанная в этих координатах, имеет вид:

$$H = E_k(p_1, p_2, \dots, p_n) + E_p(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.1)$$

где E_k - кинетическая энергия, зависящая только от импульсов; E_p - потенциальная энергия - функция только координат; H - гамильтониан. Параметр времени входит в (2.1) косвенно через выражения оператора Гамильтона. Если известен H , то движение системы полностью определено. Это свойство функции Гамильтона Пригожин определил как "великое достижение классической механики". Однако изящное выражение (2.1) получено путем игнорирования фундаментального свойства времени - необратимости, то есть гамильтоновы уравнения инвариантны относительно подстановки $t \rightarrow -t$. Такую симметрию в физике называют T -инвариантностью. При обращении времени T -инвариантность просто меняет местами причину и следствие: то событие, которое при прямом ходе времени было причиной, при обратном становится следствием. Трудно себе представить такой мир, в котором перестановка причины и следствия не влияет на физические связи - это просто чепуха. Мысль о том, что течение времени обусловлено причинно - следственными превращениями высказал еще классик естественных наук нового времени Лейбниц, то есть от причинно-следственного порядка к порядку временному. В случае T -инвариантности причинность имеет зеркальную симметрию относительно фиксированного момента времени (начальных данных), но знак направления течения времени не меняется. Поэтому с достаточно хорошим приближением уравнение (2.1) выполняется для замкнутых систем, в которых наиболее вероятны обратимые процессы.

Теперь возвратимся к нашему примеру. Главным фактором в долгопериодных изменениях погоды являются источники энергии, то есть главенствующую роль приобретают неадиабатические процессы и атмосфера категорически должна рассматриваться как открытая система, для которой уравнение (2.1) не выполняется. В противном случае игнорируется свойство необратимости времени, а вместе с тем и причинность событий. В рамках детерминистского подхода или по определению Пригожина "существующей физики" невозможно прослеживание причинно-следственных связей и, тем более, на длительном интервале времени.

В приведенном примере особо важную роль, как и во всех задачах, связанных с расчетом движений на будущее, играют начальные условия. Математик, решая задачу о прогнозе траектории некоторой частицы на основе уравнения движения, потребовал бы задания начальных условий. Бриллюэн, категорически отвергая такую постановку вопроса, подчеркивает, что начальные условия никогда не задаются - "они проистекают из тщательного исследования прошлого всей системы", прошлое управляет будущим. Логическим следствием рассуждений Бриллюэна является "появление" причинности в классическом детерминизме. С такой логикой трудно согласиться, ибо классическая механика, в которой причины адекватны следствиям, рассматривает ответы только на вопрос "как?", то есть как развивалась цепь событий. Рассмотрение причинности требует ответа на вопрос "почему?". У Бриллюэна смысл следования подменяется смыслом причинности. Этот вывод подтверждается также трактовкой Бриллюэном

граничных условий в связи с проблемой обратимости времени в классической физике. По его мнению проблемы обратимости времени как таковой не существует из-за несимметричности граничных условий. Эта логика аналогична той, которая привела Бриллюэна к "появлению" причинности в классическом детерминизме, свойство необратимости подменяется несимметрией граничных условий. Однако, если нет объективных признаков, заложенных в теории, на основании которых строго определены причина и следствие, то никакая причинность в теории появиться не может - если ее нет, то ее нет вообще. Это прекрасно понимал Эйнштейн, но уже в связи с квантовой механикой, выступая как наиболее активный ее критик. Дело в том, что квантовая теория может дать очень точное статистическое описание эксперимента, но не способна предсказать исход единичного события. Эйнштейн не мог смириться с мыслью, что теория не может объяснить почему данный атом распался именно сейчас, а не в какой-то другой момент. Идея введения принципа причинности в физику не оставляла Эйнштейна до последнего момента. Он был убежден, что не следует отказываться от попыток построения причинной теории, поскольку причинность - это не только основа мира, но и идея, которая должна находить воплощение во всякой полноценной теории. Критикуя ортодоксальную теорию квантовой механики в связи с отсутствием в ней принципа причинности, Эйнштейн, по-видимому, не мог неосознавать, что этого принципа вообще нет в точных науках. Первым попытался ввести в механику (еще при жизни Эйнштейна) принцип причинности Н. А. Козырев.

В связи со сказанным об отсутствии причинности в физических теориях от Ньютона до Эйнштейна необходимо сделать некоторые оговорки. О причинности в классической механике можно только говорить в смысле лапласовского понимания, а именно, состояние механической системы в некоторый момент времени определяется положениями и скоростями всех материальных частиц, а ее будущие состояния однозначно определены дифференциальными уравнениями. Придуманый Лапласом демон, обладающий двумя сверхчеловеческими способностями - собирать предельно полную, исчерпывающую информацию и мгновенно проводить вычисления, знает все о состоянии системы в любой момент: зная в какой-то момент времени положение и скорость любой частицы, подставляя их в уравнения движения и решая, он узнает полностью все будущее и, не только будущее, но и прошлое. Такая причинность, определенная временной последовательностью, указывает только на порядок смены событий и не более.

В специальной теории относительности понятие причинности видоизменяется относительно лапласовского, но по сути остается тем же. Напомним эти особенности. Для этого представим пространство Минковского на плоскости. Ось ординат - величина ct (c -скорость света, t -время), ось X - абцисса - символизирует три пространственные координаты (x,y,z) , ось x^0 - время, направлена перпендикулярно к плоскости рисунка вверх (рис 5).

В ньютоновской механике на связь между состоянием движения частиц и их расположением ограничений нет, так как безразлично с какими скоростями движутся частицы. В специальной теории относительности частица, выходящая, например, из точки O не может покинуть пределы светового конуса (незаштрихованная область на рис. 5). Она обязана двигаться внутри него, иначе выход за пределы светового конуса означает движение со скоростью, превышающей скорость света. Примем, что источником причинных изменений является материальная точка. Ее влияние на некоторый объект назовем следствием. Поместим этот объект в точку P - временноподобную область. Пусть причина - приход частицы в точку O (начало отсчета), а следствие - ее приход в точку P . Поскольку частица не может распространяться со скоростью большей скорости света c , то точки, попавшие в пространственноподобную область (например, точка G), нельзя связать причинно-

следственной связью с точкой 0. Поясним это. Все точки события на участке I удалены от события 0 (с координатами $X\{0, t_0\}$ временноподобными интервалами и они наступят после события 0 независимо от выбора системы координат. И наоборот, на участке II находятся события "абсолютно прошедшие", если их сравнивать с событием 0. Прямые $x=\pm ct$ (АОА, ВОВ) - траектории светового луча, исходящие из точки 0 в момент времени $t_0=0$ в двух противоположных направлениях. Любая точка, находящаяся на участке III или IV, удалена от события 0 пространственноподобным интервалом, то

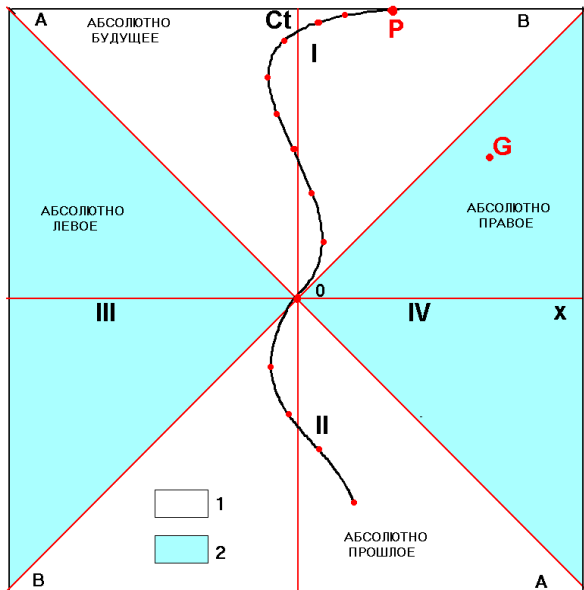


Рис.5. Изображение мировой линии тела на плоскости Минковского.
1-временноподобная область;
2-пространственноподобная область.

есть она абсолютно удалена от события 0. По точному и образному высказыванию Соколовского здесь расположены события, о которых еще рано знать, но на которые уже поздно повлиять. Они не могут быть ни причинами, ни следствиями события «0». Таким образом, специальная теория относительности, постулируя постоянство скорости света, локализует в геометрическом пространстве Минковского области, где могут осуществляться "причины", а где "следствия", но не более. Другими словами, специальная теория относительности позволяет сказать, что событие, находящееся в определенной области пространства Минковского, не может (или может) быть причиной (следствием) события, находившегося в иной конкретной области этого пространства.

Резюмируя сказанное, подведем итог. Жесткий детерминизм является сущностью законов классической механики. Ее уравнения позволяют формально с одинаковой точностью предвычислять явления, как в будущем, так и в прошедшем. Сказанное полностью относится и к волновым уравнениям. В такой механике причины и следствия совершенно равноправны в соответствии с принципом «*Causa aequat effectum*» - причина адекватна следствию. Специальная теория относительности упорядочивает возможные области нахождения причин и следствий в пространственно - временном континууме.

2.2. Энтропия, Вселенная и направленность времени

В физике понятия энтропия и направленность времени, вынесенные в название раздела, являются тем мостиком, идя по которому возможно удалиться от реляционного подхода к феномену времени и приблизиться к субстанциональному. Вслед за Козыревым, но совершенно с других позиций, по этому «мостику» пошел Пригожин - бельгийский ученый, один из создателей термодинамики неравновесных

процессов. В интервью корреспонденту журнала "Химия и жизнь", он сказал следующее: "... мне потребовалось более 15 лет, чтобы поверить в то, что истоки необратимости большинства природных процессов поддаются пониманию. Что касается второго начала термодинамики, то я лишь начинаю чувствовать, что осмысливаю его содержание". Что же явилось толчком, приведшем к "озарению" маститого ученого, лауреата Нобелевской премии по химии? Ответ на этот вопрос он поясняет сам, выделяя главные черты классической механики - обратимый характер любых перемещений и абсолютный детерминизм, в которой направление времени не играет никакой роли. "Какова же тогда роль времени?" - задается вопросом Пригожин. Мы отмечали, что Эйнштейн считал время в физике иллюзией. Пригожин иного мнения. Он считает время в физике «в высшей степени реальностью». Однако заметим, что вступив на «праведный» мостик, Пригожин ни одной строчкой даже - не намекает на возможную субстанциональную природу времени, оставляя его скаляром. Он говорит о физической значимости времени скорее как о философской категории, лишь слегка повернувшись в сторону возможной субстанциональной его природы. С одной стороны, Пригожин приходит к выводу, что «необратимость - это глубинное, коренное свойство нашего мира», с другой стороны, закон возрастания энтропии (о нем подробнее остановимся ниже) не исключает возможности, хотя и маловероятной, обратного хода свершившихся событий, а значит и знака направленности времени. Глубоко осмыслив фундаментальную значимость необратимости времени в физике, Пригожин оказывается на распутье из-за существующей в реальном мире неизменной направленности времени или, как ее назвал Эддингтон, "стрелы времени". Здесь он ставит знак вопроса. К вопросу о роли времени обратимся в 3-ей главе, а сейчас вернемся в XIX век.

В 1824 году выходит первое издание работы Карно *«Размышление о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу»*. В этой работе, описанная им последовательность тепловых процессов, в своей совокупности образует круговой процесс - цикл (впоследствии названный циклом Карно). Этот гениальный метод оказал решающее влияние на развитие классической термодинамики, так как явился исходным для введения фундаментальных понятий - абсолютной температуры и энтропии. Важнейшим аспектом теории Карно является положение о невозможности создания физического вечного двигателя. Размышляя о природе теплоты, Карно приходит к выводу, что теплота есть результат движения. В конечном счете он вплотную подходит к понятию эквивалентности теплоты и работы. Приведем его замечательный опыт. Приняв в качестве единицы движущей силы работу, затраченную на подъем 1 м^3 воды на 1 м высоты. Карно устанавливает, что этой единице «движущей силы» соответствует эквивалент в $2,7$ ед. количества теплоты Q . Ниже мы покажем, что этим опытом Карно, практически, пришел к понятию энтропии.

Дальнейшие исследования Майера, Джоуля и Гельмгольца завершают период становления первого начала термодинамики и его обобщения - закона сохранения и превращения энергии. Усилиями Томсона (лорда Кельвина), сформулировавшего принцип построения абсолютной шкалы температур и понятие необратимых процессов, и Клаузиуса, чья формулировка второго начала термодинамики, отражающая общий принцип хода тепловых процессов, была наиболее проста и понятна, завершилась разработка основ термодинамики. Сформулировав второе начало, Клаузиус вводит понятие энтропии, придав ему количественную форму.

Термодинамическое описание системы основано на взаимосвязях между двумя группами величин: параметрами и взаимодействиями. Параметры - это числа, полученные в результате измерительных операций с помощью приборов. Они характеризуют состояние системы в момент измерения. Изменение параметров во времени при переходе системы из одного состояния в другое не зависит от пути

перехода. Бесконечно малое изменение состояния системы представляется полным дифференциалом (например, малое изменение температуры - dT). Математически это выражается интегралом

$$\int_1^2 dT = T_2 - T_1 \quad (2.2)$$

и отражает независимость изменения от пути.

Взаимодействия происходят между системой и окружающей средой. В термодинамике рассматриваются два вида взаимодействий - теплообмен и работа. Эти величины представляют неполные дифференциалы. Для отличия их от полных, последние будем обозначать греческой буквой δ (например, δq - количество теплоты). Значение интеграла от взаимодействия, в отличие от (2.2), зависит от конкретного пути перехода системы из состояния 1 в состояние 2.

Одна из форм записи в дифференциальной форме первого начала термодинамики имеет вид: $dE = \delta q - \delta w$ (q - теплота, w - работа), т.е. параметры и взаимодействия можно связать между собой. Пусть в нашей системе возможно производство лишь механической работы типа $p dv$ (p - давление, v - объем). Тогда первое начало с учетом уравнения состояния для идеальных газов $p v = RT$ запишется в виде

$$\delta q = c_v dt + \frac{RT}{v} dv \quad (2.3)$$

где c_v - удельная теплоемкость при постоянном объеме, R - удельная газовая постоянная. Для получения конечного состояния системы выражение (2.3) необходимо проинтегрировать. Так как $c_v = \text{const}$, dT - полный дифференциал, то $\int c_v dT$ берется сразу. При интегрировании второго слагаемого в (2.3) необходимо знать вид зависимости $T = f(v)$, то есть действительно полная величина теплового взаимодействия зависит от пути перехода системы из состояния 1 в состояние 2. Умножив обе части (2.3) на интегрирующий множитель $1/T$, получим

$$\frac{dq}{T} = c_v + R \frac{dv}{v} \quad (2.4)$$

Проинтегрируем выражение (2.4) в пределах от начального состояния системы (1) до конечного (2):

$$\int \frac{\delta q}{T} = c_v \ln(T_2 - T_1) + R \ln(v_2 - v_1). \quad (2.5)$$

Значение интеграла в левой части (2.5) не зависит от пути перехода системы с параметрами T_1, v_1 в конечное состояние с параметрами T_2, v_2 , то есть величина $\delta q/T$ является полным дифференциалом некоторой величины, которая, в свою очередь, является параметром или функцией состояния. Клаузиус первым понял характер величины $\delta q/T$ и ту важную роль, которую она играет в термодинамике. Параметр S (функцию состояния), полный дифференциал dS которого равен указанной величине, он назвал *энтропией* (от греческого *entropia* - превращение). Таким образом,

$$dq/T = dS \quad (2.6)$$

Выражение (2.6) означает, что отношение dq/T отождествляется с малым превращением энергии, представляющей функцию состояния системы. Возвращаясь к опыту Карно с падающей водой, обратим внимание читателя на факт, что подлинным аналогом массы падающей воды в опыте является величина S , которая связана с количеством теплоты уравнением (2.6). Таким образом, Карно, практически, подошел к понятию энтропии, но сделать решающий шаг ему помешала преждевременная кончина. В циклическом процессе, в котором $T_2=T_1$, $v_2=v_1$,

$$\oint \delta q/T = 0 \quad (2.7)$$

В (2.7) интегрирование ведется по замкнутому контуру, а интеграл, взятый по такому контуру, называется циркуляцией. В математическом анализе в теории криволинейных интегралов доказана теорема, утверждающая, что обращение в ноль интеграла, взятого по замкнутому контуру (циклу), является необходимым и достаточным условием того, что подинтегральное выражение есть полный дифференциал.

Энтропия S является аддитивной функцией состояния системы. Это означает, что она равна сумме энтропий ее подсистем, каждая из которых представляет последовательность обратимых превращений. Затраченное при превращениях количество теплоты q_1, q_2, \dots, q_n можно измерить, а соответствующие им энтропии S_1, S_2, \dots, S_n вычислить. Тогда общая энтропия системы S запишется в виде суммы энтропий подсистем:

$$S = \sum_i S_i \quad (2.8)$$

Если в какой-то подсистеме превращение необратимо, то подсчитать конечную энтропию практически невозможно, так как всякий необратимый процесс увеличивает энтропию на неизвестную величину. На основании сказанного конечная энтропия должна быть записана в виде неравенства

$$S > \sum_i S_i \quad (2.9)$$

Наиболее наглядное и полезное представление второго начала термодинамики можно получить, используя понятие энтропии. Покажем это. Энтропия изолированной системы может увеличиться из-за спонтанных изменений внутри системы. В противном случае, когда в системе ничего не происходит, то энтропия постоянна ($dS=0$). В общем случае

$$(dS)_i \geq 0, \quad (2.10)$$

где индекс i указывает на то, что система изолирована, то есть не обменивается теплом с внешней средой. Когда теплообмен между системой и средой имеет место, то изменение энтропии за счет этого фактора запишем в виде

$$(dS)_e = dq/T \quad (2.11)$$

В (2.11) индекс e указывает на фактор теплообмена. Полное приращение энтропии выразится равенством

$$dS = (dS)_e + (dS)_i \quad (2.12)$$

или с учетом (2.11) выражением

$$dS = \delta q/T + (dS)_i \quad (2.13)$$

Выражения (2.10) и (2.13) есть наиболее наглядное и полезное представление второго начала. Так как всегда с $dS \geq 0$, то справедливо неравенство

$$dS \geq dq/T \quad (2.14)$$

Знак равенства в (2.14) отвечает только обратимым процессам.

Какова все-таки сущность энтропии? Читателю может показаться странным этот вопрос после всех выкладок, которые были приведены выше. Но не спешите, вспомните, что говорил известный ученый об энтропии и сколько ему понадобилось времени, чтобы "только-только подойти к ее пониманию". Поэтому начнем сначала. Традиционно говорят о двух началах термодинамики, реже о третьем и очень редко о нулевом. Сразу заметим, что порядковые, номера "начал" связаны не с хронологическим порядком их открытия, а с физической обусловленностью следования одного из другого и обобщением предыдущего последующим. Если следовать хронологии, то сначала были открыты первые два, затем выделено нулевое и, наконец, третье.

Нулевое начало термодинамики устанавливает существование параметра, названного температурой, и впервые было выделено как нулевое начало в 1931 году Фаулером, давшим ему следующую формулировку: *два тела, находящиеся в тепловом равновесии с третьим, находятся в тепловом равновесии друг с другом.*

Первое начало, о котором мы не раз упоминали, устанавливает существование другого параметра - энергии, а также невозможность ее возникновения или уничтожения.

Второе начало вводит параметр, названный энтропией. Он не может быть уничтожен и возникает во всех естественных процессах.

Третье начало также связано с энтропией. В формулировке Планка третье начало, установленное Нернстом, сводится к утверждению: *при абсолютном нуле температуры энтропия принимает значение $S_0=0$, независящее от давления, агрегатного состояния и других характеристик вещества.* Поясним это утверждение. Поскольку энтропия S определяется через ее дифференциал dS , то сама величина S определена с точностью до постоянного множителя S_0 . Когда рассматривается разность энтропий, то неопределенность, выраженная значением S_0 , не существенна. В тех случаях, когда параметр S входит сомножителем в некоторые функции состояния ($F=U-TS$ - свободная энергия; $\Phi=U+pv-TS$ -потенциал Гиббса), в них остается неопределенной линейная функция температуры $TS_0=const$, которая не исчезает при рассмотрении термодинамических потенциалов в двух состояниях с различными температурами. В результате, если значение величины S_0 неизвестно, то функция состояния не определена, то есть возникает проблема с абсолютным значением энтропии. Теорема Нернста снимает эту проблему.

Таким образом, первые четыре начала термодинамики завершают ее становление, в которых вводится важнейший физический параметр - энтропия, и определяются его свойства. Из вышеизложенных свойств следует обобщающий вывод, а именно, что энтропия служит *обратной мерой способности изолированной системы к изменению.* Эта одна сторона обобщенной характеристики энтропии, которую можно назвать "качественной". Другая сторона, назовем ее "количественной", показывает, что возрастание энтропии, сопровождающее превращение различных форм энергии во

внутреннюю, следует рассматривать как необратимую потерю способности к совершению работы. Эта характеристика энтропии рассматривается в физике как фундаментальное положение: *энтропия есть мера деградации или диссипации энергии*, в результате чего она частично теряет способность превращаться в работу.

Выражение (2.10) однозначно указывает на то, что энтропия задает направленность процесса. В связи с этим были сделаны неоднократные попытки связать закон возрастания энтропии с направленностью времени. Эти предположения основываются на следующих рассуждениях. Поскольку законы классической механики при однородности времени "симметричны", то можно предположить, что и в основанной на этих законах статистике эта "симметрия" должна сохраняться. Однако, как мы видели в разделе 1.8, в квантовой механике имеется физическая неэквивалентность обеих направлений времени. В связи с этим Ландау делает предположение, что "возможным ее макроскопическим выражением и является закон возрастания энтропии". На это совершенно резонно сначала Новиков, а позже Шихобалов, которым, впервые был сделан обстоятельный анализ теории времени Козырева, задают вопрос: "Каким образом информация о возрастании энтропии передается часам?...". Поскольку для всей Вселенной обмен энергией с каким-то "потусторонним Миром" невозможен по причине того, что его, по-видимому, нет, то Вселенная должна рассматриваться как изолированная система. Тогда во Вселенной все виды энергии должны перейти в тепло, которое, в свою очередь, должно равномерно распределиться по веществу. Выравнивание температуры приводит, как мы знаем, к прекращению всех макроскопических движений. При этом закон сохранения энергии не нарушается, энергия не исчезает, но она становится импотентной - бессильной к совершению работы. Иначе, по мере роста энтропии способность энергии к совершению работы уменьшается. Отсутствие движения и есть "тепловая смерть" Вселенной, к которой пришли на основе ее статической модели Томсон и Клаузиус.

Благодаря работам Фридмана, де Ситтера и Леметера были созданы динамические модели, описывающие эволюцию Вселенной (с переменным радиусом пространства) с момента Большого взрыва. В этих моделях динамика должна исключать тепловую смерть Вселенной. Открытое Хабблом на основании наблюдений красное смещение галактик стало экспериментальным подтверждением теории Фридмана расширяющейся Вселенной. Это открытие явилось для модели Фридмана тем же, что для теории тяготения Эйнштейна наблюденное отклонение луча света при прохождении в поле тяготеющей массы - Солнца.

В связи с моделью расширяющейся Вселенной, как и в случае закона возрастания энтропии, возникли предположения о связи направленности времени с расширением Вселенной. По-видимому, это предположение продиктовано лишь ассоциативностью понятий "расширение" и "направленность".

Для нас сейчас не столь важным является суть выдвинутых гипотез о связи направленности времени с теми или иными физическими процессами, сколь то, что во всех этих гипотезах времени отводится роль пассивного участника. Но любой физический параметр или процесс является частным свойством материи, где время - ее всеобщий атрибут, проявляющийся на всех структурных уровнях. В живых организмах и в микромире возможны процессы с уменьшением энтропии, а время и здесь изменяется необратимо от прошлого к будущему. Или другой, полярный пример. В закрытой системе с максимальной энтропией (равновесное состояние) продолжают взаимодействия на атомно-молекулярном уровне и с внешней средой через посредство электромагнитного, гравитационного полей и нейтрино. Все эти процессы протекают во времени с его неизменной направленностью.

2.3. Термодинамическая вероятность и информационная энтропия

Во второй половине XIX века проблема молекулярно – кинетической теории газов стояла в центре физической науки. Открытие Больцманом статистической природы второго начала термодинамики явилось огромным вкладом в научную мысль который оказал решающее влияние не только на дальнейшее развитие термодинамики, но и на физику в целом.

К началу 70-х годов прошлого столетия Больцманом были получены фундаментальные результаты в молекулярно - кинетической теории газов. Это плодотворный труд ученого, связанный с осмысливанием природы закона распределения молекул по скоростям выведенного в 1859 году Максвеллом. Один из основных результатов, полученных Больцманом, состоит в доказательстве первого механического варианта его знаменитой H-теоремы. В ней Больцман дал строгий вывод закона распределения Максвелла и показал, что это распределение является единственным, удовлетворяющим условию статистического равновесия.

Закон Максвелла описывается некоторой функцией $f(v)$, которая называется функцией распределения молекул по скоростям. Если разбить диапазон скоростей молекул на малые интервалы dv , то на каждый интервал скорости будет приходиться некоторое число молекул $dn(v)$, имеющих скорость, заключенную в этом интервале. График функции числа молекул, приходящихся на данный интервал скоростей, представляет функцию распределения, выражающую закон Максвелла. На основе анализа условия статистического равновесия Больцман делает вывод, что в газе молекулярные столкновения независимо от начального распределения, в конце концов, приходят к максвелловскому распределению скоростей. Строгое доказательство этого вывода дается им, в так называемой, "минимум - теореме", в которой Больцман получает некоторую функцию E (E - функцию), зависящую только от координат и скоростей молекул газа. Замечательным оказывается то, что E -функция соответствует с точностью до знака теореме Клаузиуса о поведении энтропии. Это значит, что E -функция, взятая с обратным знаком, может только возрастать или оставаться постоянной. Имея в виду это свойство E - функции, Больцман не исключает возможности механического обоснования энтропии, а следовательно, и второго начала термодинамики. Однако после критических выступлений некоторых ученых, в частности, Лошмидта, Больцман все больше и больше склоняется к связи второго начала с теорией вероятностей, высказывая мнение, что "проблема механической теории тепла - это проблема исчисления вероятностей". В вероятностном содержании второго начала он усматривает принципиальное отличие от первого начала. Для обоснования этой точки зрения, уже в корне отличной от механической, Больцман вводит важное понятие вероятности состояния системы. Как известно, в рамках механического подхода задание состояния системы равносильно заданию скоростей и координат молекул (именно эта особенность механического подхода склонила на некоторое время Больцмана в сторону последнего, так как E - функция является функцией только координат и скоростей молекул). В рамках механического подхода очевидно, что одному и тому же состоянию системы может отвечать множество различных и, вообще говоря, равновероятных сочетаний скоростей и координат. Больцман указал на необходимость различия понятий состояния системы в механическом и термодинамическом смыслах : *"бесчисленное столкновение молекул в системе, находящейся в термодинамическом равновесии, не изменит состояния системы в механическом смысле, но в термическом смысле оно должно измениться"*. Он логически приходит к задаче о нахождении всевозможных распределений молекул по координатам и скоростям в системе, находящейся в термодинамическом равновесии. Решение этой задачи на основании вероятностного подхода составляет доказательство

его знаменитой H-теоремы. В этой теореме Больцман вводит функцию H, аналогичную E, но имеющую вероятностный смысл. Эта функция характеризует "меру вероятности или неупорядоченности состояния". В формулировке Больцмана H-теорема гласит: *"...не что иное, как то, что в результате столкновений распределение скоростей между молекулами газа все более и более приближается к наиболее вероятному, если состояние является молекулярно - неупорядоченным и к нему, следовательно, применимо исчисление вероятностей"*. Математически эта теорема записывается в виде неравенства

$$\frac{dH}{dT} \geq 0. \quad (2.15)$$

Планк, глубоко вникнув в больцмановскую вероятностную интерпретацию второго начала, получает в окончательном виде формулу, связывающую энтропию S с термодинамической вероятностью p состояния системы:

$$S = k \ln p, \quad (2.16)$$

где k - постоянная Больцмана. Эта формула выгравирована на одном из надгробий центрального кладбища в Вене (единственное отличие в том, что Больцман для обозначения термодинамической вероятности пользовался буквой W).

Формула (2.16) показывает, что возрастание энтропии в результате спонтанного процесса соответствует переходу системы из состояния с наименьшей вероятностью в состояние с большей вероятностью. Максимальное значение энтропии соответствует наивероятнейшему состоянию системы. Чем больше молекул в системе имеют близкие по величине скорости, тем дальше от состояния равновесия находится эта система. Скорость молекулы определяет ее кинетическую энергию, которая, в свою очередь, определяет внутреннюю энергию идеального газа. Чем выше внутренняя энергия системы, тем больше вероятность того, что молекулы имеют различные энергии. Это означает, что число способов, которыми можно распределить энергию системы между молекулами значительно увеличивается, то есть при возрастании внутренней энергии системы ее энтропия увеличивается. Чем больший беспорядок в системе, тем больше ее энтропия. Следовательно, хаос - наиболее вероятное состояние системы, к которому она стремится.

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что в идеальном кристалле при температуре 0°K должен существовать полный порядок с точностью до энергии, так называемых, нулевых колебаний, которыми мы пренебрежем. В этом состоянии энергия молекул уже не может иметь произвольного значения, так как внутренняя энергия системы равна нулю. Такому идеализированному состоянию системы с минимально возможным беспорядком логично приписать значение энтропии, равное нулю. В этом и состоит физический смысл третьего начала термодинамики.

Планк в (2.16) величину p определяет как "термодинамическую вероятность", подчеркивая этим ее отличие от понятия "математическая вероятность", которой первая пропорциональна, но не равна. Дело в том, что математическая вероятность представляет правильную дробь, а термодинамическая вероятность выражается целым числом. Следуя Планку, рассмотрим этот вопрос подробнее. Прежде всего напомним, что при вычислении величины p рассматривается макроскопическое состояние системы. Встает естественный и важный вопрос: чем определяется макроскопическое состояние?

Пусть N-число тождественных молекул в объеме v. Оставляя в стороне скорости этих молекул, рассмотрим, каково их пространственное расположение внутри

заданного объема и каковы их макроскопические пространственные распределения. Рассмотрение именно макроскопического распределения исключает необходимость задания координат каждой молекулы, ибо в этом случае рассматривались бы микроскопические распределения. Принимая во внимание сказанное, разобьем объем v на элементарные равновеликие ячейки с малыми, но конечными размерами. Предположим, что нам известно число молекул в каждой элементарной ячейке объема. Каждой определенной системе чисел N_1, N_2, \dots, N_i (число молекул в i -ой ячейке) отвечает определенное макроскопическое пространственное распределение. Очевидно, что

$$\sum_i N_i = N \quad (2.17)$$

Примем обозначения: $N_i / N = p_i$ ($i=1,2,3,\dots,n$), тогда

$$\sum_i p_i = 1 \quad (2.18)$$

Планк число p_i - частоту появления n -ой молекулы в i -ой ячейке называет числом, определяющим распределение («Verteilungszahl») молекул, или математической вероятностью того, что при заданном пространственном распределении случайным образом "выхваченная" молекула лежит в i -ой ячейке. Из условия тождественности молекул *a priori* следует, что вероятность нахождения какой-либо молекулы в каждой i -ой ячейке одинакова. Далее Планк рассматривает индивидуальное пространственное распределение молекул, которое образуется при фиксированном числе ячеек и данном числе попаданий молекул в i -ую ячейку. Количество способов попадания определенного числа молекул в ту или иную ячейку определяется числом перестановок при указанных условиях:

$$p = \frac{N!}{N_1!N_2!N_3! \dots} \quad (2.19)$$

Выражение (2.19) определяет планковское понятие термодинамической вероятности.

В случае, когда учитываются скорости молекул, моменты и т.д., энтропия состояния (2.16) с учетом (2.18) принимает вид:

$$S = kN \sum p_i \log p_i. \quad (2.20)$$

Как следует из (2.20), всегда $S > 0$.

В третьей главе мы будем рассматривать математическую формализацию аксиоматики причинной механики Козырева, используя положения теории информации, в частности, понятие *информационной* энтропии. Это понятие сыграло очень важную роль в теории связи и кодирования сигналов. Однако с развитием новой отрасли науки - теории информации, истоком которой является работа Хартли, вышедшая в 1928 году, а впоследствии благодаря работам Шеннона, Винера, Колмогорова, Котельникова, Хинчина и др. эта теория становится необходимым математическим аппаратом при изучении всевозможных процессов управления. По мере развития теории становится совершенно очевидным, что область применения теории информации распространяется далеко за рамки вопросов согласования сигналов и каналов связи.

Как увидим ниже, понятие информационной энтропии тесно связано с формулой (2.20), выражающей степень неопределенности состояния термодинамической системы. На примере этой связи отчетливо прослеживается преемственность между фундаментальными работами по термодинамике рубежа XIX, XX веков и современными проблемами в области информатики. Такая преемственность достаточно очевидна, ибо она связана со специфическими особенностями тепла как одной из форм энергии. Иначе говоря, тепло связано с информацией о состоянии элементов в физической системе. При этом известны детерминистские законы, определяющие обмен энергией и импульсом (см. раздел 2.1) в процессе тепловых движений частиц, но экспоненциальное распределение их траекторий не позволяет проследить за каждой из них, хотя гарантирует описание частиц в среднем. Таким образом, детерминистичность и однозначность термодинамических переменных вызвана к жизни вероятностными законами. Больцман, следуя идее механической теории тепла, как мы видели, пришел к формуле (2.16), определяющей энтропию с точки зрения информации о состоянии атомов и молекул. Логика, приведшая его к вероятностному толкованию тепла и способствующая открытию важнейшей в физике H-теоремы, такова, что энтропия изначально является информационной характеристикой системы. Само понятие "информация" остается качественным. Для того, чтобы это понятие стало научным, как заметил Хармут, "необходимо информацию сделать измеряемой". Такой статус придали информации Хартли, а позже Шеннон, обобщив понятие энтропии на абстрактные задачи передачи и обработки информации. В их теории, развитой Котельниковым, Винером, Колмогоровым и др., энтропия стала мерой количества информации и приобрела два смысла: как характеристика вероятности состояния системы - в хартлиевском смысле; как характеристика максимума вероятности - в больцмановском смысле.

Перейдем к рассмотрению основных положений теории информации. В качестве абстрактных объектов, с которыми мы будем производить различные математические операции, удобно выбрать некоторые вероятностные множества, то есть такие объекты, элементы которых (и сам объект в целом) носят вероятностный характер. Такими множествами могут быть всевозможные сообщения, различные состояния какой-либо системы и т.п. Для определенности мы будем говорить о множестве состояний системы, а ее фиксированное состояние называть событием или реализацией. Всюду под множеством подразумеваются конечные множества. Множество состояний абстрактной физической системы обозначим прописными латинскими буквами (X, Y), реализации или события этого множества - строчными латинскими буквами с индексами. Например, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - множество X, элементы которого представляют собой события x_1, x_2, \dots, x_n и в совокупности определяют конкретное состояние системы. Под состоянием системы будем подразумевать задание некоторой вероятности нахождения системы в этом состоянии. Для обозначения вероятности состояния системы используем прописные латинские буквы-P(X), а для обозначения реализации или событий - строчные латинские буквы с индексами - $p(x_i)$. Принадлежность элемента x_i к множеству X обозначается символом $(x_i \in X, i=1, 2, \dots, n)$. Совокупность конкретных значений вероятностей $p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_i)$, задаваемая в диапазоне чисел от 0 до 1, называется эмпирическим распределением вероятностей или просто распределением вероятностей, если для них найден закон их изменения.

По определению на множестве X задано распределение вероятностей $p(X)$, если каждому элементу $x_i \in X$ сопоставлено число $p(x_i)$, причем

$$\sum_i p(x_i) = 1. \quad (2.21)$$

В случае понятия информации в хартлиевском смысле факт ее получения всегда связан с уменьшением разнообразия или неопределенности. Это утверждение носит

качественный характер. Для получения количественной оценки степени неопределенности, то есть ответа на вопрос насколько изменилась неопределенность, необходимо задать меру неопределенности состояния системы. Поступим аналогично тому, как это было сделано при выборе меры для получения абсолютного значения энтропии в термодинамике (третье начало).

В нашем случае неопределенность выбора состояния системы можно рассматривать как меру количества информации, получаемой при полном устранении неопределенности относительно ее состояния (аналогично мере абсолютной энтропии, полученной при $T=0^\circ\text{K}$). Тогда, следуя до конца предложенной аналогии, необходимо, чтобы мера неопределенности указанного состояния была равна нулю. Такую меру в виде логарифма числа состояний в 1928 году получил Хартли:

$$I = \log N. \quad (2.22)$$

В (2.22) при $N=1$ $I=0$, то есть неопределенность единственного состояния системы равна нулю. Выбор основания логарифма определяет единицу измерения неопределенности. Наиболее удобным является основание логарифма, равное двум. При этом основании единицей количества информации (величина, показывающая на сколько единиц снята неопределенность состояния системы) служит бит (*binari digit* - двоичная единица). В качестве возможного использования формулы (2.22) и с целью "прочувствовать" понятие "количество информации" приведем известную со школьной скамьи задачу: определить минимальное число взвешиваний, которое необходимо произвести на равноплечих весах, чтобы среди 27 внешне неотличимых монет найти одну фальшивую, более легкую. Общая неопределенность системы A согласно (2.22) составляет

$$H(A) = \log_2 27 = 3 \log_2 3. \quad (a)$$

Пусть $a \in A$ - подмножество системы A , получаемое при разбивке 27 монет на три кучки по 9 в каждой и определяющее три состояния подмножества a : фальшивая монета находится в одной из них. Таким образом, одно взвешивание способно прояснить неопределенность подмножества a , насчитывающее три возможных исхода - весы уравнились, левая или правая чаша перевесила. Эта неопределенность

$$H(a) = \log_2 3 (\text{бит}).$$

Тогда с учетом (a) $H(A) = 3H(a)$.

Следовательно, для определения фальшивой монеты достаточно произвести три взвешивания. Алгоритм определения фальшивой монеты в результате трех взвешиваний предлагаем в качестве разминки составить читателю.

В теории информации выражение (2.22) принято записывать с использованием не количества возможных N состояний системы, а вводя вероятности $p(x_i)$ этих состояний:

$$I = -\log(x_i), \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (2.22a)$$

Мера оценки неопределенности состояния системы в форме (2.22a) называется количеством собственной информации или просто собственной информацией. Знак минус перед логарифмом обеспечивает положительность меры I , так как $0 \leq p(x_i) \leq 1$.

Мера (2.22), хотя и позволяет, как мы убедились, решать некоторые практические задачи, но она не получила широкого применения. Действительно, по сути эта мера рассчитана на слишком грубую модель, приписывающую всем возможным состояниям

системы одинаковую вероятность. В общем случае степень неопределенности состояния системы зависит не только от числа ее конкретных состояний, но и от вероятностей этих состояний, достигая максимального значения, когда последние равновероятны. Если, например, система принимает два состояния с вероятностями 0,99 и 0,01, соответственно, то в первом случае исход, практически, предрешен.

Приведенные рассуждения выдвигают более строгие требования к искомой мере $H(p_i)$: она должна быть непрерывной функцией вероятностей $p(X)$ состояний системы с соблюдением условия (2.21); должна быть функцией от функции (функционалом) распределения случайной величины и не должна зависеть от ее конкретных значений (в этом случае $H(p_i)$ является функционалом распределения вероятностей); не должна зависеть от пути выбора состояния системы. С учетом этих требований Шеннон получил выражение для меры неопределенности в виде

$$H(p_i) = - \sum_i p_i(x) \log p_i(x) \quad (2.23)$$

Позже Хинчин математически строго доказал, что функционал (2.23)-это единственный функционал, удовлетворяющий сформулированным требованиям.

Выражение (2.23), практически, совпадает с выражением (2.20) для термодинамической энтропии. Совпадение имеет глубокий физический смысл: в обоих случаях величина H характеризует степень разнообразия состояний системы. В форме (2.23) эта величина называется информационной энтропией. Как и в термодинамике, в теории информации ее принято называть просто энтропией. Рассмотрим свойства энтропии (2.23), обращая внимание на соблюдение сформулированных выше требований.

1. Энтропия является вещественной и неотрицательной величиной ($H(X) \geq 0$).
2. Энтропия - величина ограниченная.
3. Энтропия достоверного исхода ($p(x)=1$) равна нулю.
4. Энтропия максимальна, когда все состояния равновероятны.
5. Энтропия $H(XY)$ двух и более статистически независимых систем равна сумме энтропий $H(X)$, $H(Y)$ каждой из них:

$$H(XY) = H(X) + H(Y). \quad (2.24)$$

Статистическая независимость систем означает, что любые изменения состояний одной из систем никоим образом не влияют на состояния, в которых находятся другие. В противном случае они статистически зависимы. При рассмотрении таких систем какое-либо сообщение, связанное с одной из них, изменяет (уменьшает) неопределенность другой. Для оценки количества информации, создаваемой статистически зависимыми источниками, используется понятие условной энтропии. В этом случае рассматриваются вероятности состояний одной системы при условии, что другая система приняла фиксированное состояние. Такие вероятности называются условными.

Если система Y принимает соответственно состояния y_1, y_2, \dots, y_j , то их условные вероятности, соответствующие состояниям x_i , записываются в виде

$$p(y_1|x_i), p(y_2|x_i), \dots, p(y_j|x_i) \quad (i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N). \quad (2.24)$$

Совокупность условных вероятностей для конкретного значения x_i позволяет определить частную условную энтропию

$$H(Y|x_i) = - \sum_i p(y|x_i) \log_2 p(y|x_i), \quad (2.25)$$

которая характеризует информационные свойства системы Y при условии, что система X приняла данное состояние x_i . Усредняя частные условные энтропии по всем

состояниям x_i , получим общую условную энтропию системы Y относительно системы X :

$$H(Y|X) = -\sum_i p(x_i) \sum_j p(x_i) \log_2 p(y_j|x_i), \quad (2.26)$$

Величина $H(Y|X)$ показывает, какой энтропией в среднем обладает система Y , если состояние системы X известно.

Если системы X и Y статистически независимы, их безусловные и условные вероятности равны, то равны и их соответствующие энтропии:

$$H(Y|X) = H(Y). \quad (2.27)$$

Рассмотрим совместную энтропию $H(XY)$ статистически *зависимых* систем $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m\}$ и $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n\}$. Если число совмещенных состояний этих систем равно mn , то энтропия совокупности их возможных состояний

$$H(XY) = H(X) + H(Y|X), \quad (2.28)$$

то есть совместная энтропия $H(XY)$ двух статистически зависимых систем X и Y равна сумме безусловной $H(X)$ и условной $H(Y|X)$ энтропий. Совместная энтропия двух систем обладает свойством "зеркального" или взаимного отображения, выражающимся в равенстве

$$H(XY) = H(YX). \quad (2.29)$$

Поэтому, наряду с (2.28), справедливо равенство

$$H(YX) = H(Y) + H(X|Y). \quad (2.30)$$

На основании (2.29) и (2.30) следует, что

$$H(X) + H(Y|X) = H(Y) + H(X|Y). \quad (2.31)$$

Заметим, что информационная энтропия позволяет математически описать свойства различных вероятностных объектов.

В заключении данного раздела, возвращаясь к главной теме, вспомним, что именно вероятностная, а не детерминистская модель наиболее близка к реальному миру. С этой точки зрения понятие информационной энтропии столь же фундаментально, как и понятие термодинамической энтропии. Для более четкого представления о вероятностной модели реального мира рассмотрим в следующем разделе принцип неопределенности, открытый Гейзенбергом. Этот принцип не введен в науку, а именно, открыт, так как он является неотъемлемым свойством самой Природы.

2.4. Соотношение неопределенностей и дополнительность.

У истоков квантовой механики стояла теория теплового излучения. На основании законов термодинамики применительно к тепловому излучению и положений статистической физики как механического обоснования термодинамики (раздел 2.3) возникла задача о статистическом описании теплового излучения. История решения

этой задачи является прекрасным примером тому, когда радикальное изменение взглядов на природу вещей приводит к более глубокому ее пониманию.

Исследование физических принципов теплового излучения, позволяющих описать это явление для всех тел единым образом, начинается работами французского физика Прево. В 1809 году он установил, что излучение любого тела никак не связано со свойствами окружающей его среды, и построил теорию динамического равновесия между излученным и поглощенным теплом. Позже, в 1831 году, итальянский физик Меллони установил неоднородность тепловых лучей по своему составу и доказал тождественность тепловых и световых лучей. В это время полным ходом развивалась кинетическая теория теплоты, но никаких попыток применить термодинамические принципы к тепловому излучению сделаны не были. Наконец, в 1860 году Кирхгоф на основании второго начала доказывает закон, согласно которому тепловое излучение всех тел имеет одинаковую природу, зависящую только от длины волны и температуры. Он вводит универсальную функцию $F_\nu(T)$ (ν - частота, T – температура), описывающую этот процесс. Способность тел поглощать подающее на них излучение характеризуется поглощательной способностью. Количественной характеристикой теплового излучения служит излучательность тела - мощность излучения с единицы площади поверхности тела в узком $\nu+d\nu$ интервале частот. Эти величины, отнесенные к определенным температурам, называются спектральной излучательной и поглощательной плотностями. Кирхгоф вводит понятие *абсолютно черного тела*, "которое при бесконечно малой толщине полностью поглощает все падающие на него лучи, т.е. не отражает и не пропускает". Таким образом, универсальная функция Кирхгофа $F_\nu(T)$ есть не что иное, как спектральная плотность излучательности абсолютно черного тела. Дальнейшие усилия ученых были направлены на отыскание в явном виде выражения для функции $F_\nu(T)$.

Стефан на основе анализа экспериментальных данных и Больцман, используя термодинамический метод, находят, что $F_\nu(T)$, проинтегрированная по всем частотам, пропорциональна четвертой степени температуры: $F(T)=\sigma T^4$. Эта зависимость является интегральным решением и не дает ответа на вопрос относительно спектрального состава излучения абсолютно черного тела. Эмпирические кривые распределения $F(\nu, T)$ построенные как функции длины волны (частота ν связана с длиной волны λ формулой $\nu = c/\lambda$, c -скорость света), при фиксированных температурах показали на явно выраженный максимум и его смещение в сторону коротких длин волн по мере роста температуры (рис. 6).

Вин, опираясь на законы термо- и электродинамики, установил зависимость длины волны λ_{\max} соответствующей максимуму функции $F_\nu(T)$. Согласно закону смещения Вина λ_{\max} обратно пропорциональна температуре T . Однако вопрос о нахождении в явном виде формулы для универсальной функции $F_\nu(T)$ оставался открытым.

Следующий шаг был сделан Релеем и Джинсом. Они для решения задачи привлекли методы статистической физики, а именно, закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Тем не менее, полученная ими формула $F_\nu(T)=kT(2\pi\nu^2/c^2)$, как

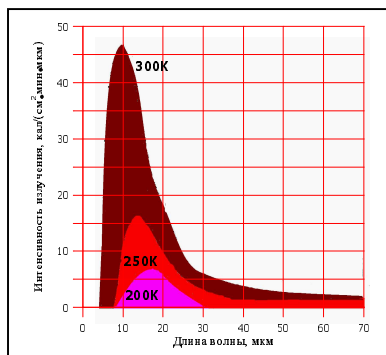


Рис. 6. Интенсивность излучения абсолютно черного тела в зависимости от длины волны и температуры.

оказалось, согласуется с экспериментальными данными для ограниченной области частот и больших температур. Более того, попытка получить закон Стефана-Больцмана из формулы Релея - Джинса привела к абсурду.

Таким образом, в рамках классической физики не удалось найти выражения для распределения энергии в спектре абсолютно черного тела, то есть объяснить природу теплового излучения. Решающий шаг к решению этой проблемы удалось сделать, кардинально изменив точку зрения, принятую в классической физике, на природу вещей, а именно, на непрерывность изменения энергии системы.

Планк, признав в 90-х годах статистическую интерпретацию второго начала, серьезнейшим образом занялся проблемой теплового излучения. Решение этой проблемы стало делом жизни выдающегося физика. Стоявшую перед ним задачу Планк прекрасно сформулировал в своей нобелевской лекции в июне 1920 года: *"С тех пор как Густав Кирхгоф показал, что свойства теплового излучения, которое образуется в пустом пространстве, ограниченном любыми равномерно нагретыми поглощающими и излучающими телами, вполне независимы от природы этих тел, было доказано существование некоторой универсальной функции, зависящей только от температуры и длины волны, но никоим образом не от особых свойств какого-либо вещества; и определение этой замечательной функции сулило более глубокое проникновение в сущность связи между энергией и температурой, связи, которая является главной проблемой термодинамики, а следовательно, и всей молекулярной физики."*

Изначально, будучи истинным термодинамистом, Планк считал, что все результаты, касающиеся теплоты, необходимо получить термодинамическим методом, без привлечения каких-либо молекулярных гипотез и не обращаясь к каким-либо предположениям о внутреннем строении рассматриваемых тел. Опуская этапы исследований, проведенные Планком для решения поставленной задачи, заметим, что на определенном этапе был получен результат, позволяющий свести проблему теплового излучения к физике гармонического осциллятора. Несколько слов о гармоническом осцилляторе. Общим для всех систем, колеблющимся около положения равновесия (осцилляторов), является то, что энергия таких систем складывается из двух частей: потенциальной энергии $U = \gamma \delta^2 / 2$ и кинетической $E = \beta d\delta^2 / 2$, где δ - величина отклонения от положения равновесия, γ , β - коэффициенты. В классической механике примером гармонического осциллятора могут служить пружинный, физический и математический маятники. Осциллятор в квантовой механике можно представить себе, например, как электрон, колеблющийся около положения равновесия.

Планк вводит в рассмотрение осцилляторы, взаимодействующие с излучением и представляющие собой колеблющийся электрон, хотя принципиального значения конкретный тип осциллятора совершенно не имеет, так как согласно закону Кирхгофа распределение равновесного излучения не зависит от устройства тел. Планк формулу (2.19) распространяет на большое число введенных осцилляторов. Для того, чтобы число таких состояний оказалось конечным, Планк вводит допущение, рассматривая энергию \mathcal{K} осцилляторов, как *безгранично делимое* количество. Тогда распределение энергии \mathcal{K} по N осцилляторам частоты ν может быть произведено бесконечно большим числом

способов. По мнению Планка, *«...однако, и в этом состоит самый важный момент всего расчета, что \mathcal{K} может быть разделено на точно определенное число равных частей, и используем при этом мировую постоянную $h = 6,55 \cdot 10^{-34}$ эрг·с. Эта постоянная, помноженная на общую для всех осцилляторов данной группы частоту, дает нам элемент энергии ϵ в эргах; деля \mathcal{K} на ϵ , мы получим число P этих элементов энергии, которые и должны быть распределены между N осцилляторами»*. Другими словами. Планк постулировал, что энергия осциллятора описывается выражением $\mathcal{K} = nh\nu$ ($n=1,2,\dots$) и, принимая $\Delta n=1$, излучаемое количество энергии ϵ определил формулой

$\varepsilon=h\nu$. Окончательное выражение для универсальной функции Кирхгофа Планк получает в виде

$$F_{\nu}(T) = \frac{2\pi \nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\exp(h\nu / kT) - 1} \quad (2.32)$$

Формула (2.32) содержит в себе частные законы теплового излучения Стефана-Больцмана, Релея-Джинса и закон смещения Вина. Таким образом, формула Планка является полным решением основной задачи теплового излучения, сформулированной Кирхгофом.

Нельзя не отметить удивительное отношение самого Планка к методу получения его знаменитой формулы. Он считал свою гениальную догадку о дискретности энергии излучения лишь простым приемом расчета, который необходимо было *придумать*, чтобы осциллятор «заработал». Главную задачу Планк видел в том (и такой подход, по-видимому, характерен только для выдающихся людей), чтобы *любым способом получить положительный результат, чего бы это не стоило*. А «стоило» это созданием квантовой механики в результате отказа от воззрений классической физики, что сделать Планку было особенно трудно.

Постоянная Планка h имеет размерность «энергия \times время», а величина c такой размерностью в механике называется действием. По аналогии величину h назвали квантом действия. Понятие кванта, как материальной частицы, было введено Эйнштейном на основании исследований равновесия между молекулами и излучением, результаты которых были им использованы для объяснения фотоэффекта.

Эйнштейн в вопросах природы излучения выделял два понятия: «сущность» излучения и «структура» излучения. Поскольку при испускании света происходит уменьшение массы тела источника в соответствии с законом $\Delta m = \Delta E / c^2$, то понятие сущность излучения непосредственно связано с результатами теории относительности. Здесь свет выступает не в связи с некоторым гипотетическим эфиром, а как нечто самостоятельное, подобное веществу. Теория относительности, меняя воззрение на сущность света, не затрагивает такие вопросы, как структура излучения и пространственное распределение энергии излучения. В работе по расчету флуктуаций излучения Эйнштейн приходит к заключению о дуалистической корпускулярно - волновой природе света.

Волновая природа света раскрывается из опытов по интерференции и дифракции, поставленных еще Ньютоном. Что касается квантовой природы света, то она была понята Эйнштейном в результате распространения планковой идеи квантования осцилляторов на электромагнитное излучение. С этой точки зрения осциллятор Планка изменяет свою энергию, испуская или поглощая квант света. Эту идею Эйнштейн применил для объяснения фотоэффекта. Он получил выражение для максимальной энергии E_{\max} вылетающих электронов: $E_{\max} = h\nu - A$, где A - работа выхода - энергия, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из вещества. На основании квантовой теории света было объяснено удивительное свойство фотоэффекта - энергия вылетающих электронов не зависит от интенсивности облучающего света.

Исследуя равновесие между молекулами и излучением, Эйнштейн приходит к выводу, что молекулы, поглощая или испуская квант энергии $h\nu$, получают или отдают импульс, равный $h\nu/c$. Здесь Эйнштейн для описания микрообъектов вводит в рассмотрение вероятности спонтанного и индуцированного излучения, а также вероятность направления вылета кванта из молекулы, так как направление не может быть предсказано никоим образом. Реальное существование квантов было экспериментально доказано Комптоном, и с этого момента квант становится полноправной элементарной

частицей, названной фотоном, со спином 1, нулевой массой покоя ($m_0=0$) и зарядом, равным нулю. В результате квантовая теория была признана официальной физикой спустя почти десять лет с момента ее опубликования, но Эйнштейн до конца своих дней считал введенное им же вероятностное описание квантовых процессов самым большим недостатком теории.

Как известно, Резерфордом была создана модель атома, согласно которой атом состоит из положительно заряженного ядра и системы окружающих его электронов. Общий отрицательный заряд электрона равен положительному заряду ядра. Электроны удерживаются в атоме силами притяжения ядра. Взяв за основу модель атома Резерфорда, Бор рассматривает квант действия Планка, считая необходимым для объяснения стабильности электронов в атомах, ввести «чуждую» классической электродинамике постоянную Планка. Дело в том, что с точки зрения классической электродинамики, электрон в атоме, излучая энергию, теряет ее и, переходя с орбиты на орбиту, в конце концов, должен был бы упасть на ядро. Таким образом, выводы классической электродинамики противоречат факту, что атомы длительное время имеют определенные размеры и частоты. Классическая теория отождествляет частоту излучения электрона с частотой колебания механической системы. Но системы, в которых частота является функцией энергии, не могут испускать конечное количество однородного излучения, так как при излучении их частота будет меняться. Бор получает условие устойчивости орбиты электрона в атоме, с помощью которого можно рассчитать скорость движения электрона по орбите, ее радиус и полную энергию электрона на любой орбите. Полученные формулы для скорости, радиуса и полной энергии электрона содержат один и тот же множитель, принимающий целочисленные значения $n=1,2,3,\dots$ и т.д., названный квантовым числом. Каждому квантовому числу соответствует определенный радиус орбиты. Таким образом, Бор показывает, что атом может существовать, не излучая энергии. Если электрон переходит с одной орбиты на другую, атом либо испускает, либо поглощает энергию в виде особых порций - квантов. В 1913 году выходит статья Бора «*О строении атомов и молекул*», отредактированная в его присутствии Резерфордом. Через несколько недель ученый мир узнал о квантовой модели строения атома. Эта теория открыла новую эпоху в исследовании микромира. Надо отметить, что отношение физиков к новой модели атома было, мягко говоря, противоречивым и понадобилось время, прежде чем скептики признают, что воззрения Бора верны и что только квантовые представления описывают модель атома. Так было, есть и будет и мы в этом еще раз убеждаемся на примере козыревской теории времени.

Теория Бора описывала все главнейшие свойства атомов, но смысл правил квантования оставался совершенно неясным. Если идея дискретности излучения энергии, выдвинутая Планком *a priori*, была продиктована требованием самой теории, то теорию Бора не назовешь иначе, как гениальным озарением, ибо появилась она до того, как выяснились волновые свойства частиц. Предположение о наличии волновых свойств у частиц высказал де Бройль. Это предположение возникло у де Бройля в связи с поразившей его еще в молодости аналогией между математическим аппаратом аналитической механики и волновой теорией. Решающий шаг был сделан, когда де Бройль предположил, что если по Эйнштейну световые волны имеют свойства частиц, то не исключена возможность, что электрон имеет волновые свойства. В результате родилась теория, согласно которой волновые свойства электрона описываются волновой функцией, удовлетворяющей простому волновому уравнению. Решение этого уравнения есть плоская волна с длиной, названной длиной волны де Бройля. Эта теория требовала логического завершения в форме основного закона атомной механики, каким, например, в классической механике является второй закон Ньютона. Идеи де Бройля логически замкнул Шредингер, сформулировав основное уравнение квантовой

механики. Для одномерного движения в потенциальном поле $U(x)$ это уравнение записывается в виде :

$$\frac{d\psi}{dx^2} + \frac{8\pi m}{h^2}(E - U)\psi = 0, \quad (2.33)$$

где m - масса частицы, ψ - волновая функция - величина, полностью описывающая состояние микрообъекта и служащая основной физической характеристикой системы; E - полная энергия, U - потенциальная энергия. Если в (2.33) положить $U=0$, то простое интегрирование этого уравнения дает два решения: $\psi_1 = a\sin(kx)$ и $\psi_2 = b\cos(kx)$. Эти решения и описывают волны де Бройля:

$$k = 2\pi/\lambda = \sqrt{2mE}/h, \quad \lambda = h/\sqrt{2mc} = h/p, \quad (2.34)$$

где λ - длина волны, p - импульс (количество движения).

Главной целью Шредингера было получить такую микромеханику, которая, с одной стороны, уточняя макромеханику, делает ее, с другой стороны, применимой к микросистемам. Здесь существенен один момент. Шредингер основное уравнение квантовой механики получил не в результате его вывода в общепринятом строгом смысле, а на основании эмпирических данных и общих представлений о волновых уравнениях, описанных в работах Гамильтона. Поэтому сначала физический смысл ψ -функции не был понятен и самому Шредингеру. Но поскольку уравнение Шредингера является основным динамическим уравнением квантовой механики, то каждая входящая в него величина должна быть конкретна и понятна, аналогично величинам, входящим во второй закон Ньютона в классической механике. Физический смысл ψ -функции объяснил Макс Борн, согласно которому квадрат модуля волновой функции $|\psi|^2$ определяет плотность вероятности обнаружения частицы в заданной точке пространства. В результате «волны материи» получили вероятностную интерпретацию. Последнюю точку в подтверждение правильности теории де Бройля о волновых свойствах электрона поставили Девисон и Джермер в Америке, Поджет Томсон в Англии и Тартаковский в России. Они экспериментально обнаружили диффракционную картину от пучка электронов, рассеянных кристаллической пластинкой. Эта картина возникает из-за наложения волн, рассеянных каждым атомом кристалла. Если за кристаллической пластиной поставить фотопластинку, то выйдя из кристалла каждый отдельный электрон, попав на фотопластинку, дает почернение эмульсии только в одном месте, то есть в одном зерне фотоэмульсии. Когда электрон взаимодействует с кристаллом, то он подобен волне, имеющей протяженность в пространстве и охватывающей сразу большое количество атомов кристалла. При попадании на фотопластинку электрон ведет себя как "точечная" частица, находящаяся строго в пределах зерна.

Идея де Бройля, воплощенная в форме волнового уравнения Шредингером, и вероятностная интерпретация решений этого уравнения, выдвинутая Борном, окончательно выявили корпускулярно - волновую природу элементарных частиц. Дуалистический характер частицы с позиций классических представлений противоречив, ибо в классической механике с понятием частицы неразрывно связано предположение, что она всегда обладает строго определенным импульсом и находится в строго определенной точке пространства. Микрочастица не может иметь сразу определенное значение скорости (импульса) и определенное значение координаты - только одно из двух. Если не определена координата, то частица не может считаться точечной. Таким образом, квантовая механика, в определенном смысле, постулирует, что необходимым условием существования атома является неопределенность (в выше-

указанном смысле) поведения частицы. В противном случае, при движении электронов по орбитам в соответствии с классическими законами электродинамики, согласно уравнениям Максвелла каждый электрон должен излучать электромагнитные волны, что неизбежно привело бы к скручиванию его орбиты в спираль и, в конечном счете, к падению на ядро. Поскольку атомы существуют, то этого не происходит, а значит электроны и атомы - не «обычные» частицы, а частицы микромира, подчиняющиеся особым квантовым законам. Последнее означает, что квантовая теория запрещает электрону «классическое» поведение. Данное утверждение носит декларативный характер. Его физический смысл раскрывает принцип неопределенности Гейзенберга. Этот принцип вместе с принципом дополнительности Бора завершают большой этап развития квантовой механики.

На основании вышесказанного следует, что микрочастица по своей природе не является ни волной, ни частицей, приобретая в зависимости от конкретного физического процесса в большей степени либо свойства частицы, либо волны. В первом случае с большей определенностью можно в эксперименте измерить ее положение (координату), во втором - импульс. Чем точнее измерена одна величина в эксперименте, тем неопределеннее становится другая. То же относится и к паре энергия-время. Такие пары величин называются *канонически сопряженными*.

В дифракционной картине отклонение электрона от первоначального направления на угол α тем больше, чем меньше ширина щели Δx , то есть $\sin\alpha \cong \lambda / x$. Поэтому дифракция, например, световых волн, наблюдается лишь тогда, когда размеры отверстий станут соизмеримы с длиной волны λ . В этом случае угол α принимает такое значение, при котором наблюдается дифракционная картина. Появление дифракционной картины, во-первых, говорит о проникновении электрона сквозь щель в точке с координатой, определяемой с точностью до размеров щели Δx . Во-вторых, электрон, пройдя через отверстие, обязательно должен отклониться либо вниз, либо вверх, приобретая составляющую импульса Δp , перпендикулярную направлению первоначального движения: $\Delta p = p \sin\alpha$. Тогда изменение импульса можно записать как $\Delta p \cong p \lambda / \Delta x$. На основании формулы де Бройля (2.34) получим

$$\Delta p \Delta x \cong h \quad (2.35)$$

Выражение (2.35) и представляет собой соотношение неопределенностей, полученное Гейзенбергом. Оно показывает, что в результате измерения координаты частицы с точностью до ширины щели Δx , частица приобретает дополнительный импульс Δp , параллельный щели и выраженный неравенством

$$\Delta p \geq h / \Delta x, \quad (2.36)$$

то есть максимальная точность информации об импульсе электрона не превышает величины $h / \Delta x$. Поскольку создать прибор размером меньше атома невозможно, то значит и невозможно уменьшить неопределенность измерения координаты.

Соотношение неопределенностей, раскрывая смысл запрета на классическое поведение микрочастицы, не затрагивает вопроса, связанного с противоречием «волна – частица». На этот вопрос ответил Бор. Практически одновременно с выводом соотношения неопределенностей Гейзенбергом Бор предлагает принцип дополнительности. Он показал, что соотношение неопределенностей выполняется для пары энергия-время:

$$\Delta E \Delta t > h \quad (2.37)$$

Более того, соотношение неопределенностей представляет собой частный случай принципа дополнительности и является количественным воплощением общей идеи дополнительности. Рассмотрим ее.

Если неопределенность связана с процессом измерения, то уравнение Шредингера неприменимо для описания микрочастицы, так как она не изолирована, а значит взаимодействует с другой системой-прибором. Рассмотрим частицу, описываемую волновой функцией Шредингера. Пусть σ_p - среднее квадратичное отклонение импульса, полученное в результате проведения n экспериментов с частицей; σ_x - среднее квадратичное отклонение x - координаты, полученное в результате m экспериментов. С учетом принятого условия для частицы величины σ_p и σ_x , названные Бором дополнительными, должны удовлетворять соотношению неопределенностей $\sigma_p \sigma_x > \hbar$. Последнее неравенство полностью совпадает с соотношением неопределенностей Гейзенберга, но применительно к волновой функции. Таким образом, по Бору волновая и корпускулярная точки зрения взаимно дополнительные. Это означает, что если мы докажем в эксперименте корпускулярный характер частицы, то ни при каких условиях нам не удастся доказать, что она одновременно имеет и волновой характер. Совершенно справедливо и обратное утверждение.

В заключение данного раздела отметим один важный принцип, вытекающий из неопределенности Гейзенберга. Рассмотрим квантомеханическую систему, состоящую из одинаковых частиц (например, электронов) с одинаковыми физическими свойствами, то есть имеющими одинаковую массу, квантовые числа и т.п., называемые тождественными. Такая система обладает необычным свойством, проявляющимся в фундаментальном принципе квантовой механики-неразличимости тождественных частиц. В классической механике одинаковые частицы можно различить по положению в пространстве и импульсам, то есть как бы «пронумеровав» их, мы сможем проследить за траекторией любой из таких частиц. Поэтому классическая механика систем из одинаковых частиц принципиально не отличается от классической механики систем из различных частиц.

В квантовой механике, в соответствии с соотношением неопределенностей для микрочастиц, понятие траектории вообще неприменимо; волновая функция ψ , описывающая состояние микрочастиц, позволяет лишь вычислить борновскую вероятность $|\psi|^2$ нахождения микрочастицы в окрестности той или иной точки пространства. Если вероятности $|\psi|^2$ двух тождественных частиц равны, то вопрос о нахождении каждой из этих частиц в данной области вообще лишен смысла. Таким образом, в квантовой механике тождественные частицы неразличимы. Учитывая физический смысл величины $|\psi|^2$, принцип неразличимости для тождественных частиц, можно записать в виде:

$$|\psi(X_1, X_2)|^2 = |\psi(X_2, X_1)|^2. \quad (2.38)$$

Выражение (2.38) показывает, что принцип неопределенности тождественных частиц ведет к определенному свойству симметрии волновой функции. Если при перемене частиц местами волновая функция не меняет знак, то она называется симметричной, в противном случае - антисимметричной. Изменение знака ψ не означает изменения состояния, так как физический смысл имеет лишь квадрат модуля волновой функции.

Опытным путем получено, что симметрия или антисимметрия волновых функций определяется спином частиц. В зависимости от характера симметрии все элементарные частицы и построенные из них системы (атомы, молекулы) делятся на два класса: класс частиц с полуцелым спином (электроны, протоны, нейтроны), описываемый антисимметричными волновыми функциями. Частицы, принадлежащие к этому классу,

называются *фермионами*. Класс частиц с нулевым или целочисленным спином (π -мезоны, фотоны), которые описываются симметричными волновыми функциями, называются *бозонами*.

2.5. Время в квантовой механике

Соотношение неопределенностей для канонически сопряженной пары энергия - время имеет универсальный характер, не допускающий исключений. Это соотношение для времени и энергии указывает на характер поведения микрочастицы во времени, на его роль в микромире. Из неравенства $\Delta E \Delta t > \hbar$ следует, что чем точнее определена одна из этих величин, тем больше неопределенности в другой. Тогда уменьшение неопределенности в определении Δt приводит к нарушению закона сохранения энергии, ибо становится неопределенной энергия системы, а значит и примененный к ней сам закон. Здесь сразу возникают, по крайней мере, два вопроса. Рассмотрим их. Первый: как быть с незыблемостью закона сохранения энергии? На это в квантовой механике приводится, на наш взгляд, недостаточно убедительная аргументация, принимающая возможность нарушения закона сохранения энергии, но только на некоторую малую величину ΔE . Иначе говоря, закон сохранения энергии в микромире выполняется, но не строго, а с точностью до квантовой неопределенности или в меру этой неопределенности. Кроме того, логичность приведенной аргументации или «физичность» в нарушении закона сохранения энергии в квантовой механике, многие физики находят в очевидном (?) соответствии между теоремами Нетер и принципами Гейзенберга и Бора. В частности, Мигдал объясняет это «очевидное» соответствие тем, что как и в классическом подходе у Нетер, так и в квантовом у Гейзенберга и Бора, очевидно наличие связи между парами «пространство-импульс», «энергия-время». В результате делается философский вывод о единстве физического мира и внутренней его связанности. С последним выводом трудно не согласиться, хотя с физической точки зрения он носит декларативный характер. А с аргументами, которые якобы приводят к этому выводу, согласиться трудно.

Рассмотрим соотношение неопределенностей для канонически сопряженной пары время - энергия. Вызывает ли оно сомнение? Ни в коем случае, ибо мы убедились в том, что вывод этого соотношения не есть какой-либо прием, используемый с целью получения целостности теории, а представляет собой свойство природы. Тогда, что означает в квантовой механике нарушение «до некоторой меры» закона сохранения энергии? Читатель, неотягощенный знаниями физики (а может быть именно по этой причине), но имеющий представление о строгости требований, предъявляемых к физическим положениям, носящих статус закона, тем более такого, как закон сохранения энергии, вправе со своей стороны задать вопрос: почему в одном случае ученые физики бьются десятилетиями над решением задачи и находят его, но это решение становится общепризнанным, только в случае его экспериментального подтверждения, а в другом - очевидное нарушение закона принимается только лишь из-за малости величины этого нарушения? Попытаемся в этом разобраться.

Для «спасения» положения T-инвариантности была введена CP-инвариантность (раздел 1.8), но, как мы видели, и она нарушается. Конечно, этот метод, который использовался для объяснения «естественности» нарушения закона сохранения энергии в квантовой механике, совершенно не сопоставим (по своей убедительности) с тем, который был использован в случае нарушения закона четности. Поиск объяснения последнему основывался на строгой теории и физическом эксперименте. Для объяснения первого нарушения, в качестве одного из аргументов, приводятся фигурирующие в теоремах Нетер классические свойства времени и пространства - однородность и симметрия. Точнее речь идет не именно об этих свойствах, а о факте

использования Нетер пары пространство-время. Но так или иначе, если речь идет об этой паре, то нельзя забывать и о факте, что классические свойства пространства и времени (однородность и симметрия) присущи и квантовой механике. Поэтому теоремы Нетер в полной мере и со всей строгостью применимы и к микромиру. А если так, то либо закон не носит универсального характера, либо не найдено правильное толкование его нарушению, пусть даже на величину очень малую. Склоняясь к второй возможности, попытаемся разобраться какими физическими факторами может быть связано это «нарушение».

Субстанциональный подход к феномену времени сразу приводит в силу теорем Нетер к нарушению закона сохранения энергии и в микромире, и в макромире. Он не исключает, а скорее предполагает существование энергии у самого времени. Тогда, согласно сделанному предположению, в природе должна быть реализована возможность превращения временной энергии в другие известные виды и наоборот. Отсюда следует, что «лишние» добавки энергии в канонически сопряженной паре энергия - время, возникающие за счет квантовой неопределенности, могут быть отнесены к результату этих превращений. Мы выделили именно пару энергия- время, имея в виду следующее. Для пары импульс-пространство экспериментального доказательства справедливости соотношения неопределенностей (если бы оно в принципе было возможным) просто не требуется, ибо невозможно создать прибор размером меньше атома. Это просто нонсенс. То же справедливо и для пары энергия-время, если бы было доказано существование атомов времени или, как их называл Ксенократ, «хрононов». Как известно, такого доказательства нет. Делая предположение наличия энергии у времени, мы не можем исключить и наличия у него плотности, в частности, что плотность времени в определенных областях пространства может быть нулевой. Применяя соотношение неопределенностей к этому частному случаю, получим бесконечно большой добавок энергии, который определяется только свойствами времени. К рассмотрению этих свойств мы и приступаем в третьей главе.

Глава 3. СУБСТАНЦИОНАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВРЕМЕНИ

За последние полвека физика продвинулась далеко вперед в нашем понимании строения материи. Первые десятилетия XX века были ознаменованы открытиями, связанными со строением атома и особенностями взаимодействия элементарных частиц. Нынешнее время знаменуется изучением субъядерных частиц - кварков и более глубоким проникновением в физические процессы микромира. В макромире достигнуто понимание одной из важнейших особенностей Природы - способности к самоорганизации или восстановлению порядка из хаоса без вмешательства извне. Эти исследования, направленные на изучение особенностей реального мира с целью осмысливания физической сущности природы в целом, теснейшим образом связаны с пониманием природы времени. Однако как в ранних, так и в современных физических теориях время остается лишь сопутствующим, совершенно пассивным понятием, которому отводится роль статиста. В результате физика, принимая обратимость времени, оказалась в вопиющем противоречии с необратимостью времени реального мира. Это противоречие из-за неполноты описания системы физика в определенной степени обходит, приписывая свойство необратимости самой системе, включая наблюдателя, и тем самым игнорирует любые свойства времени, кроме длительности. Признание необратимости свойством, присущим только времени, неизбежно приводит к нарушению закона сохранения энергии. Но это нарушение имеет место только в тех методологических рамках, в которых Нетер строила доказательства теорем сохранения - однородность и симметричность времени. Рассматривая методологию, принятую Нетер на основе концепции классической физики как одно из приближений модели к реальному миру, мы вправе в соответствии с реально существующими фактами видоизменить ее, тем самым расширяя рамки закона, но не нарушая его. Этот путь приводит нас к субстанциональной концепции времени.

В этой главе мы рассмотрим физическую теорию субстанционального подхода к феномену времени на базе созданной Козыревым причинной или несимметричной механики, покажем возможность математической формализации аксиоматики причинной механики, позволяющей на основе количественной оценки однозначно идентифицировать в бесконечной цепи причинно-следственных превращений звено «причина-следствие».

Мы благодарны судьбе за то, что она свела нас с таким удивительным и замечательным человеком, как *Николай Александрович Козырев*. Прекрасное повествование его биографии и научной деятельности сделано его коллегой по астрономическим исследованиям А. Н. Дадаевым, которое опубликовано в двух изданиях: в серийном издании «Проблемы исследования Вселенной» (1985г., вып.11) и недавно вышедшей книги, изданной Ленинградским (теперь Санкт-Петербургским) государственным университетом: «Н. А.Козырев. Избранные труды»(1991г.). Выдержки из этих публикаций мы приводим в следующем разделе.

3.1. НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ КОЗЫРЕВ

Среди известных астрономов нашего времени, пожалуй, нет имени более популярного и загадочного, чем имя профессора Козырева. На протяжении более тридцати лет оно не сходит со страниц научной печати, научно-популярных изданий, журналов и газет. Все началось со споров по поводу обнаружения Н.А. Козыревым тектонической активности Луны в ноябре 1958 года. Серьезные дискуссии продолжались одиннадцать лет и закончились официальным присуждением первооткрывателю диплома об открытии.

Можно назвать две причины, которые возбудили продолжительные споры и долгое непризнание несомненного достижения. Первая - это убежденность, укреплявшаяся среди ученых многими десятилетиями и даже столетиями тщательных наблюдений, убежденность в том, что «Луна - мертвое тело». Вторая - более основательная - связана с работами самого Н.А. Козырева по поискам новых видов энергии. Как раз в 1958 году, незадолго до открытия лунного вулканизма, он возвестил печатным словом о поисках неизвестных донныне источников энергии, проводившихся им уже свыше десяти лет. Свое открытие он считал доказательством, собственной теории, позволившей ему целенаправленно ставить наблюдения. В общем, он настойчиво и уверенно шел к открытию и пришел к нему.

Откуда взялась такая уверенность? Еще в 1947 году Козырев теоретически показал, что внутризвездные ядерные реакции не могут обеспечить расход энергии звездами за миллиарды лет их существования. В недрах планет (и Луны) не могут происходить ядерные реакции. Этот вывод никем не оспаривается. Однако любые запасы внутренней энергии, образовавшиеся при формировании такого тела как Луна (включая запасы радиоактивных элементов), должны иссякнуть за 4-5 млрд. лет его существования. Вот почему Луна должна быть мертвой, чего не хотел признавать Козырев. Согласно его теории, небесные тела (и планеты, и звезды) представляют собой машины, которые вырабатывают энергию, а «сырьем для переработки» служит время. Оно в силу особых физических свойств способно продлить активность и жизнеспособность объекта: чем дольше существует объект, тем больше обретает способность к продолжению существования.

Сначала слово «время» появилось в речах и статьях робко, крайне предположительно. Затем оно внедрялось все более настойчиво, надежно, твердо. Предположение превратилось в утверждение, аксиому. Оригинальная «теория времени» Козырева привлекла к ее автору внимание многих посвященных и непосвященных, вызвала к нему как симпатии, так и антипатии. Загадочность теории и ее создателя возрастала вместе с популярностью. Кто же он, этот известный - неизвестный ученый? Какие пути привели его к столь необычным идеям?

Николай Александрович Козырев родился 2 сентября (20 августа ст. ст.) 1908 года в Санкт-Петербурге в семье горного инженера Александра Андриановича Козырева, известного специалиста по Министерству земледелия и государственных имуществ, занимавшегося вопросами гидрологии Казахстана. Выходец из русских крестьян г. Бугульмы Самарской губернии Козырев - старший дослужился до чина действительного статского советника, что давало ему привилегии потомственного дворянина, распространявшиеся по дореволюционным законам на жену и детей. Мать Козырева - младшего Юлия Николаевна происходила из фамилии самарского купца Шихобалова. В семье старших Козыревых были еще трое детей: сын Алексей (1916г. рождения) и две дочери - Юлия (1902г.) и Елена (1907г.). Все эти люди (обоих поколений, и отцов и детей) ушли из жизни поочередно, по порядку старшинства: отец - в 1931 году в возрасте 57 лет, мать, будучи моложе своего мужа на восемь лет, пережила его на 30 лет. Остальные умерли в 80-х годах, последним - инженер-геолог Алексей Александрович в феврале 1989 года. Они составляли самое близкое окружение в годы детства и юности, когда рос и воспитывался будущий ученый.

По окончании средней школы в 1924 году Николай Козырев поступил в педагогический институт, затем, по настоянию профессоров, перешел на астрономическое отделение физико-математического факультета Ленинградского университета, который окончил в 1928 году и был принят аспирантом в Главную астрономическую обсерваторию СССР в Пулковое (обсерватория тогда находилась в ведении Наркомпроса, в состав Академии наук она перешла в 1934 году, что отразилось в ее названии только в 1945 году).

В Пулково оказались еще двое ровесников Н.А. Козырева, одновременно окончивших Ленинградский университет, - В. А. Амбарцумян и Д. Е. Еропкин. Все трое находились в подчинении академика А.А. Белопольского: двое первых как его аспиранты, а третий как ученый секретарь Комиссии по исследованию Солнца (КИСО), председателем которой был тот же академик. «Неразлучная троица» оставила о себе память в Пулково до нынешних дней.

Окончившие аспирантуру в 1931 году В.А. Амбарцумян и Н.А. Козырев были зачислены в штат обсерватории учеными специалистами 1-го разряда. Направленность работ их руководителя по аспирантуре несомненно отразилась на характере совместных и отдельных статей обоих молодых ученых: немалая доля их публикаций посвящена спектральным исследованиям Солнца. Но уже в них наметился самостоятельный подход к решению проблемы физики Солнца с использованием «неклассических» методов. Вполне оригинальными были работы в области теоретической астрофизики, которая тогда «входила в моду» благодаря трудам Милна, Эддингтона, Занстра и быстро развивалась на основе успехов квантовой физики, теории относительности, физики атомного ядра. В.А. Амбарцумян и Н.А. Козырев тесно соприкасались с группой физиков -теоретиков, почти ровесников, окончивших Ленинградский университет приблизительно в те же 20-е годы и работавших в университете и Физико-техническом институте. Из этой группы вышли знаменитости: Г. А. Гамов (1904-1968), Л. Д. Ландау (1908-1968), М. Л. Бронштейн (1906-1938), Д. Д. Ива-ненко (род. 1904). Известны серьезные работы по астрофизике первых трех, выполненные в 30-е годы. Последние двое неоднократно приезжали в Пулково, где проводились «вольные обсуждения» современных проблем теоретической физики и астрофизики. Это была своеобразная школа «самообразования талантов», где уже «вышедшая в люди» молодежь училась на международных образцах и не только осваивала сложнейшие теории, но и творчески перевоплощала их.

Учась, учили других: В. А. Амбарцумян преподавал в университете теоретическую физику и теоретическую астрофизику, Н. А. Козырев читал лекции по теории относительности в педагогическом институте. Оба участвовали в создании новой науки - теоретической астрофизики. Сотворение нового - это не прикладывание достижений экспериментальной и теоретической физики к объектам астрофизических исследований, не простая примерка, потому что объекты физики и астрофизики существенно различны. Если предметом теоретической физики являются элементарные процессы взаимодействия вещества и излучения (атом-квант), то астрофизика изучает суммарный результат многократно осуществляемых и значительно усложняемых процессов в гигантских системах, каковыми являются звездные атмосферы и звезды как целое. Процесс элементарного взаимодействия трансформируется в процесс переноса излучения (энергии) из недр звезды к ее поверхности. Благодаря рассеянию излучения в пространстве астрофизические приборы позволяют наблюдать на неизмеримо больших расстояниях явления, протекающие на поверхности звезды. По составу наблюдаемого излучения судят о характере явлений, причем астрофизика пытается не просто установить характер, но и выявить причины явлений, для чего необходимо проникнуть внутрь звезды. Это позволяет сделать только теория. Изучая процессы переноса энергии, теоретик может "заглянуть" в недра звезды через мощный энергетический поток, при этом необходимо еще решить проблему устойчивости гравитирующего и излучающего (при колоссальном давлении изнутри) массивного тела. Исследование звездных недр связано с проблемой источников энергии. Проблемы множатся и нагромождаются также вследствие того, что наблюдаются звезды разнообразных (спектральных) классов и типов (устойчивые, переменные, нестационарные), а кроме звезд существуют другие объекты (светлые и темные туманности разных типов, невидимые «белые карлики», пульсары и т.п.), подлежащие изучению. К

каждому объекту и к разным характерам - свой подход, особый метод исследования. Эта наука обширна, хотя в те годы - годы становления - она не была столь разносторонней.

Из ранних публикаций Н. А. Козырева следует отметить статьи об определении температуры солнечных факелов по данным собственных наблюдений и о результатах спектрофотометрического изучения солнечных пятен. В этой статье автор доказывал, что в пятнах должно соблюдаться лучевое равновесие и что сами пятна находятся гораздо глубже в солнечной атмосфере, чем считалось в то время. Впоследствии эта точка зрения Козырева подтвердилась. В 1934 году он опубликовал в *Monthly Notices*, ежемесячнике Королевского Астрономического общества (Лондон), солидное исследование о лучевом равновесии протяженных фотосфер звезд. Если в обычной задаче переноса лучистой энергии атмосферные слои рассматриваются как плоскопараллельные, то для звезд с протяженными фотосферами такое упрощение недопустимо. Учитывая сферичность фотосферных слоев, Козырев сделал упрощающее предположение, что плотность в них изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от центра звезды (непрерывное истечение вещества с поверхности звезды). Далее он использовал имевшиеся данные наблюдений для некоторых типов звезд (Вольфа - Райе, Р. Лебеда, горячих сверхгигантов) и получил результат, теоретически объясняющий наблюдаемые аномалии исследуемых объектов. В том же номере указанного ежемесячника опубликована аналогичная, хотя более общая, теория С. Чандрасекара, статья которого поступила на полгода позже. Теория приобрела имя Козырева - Чандрасекара.

При интерпретации наблюдений к изучению земной атмосферы также была применена астрофизическая теория лучевого равновесия. Эти работы рассматривались в те годы как весьма актуальные, они дополняли общий комплекс геофизических атмосферных исследований, предпринятых советскими учеными с различных позиций, в частности, с помощью полетов на аэростатах в стратосферу.

В 1937 году Н. А. Козырев был репрессирован. К счастью, ему повезло: он выжил. Впоследствии он мало и неохотно рассказывал о том, как пережил годы тюремного заключения и ссылки, но некоторые его воспоминания вошли в художественное исследование А. И. Солженицына «Архипелаг ГУЛАГ».

Эпизоды лагерной жизни сталинских времен красочно описаны в коротких рассказах и повести народного артиста СССР Г. С. Жженова, пробывшего в ежовско - бериевских застенках и ссылках свыше 15 лет. Последние ссыльные годы Г.С. Жженов провел, как и Н.А. Козырева норильском лагере. Его рассказы перекликаются с воспоминаниями Козырева, который однажды назвал тюремные застенки «дантовым адом».

Находясь в Дмитревском центре в камере на двоих, Козырев, естественно, много думал об оставленных им проблемах. Он мысленно возвращался к вопросам теоретической астрофизики, в особенности к проблеме источников звездной энергии. И вдруг зашел в тупик: ему не доставало конкретных фактов, примеров, численных характеристик отдельных типов звезд. Товарищ по камере после пребывания в карцере помутился рассудком и вскоре скончался. Козырев остался совершенно один. Глухая камера и идейный тупик: тут можно было сойти с ума. Как раз в один из таких дней безнадежного раздумья открылось окошечко выходной двери камеры и через него просунулась книга, самая необходимая. Это был второй том пулковского «Курса астрофизики» - именно то, что требовалось. По разным вариантам пересказов Козырев пользовался «Курсом» от одних до трех суток и запоминал все подряд. Потом книга была замечена обходчиком и отобрана, так как литература по специальности заключенным не разрешалась. Козырев до конца жизни полагал, что эта книга случайно оказалась в крайне скудной тюремной библиотеке, а в камеру она точно «с неба

свалилась». Однако столь специальное издание весьма ограниченного тиража вряд ли могло попасть в тюрьму без нужды в нем: кто-то позаботился о несчастном астрономе. Только так можно объяснить загадочность случая, если вообще он не был сопряжен с галлюцинацией, вызвавшей из памяти необходимое. Нечто подобное случается иногда с теоретиками, когда сложнейшие задачи решаются в необычных условиях, даже во сне.

Другой эпизод связан с пребыванием в карцере. Попасть в карцер, как свидетельствует Г. С. Жженов, можно было за ничтожный проступок. Возбужденный пробудившимися мыслями от запоминания сведений «Пулковского курса» Козырев начал ходить по камере, тогда как днем разрешалось только сидеть на табурете, а ночью лежать на койке. За ходьбу Козырев был отправлен в карцер на 5 суток, что случилось в феврале 1938 года. Температура в карцере держалась около нуля градусов. Туда заталкивали в нижнем белье, без носков; из еды выдавали только кусок хлеба и кружку горячей воды в сутки. О кружку с водой можно было согреть замерзающие руки. Мерзнувшее тело обогреть было нечем, и Козырев обратился к богу. Он молился, и с того момента почувствовал внутреннее тепло, благодаря чему он выдержал пять или даже шесть мучительных суток. (Козырев старался вести собственный счет времени. По его мнению тюремщики накинули лишние сутки, чтобы заморить до конца).

Впоследствии он размышлял, откуда могло появиться внутреннее тепло. Конечно, он знал, что внутри живого организма тепло может появиться за счет разнообразных жизненных процессов, и нередко человек держится сравнительно долгий срок без потребного приема пищи и, как говорят в народе, бывает «сыт святым духом». Но как естествоиспытатель он решил, что такое, по-видимому, может произойти и с неживым телом в недрах неорганической материи. Тогда и зародилась мысль о всеобъемлющем источнике тепла отнюдь не божественного происхождения.

Н. А. Козырев был освобожден «условно – досрочно» в последних числах декабря 1946. С удивлением И. С. Шкловский писал, что «через год после окончания срока заключения Козырев защитил докторскую диссертацию». Защита докторской диссертации состоялась в Ученом совете математико-технического факультета Ленинградского университета 10 марта 1947 года. Официальными оппонентами по диссертации выступили чл. кор. АН СССР В. А. Амбарцумян, проф. К. Ф. Огородников и проф. А. И. Лебединский. Защита прошла успешно и была утверждена Ученым советом ЛГУ, на основании чего в 1948 году решением Высшей аттестационной комиссии Н. А. Козыреву была присуждена искомая ученая степень.

Диссертация под названием «Источники звездной энергии и теория внутреннего строения звезд» опубликована в «Известиях Крымской астрофизической обсерватории АН СССР», научным сотрудником которой он состоял до середины августа 1957 года. Это капитальный труд Н. А. Козырева, положенный в основу его последующих исследований в разных направлениях - астрономическом, физическом, философском. Читатель имеет возможность сам познакомиться с результатами его десятилетних размышлений и проследить всю цепь чисто физических и астрофизических рассуждений. Математические формулы и выкладки Козырева довольно просты и в какой-то мере изящны, хотя проблема до крайности сложна.

Обе части опубликованной диссертации, по мнению ее автора, отображают «опыт индуктивного решения задачи о внутреннем строении звезд путем анализа закономерностей наблюдательной астрофизики».

Результаты анализа сильно расходились со сложившимися представлениями о звездных недрах. Коротко его результаты можно сформулировать так: звезда не представляет собой «атомный котел», вырабатывающий энергию за счет термоядерных реакций, тем более, что ее внутренняя температура (около 6 млн. град. по подсчетам

Козырева) недостаточна для возникновения и поддержания реакций ядерного синтеза. Вообще звезда - не реактор, а машина, перерабатывающая пока неизвестную нам форму энергии в радиацию. Эту машину следует характеризовать как весьма экономичную, поскольку на производство энергии она практически не затрачивает материала, из которого состоит сама звезда, тогда как внутризвездный ядерный реактор требует существенных затрат при переработке вещества в излучение по принципу эйнштейновского эквивалента массы и энергии. Что касается физических условий внутри звезды, то таковые могут быть рассчитаны в первом приближении из наблюдаемых статистических характеристик звезд (главной последовательности) типа зависимости «светимость - масса - радиус». Расчет и приводит к вышеуказанной температуре для центра Солнца.

Впоследствии Н. А. Козырев находил подтверждение этого вывода в безуспешных попытках обнаружения потока нейтрино от Солнца (наличие ядерных реакций в его недрах должно сопровождаться образованием нейтрино), а также в глобальных пульсациях Солнца с периодом 160 мин, выявленных академиком А. Б. Северным и его сотрудниками в 70-х годах. Позднее интерпретация 160 - минутных пульсации намного осложнилась, когда осцилляции такого же периода проявились в магнитосфере и ионосфере Земли, а затем у галактических двойных звезд и переменных звезд типа RR Лиры в шаровых скоплениях. «Универсальный характер» таких осцилляций попытались представить как «некое неизвестное свойство гравитационного взаимодействия». Однако эта интерпретация не затрагивает вывод Козырева (его, несомненно, опровергало бы обнаружение потока нейтрино). Расчет температуры для центра Солнца в 20 или 6 млн. град. может быть получен при предположении большей или меньшей концентрации вещества, свойства которого известны недостаточно: допускает ли оно сжатие под действием тяготения до достижения высокой температуры или газовое и лучистое давление, возникающее внутри, не позволяет крайнее сжатие и фактическая температура недр оказывается ниже расчетной при предельных условиях. В первом случае срабатывают ядерные реакции, они и представляют источник энергии; во втором случае источник нужно искать.

В своих лекциях и частных беседах Козырев говорил, что он считает вполне вероятным существование термоядерных источников энергии внутри сверхмассивных звезд (сверхгиганты), у которых несомненно сильная концентрация вещества в глубоких недрах, с чем связана очень высокая температура, достигающая десятков миллионов градусов. Зато потеря массы и энергии сверхгигантами огромна, и фаза сверхгиганта непродолжительна: как сверхгигант такая звезда существует, возможно, сотни тысяч или миллионы лет, но не миллиарды подобно звездам главной последовательности.

Автор диссертации «нарочно ограничивается» изложением только тех выводов, которые непосредственно «вытекают из данных наблюдений».

Дальнейшему их обобщению и теоретическим следствиям полученных результатов он собирался посвятить третью часть исследований. Она, по-видимому, должна была пролить свет на таинственный источник энергии, но к этому автор хотел подойти тем же индуктивным путем - от многоплановых наблюдений к выводам самого общего характера. Дело состояло в пересмотре основ механики и термодинамики, но фактического материала явно не хватало. Теория неизбежно выводила на дедуктивный путь, на который автор тогда не хотел вступать, и третья часть не была написана.

После опубликования обеих частей диссертации работы Н. А. Козырева приобрели целенаправленный характер, что, вероятно, было мало заметно со стороны. Это не бросается в глаза и сейчас, скажем, при просмотре хронологического списка его трудов. Его поглощали поиски источника энергии, действующего непрерывно, эконо-

мично. Если этот источник не зависит от температуры в такой мере, как ядерные реакции, то он должен проявлять себя не только в звездах, где его трудно отделить от термоядерного, но и на планетах. Ведь планеты отличаются от звезд прежде всего малыми массами;

насколько велико это различие, настолько могут различаться масштабы выработки энергии внутри тел того и другого сорта. Остальные отличительные черты (например, физическое состояние вещества) определяются количеством выработанной энергии.

Козырев уделяет особое внимание исследованию Луны и планет. Основным методом - спектроскопический, усвоенный им в годы учения у А. А. Белопольского. Он использует каждый благоприятный случай для наблюдений той или иной планеты с учетом их расположения относительно Солнца (определенные конфигурации) и выискивает особенности в их спектрах. Но для того, чтобы найти особенности, не отмеченные кем-либо ранее, необходимо проявить изобретательность. Козырев проявил удивительную изобретательность в варьировании излюбленного им метода. К тому времени в Крымской обсерватории был установлен 50-дюймовый рефлектор, с помощью которого он обычно наблюдал и который стал для него привычным и удобным: с этим инструментом ученый связывал свои планы. Целенаправленность наблюдений «просвечивала» в их постановке: Козырев точно бы предугадывал то, что из них можно было получить. Свои наблюдения он обрабатывал умело и быстро не откладывая, и также «с ходу» интерпретировал их, причем не обращал внимания на каждую деталь, а описывал только то, что ему казалось важным. Любая его работа содержала какие-нибудь новые результаты, при этом они оказывались настолько неожиданными для специалистов, что нередко требовались подтверждения со стороны других авторов, прежде чем его выводы получали признание. Но признание приходило, и Н. А. Козырев стал крупным авторитетом в области планетоведения.

В 1954 году Н. А. Козырев опубликовал статью «О свечении ночного неба Венеры» на основе спектральных наблюдений, выполненных им в Крымской обсерватории в 1953 году. Вообще наблюдение ночной стороны планеты, обладающей мощной атмосферой, исключительно тонкое дело: нужно ухитриться расположить надлежащим образом ее изображение на щели спектрографа с тем, чтобы полностью отрезать отраженный свет дневной стороны, который в 10 000 раз ярче свечения ночной стороны. Рассеяние света от яркого серпа планеты может служить причиной разнообразных ошибок. Экспозиция должна быть продолжительной для того, чтобы запечатлеть на фотопластинке спектр слабого собственного свечения атмосферы исследуемой планеты. Козырев, будучи опытным наблюдателем, принимался иногда и за более деликатный эксперимент. Отождествление спектра ночного неба Венеры привело к обнаружению азота в ее атмосфере спектральных полос, характерных для полярных сияний в земной атмосфере.

Английский астрофизик Б. Уорнер в 1960 году на основе статистического анализа наблюдений Козырева подтвердил правильность отождествления азота и, кроме того, указал, что часть линий может принадлежать нейтральному и ионизованному кислороду. Тем не менее заключение в пользу присутствия азота и кислорода в атмосфере Венеры оставалось под сомнением. Самому Козыреву при повторных наблюдениях больше не удалось получить то же полосы в спектре ночной стороны Венеры. Отрицательный результат, вероятно, следовало объяснить тем, что свечение ночного неба, вызываемое корпускулярными солнечными потоками, зависит от интенсивности этих потоков и глубины их проникновения в атмосферу планеты, чем и определяется различие спектров свечения в разные даты наблюдений. Именно корпускулярные потоки и позволяют зондировать на разных глубинах атмосферу планеты, которая в дневных условиях светится прежде всего за счет отражения солнечного света от сплошного и плотного облачного покрова. Окончательно присут-

ствие азота и кислорода на Венере установлено прямыми измерениями при погружении в ее атмосферу спускаемых аппаратов автоматических межпланетных станций (АМС) «Венера-5», «Венера-6» (1969 г.) и последующих.

Наблюдения Марса в противостояниях 1954 и 1956 годах привели Н. А. Козырева к новым выводам относительно свойств марсианской атмосферы и полярных шапок. Изучая спектры деталей планеты, он пришел к заключению, что наблюдаемое различие цветов морей и материков на Марсе может быть объяснено оптическими свойствами марсианской атмосферы. По поводу этого заключения резко возражал Г. А. Тихов. Научный спор остался нерешенным. Относительно «полярных снегов» Козырев впервые высказал соображение, что наблюдавшаяся в 1956 году полярная шапка представляла собой атмосферное образование и имела сходство с «вечерними образованиями», которые иногда приводили к некоторому увеличению яркости на вечернем краю планеты; то и другое находило объяснение как подобие «изморози в воздухе». К аналогичному выводу независимо пришли Н. П. Барабашев и И. К. Коваль (1956 г.), а несколько позднее А. И. Лебединский и Г. И. Салова (1960 г.). Планомерно наблюдая планеты земной группы, Н. А. Козырев еще более систематично обследовал различные районы лунной поверхности, используя тот же телескоп в сочетании со спектрографом. Цель обследований прямая, хотя нигде необъявленная, - поиски проявлений эндогенных сил, которые, как он полагал, должны непременно существовать у Луны.

Еще в начале XIX века В. Гершель сообщал о наблюдении вулканов на Луне. Позднее Ф. Араго показал несостоятельность такого сообщения. Действительно, визуальные телескопические наблюдения не позволяют увидеть изображение лунного вулкана, так как при отсутствии атмосферы извержение не сопровождается воспламенением. Тщетные поиски вулканизма и каких-либо изменений на лунной поверхности уже в середине прошлого века привели к убеждению, что Луна - мертвое тело. Козырев придерживался противоположного мнения. Его убеждение исходило из собственного вывода о существовании «холодного источника» энергии в недрах звезд и планет. Звездам посвящена его диссертация, относительно темных, несветящихся тел он высказался в 1950-1951 годах в статьях «Возможная асимметрия в фигурах планет» и «О внутреннем строении больших планет». Высказался небездоказательно, но осторожно; в первой статье - только намеками, во второй - путем переноса на звезды вывода о планетах (понимать надо также ценность прямого вывода): «Высокая температура внутри больших планет подтверждает полученный нами из анализа внутреннего строения звезд вывод о том, что свечение небесных тел имеет совершенно особую природу и не связано с ядерными реакциями».

Принципиально Луна не отличается от планеты, значит, вывод подходит и к ней. Поиск внутренней энергии целесообразен. Приходит в действие дедуктивный метод - от утверждения общего характера к частному случаю. Если внутренняя энергия у Луны имеется, то выход ее наружу может быть как повсеместным в форме собственного теплового излучения, так и локальным в виде вулканических извержений, прежде всего газа. Появление которого должен зарегистрировать спектрограф. Трудность таких наблюдений заключается в том, что момент регистрации должен приходиться близко ко времени извержения, так как выброшенный газ будет быстро исчезать с поверхности из-за отсутствия атмосферы и слабого притяжения на Луне. При свойственных для Луны температурах (и температурах извержений земных вулканов) газ непременно должен быть молекулярным, благодаря чему его свечение под воздействием солнечных лучей наложится характерными полосами на линейчатый спектр Солнца, отражаемый Луной. Методика наблюдений безупречна и отработана тщательно.

Описываемую методику Козырев применил к изучению люминесценции лунных образований и нашел, что люминесцентные свойства присущи белому веществу лучевых систем. Эти системы привлекали внимание исследователя как образования сравнительно молодые, предположительно вулканического происхождения. В 1955 году, в одну из дат наблюдений, система кратера Аристарх выделялась повышенной люминесценцией, превышающей нормальную в четыре раза. Внезапное усиление свечения можно было объяснить действием корпускулярного потока, поскольку световой поток от Солнца изменяется плавно и зависит только от наклона солнечных лучей к освещаемой поверхности. Значит, определенная доля люминесценции может быть вызвана корпускулярным облучением, а так как потоки корпускул (заряженных частиц) отклоняются магнитным полем, то люминесценция должна наблюдаться также на неосвещенной части лунного диска, что фактически не отмечается. Следовательно, «у Луны нет магнитного поля».

Этот лаконичный и немаловажный вывод сделан за три-четыре года до запусков к Луне первых автоматических станций (1959 г.). Вывод оставался никем незамеченным. Заключение об отсутствии магнитного поля у Луны считается важным достижением космонавтики. Также в стороне Козырев остался, когда результаты полетов космических аппаратов рассеяли сомнения насчет правильности интерпретации спектра свечения ночной стороны Венеры. А разве не целесообразнее, если разработчики аппаратуры для АМС учитывали бы результаты наземных наблюдений при решении конкретных задач космических исследований. Н. А. Козырев не был к ним привлечен. Сам он тоже не придавал значения своим результатам, полученным как бы мимоходом. Он подходил к своему пятидесятилетию, а основная задача - получение достаточного количества фактов для установления природы и свойств таинственной энергии - еще не была решена. Не изменяя главной цели, он сворачивает с ранее избранного индуктивного пути в своих исследованиях.

В августе 1957 года Козырев переведен на работу в Главную астрономическую обсерваторию АН СССР. Там он организовал лабораторию, где продолжены научные эксперименты для проверки собственных идей.

Событие мирового значения - Международный геофизический год (МГГ), в течение которого предпринимались всеми странами глобальные исследования планеты Земля; он был продлен еще на год и получил название Год международного сотрудничества (МГС). За период интенсивных геофизических исследований приобрели особую важность любые наблюдения планет, которые занимают Козырева с 1950 года. Американцы объявили о запуске в период МГГ искусственного спутника Земли (ИСЗ); Советский Союз запускает спутник 4 октября 1957 года - на четыре месяца раньше, чем США. Рождается «космическая эра» и новая отрасль науки - экспериментальная астрономия - исследование Луны и планет ракетными средствами.

В августе 1958 года в Москве происходила X Генеральная ассамблея Международного астрономического союза (МАС). Делегаты съезда и иностранные гости (числом более 1200) посетили Ленинград и Пулково. Н. А. Козырев - член МАС, он - среди делегатов. К съезду вышла в свет его небольшая книга «Причинная или несимметричная механика в линейном приближении» (ротاپринтное издание). Название не случайное: книга действительно посвящена проблеме создания новой механики, основанной не на равенстве действия и противодействия, то есть не на симметрии взаимодействующих сил, а на асимметрии и необратимости причин и следствий, связь между которыми устанавливается последовательностью во времени, его направленностью, причем физическое время выступает, таким образом, в качестве «движущей силы» или носителя энергии. Вот как проясняется тайна «неядерного источника».

Раскрываются силы вселенского характера - силы, действующие повсюду и постоянно. Наряду с пересмотром законов механики речь идет также о пересмотре

мировых законов термодинамики. Рассуждения таковы: применяя физические законы к объяснению явлений звездного мира, мы неизбежно распространяем действие второго начала термодинамики на всю Вселенную, но его следствием была бы полная деградация - тепловая и радиоактивная смерть, никаких признаков которой мы, однако, не наблюдаем. Еще быстрее деградация должна была бы наступить для отдельных астрономических объектов, в частности, для звезд, которые можно рассматривать как изолированные системы, не получающие поддержки извне, а тогда в нашем окружении должны были бы преимущественно наблюдаться вымирающие тела, но фактически таковые неприметны. Не можем мы признать и то, что Вселенная очень молода; также не слишком молоды звезды, в частности, наше Солнце, даже планеты. Скорее всего космические тела непрерывно омолаживаются. Следовательно, «в природе существует постоянно действующие причины, препятствующие возрастанию энтропии». Как постоянно препятствующий, повсеместно действующий и всеобъемлющий фактор снова выступает физическое время, которое «в силу своей направленности может совершать работу и производить энергию». Как говорят, время старит, но по Козыреву, оно же и омолаживает... при «известных условиях», вернее, пока никому неизвестных.

Во всяком случае, «теория времени» Козырева замечательна. Она затрагивает сложные философские вопросы и фактически по-новому, вполне конкретно, ставит проблему «четвертого начала» термодинамики - организующего, противодействующего второму началу - также повсеместно и постоянно проявляющегося. Может быть, его теория противоречит закону сохранения материи - энергии (что еще не доказано, хотя и ставилось в упрек Козыреву), зато она не выдвигает каких-либо условий об ограниченности Вселенной в пространстве, начала и конца всего существующего. Короче говоря, она материалистична.

Теория, в общем, сложна, хотя почти свободна от математических формул. Рассуждения Козырева отошли от принципа индукции, на который вначале полагался автор; они зиждятся на его интуиции. Интуитивно он пришел к убеждению, что время порождает энергию неядерного происхождения, к доказательству выработки которой в небесных телах он шел индуктивным путем. Использование интуиции - вполне принятый в науке и законный путь, причем он имеет известные преимущества: если для индуктивного метода требуется обилие фактов и примеров, то для интуиции достаточно одного-двух фактов, наиболее существенных, подсказывающих основополагающую идею, которая затем должна быть развита и подкреплена всеми доступными примерами. Так и поступил Козырев в расчете на то, что убедительные факты еще появятся.

Одно из наиболее надежных подкреплений теории пришло вскоре, как по заказу. Ранее отмечалось, что Н. А. Козырев на протяжении ряда лет систематически обследовал Луну спектральным методом в поисках проявлений эндогенных процессов. Регулярно просматривая новые поступления научной литературы, он обратил внимание на статью американского астронома Д. Олтера в «Публикациях Тихоокеанского астрономического общества» (апрель 1957 г.), где сообщалось о появлении дымки, иногда замыкающей детали внутри кратера Альфонс. Именно на этот кратер Козырев направил спектрограф и небезрезультатно: 3 ноября 1958 года он получил спектрограмму, свидетельствующую о выбросе газа из центральной горки кратера. Явление продолжалось в течение получаса и удачно было схвачено. Результат долгожданной удачи означал открытие вулканизма на Луне - первое доказательство наличия планетного вулканизма.

Однако признание открытия, несмотря на документальность наблюдений, пришло далеко не сразу. Статья И. А. Козырева, иллюстрируемая уникальной спектрограммой и содержащая подробное описание методики и обстоятельств наблюдений была опубликована в американском журнале «*Sky and Telescope*». Этому предшествовали

сообщения корреспондентов в советской прессе. Непредвиденно в обсуждение публикаций вмешались ученые США (Г.Юри, Д. Койпер), точка зрения которых относительно формирования рельефа Луны была диаметрально противоположной их убеждению, на Луне действуют только экзогенные силы, и все особенности лунного рельефа возникли в результате соударений с метеоритами и планетезималями. Никакого вулканизма на Луне нет и не было в прошлом. Тогдашний руководитель лунно-планетных исследований в США Д. Койпер в письме директору Пулковской обсерватории А. А. Михайлову по поводу шумевшего открытия Козырева резко заявил, что опубликованная спектрограмма - просто подделка. Демонстрация подлинной спектрограммы при встрече Козырева с Койпером на Международном симпозиуме по исследованию Луны, происходившем в Пулкове в первой декаде декабря 1960 года, изменила грубое суждение американского ученого, но не поколебала его убеждений. Они оказались поколебленными лишь после доставки на Землю лунных грунтов экипажем корабля «Аполлон-11» (июль 1969 г.), когда впервые осуществилась высадка двух человек на поверхность Луны (Н. Армстронг и Э. Олдрин при участии М. Коллинза с окололунной орбиты). Доставленные лунные грунты преимущественно состояли из пород вулканического происхождения. Лучшего доказательства не требовалось.

Последовавшие решения можно расценивать как восстановление справедливости. Первой отозвалась Международная академия астронавтики (МАС): на годичном собрании в Клоудкрофте (шт. Нью-Мексико, США) в конце сентября 1969 года она приняла решение о награждении профессора Н. А. Козырева именной золотой медалью с вкрапленными семью алмазами, изображающими ковш Большой Медведицы. Награждение мотивировано формулировкой: «За замечательные телескопические и спектральные наблюдения люминесцентных явлений на Луне, показывающие, что Луна все еще остается активной планетой, и стимулирующее развитие люминесцентных исследований в мировом масштабе». Почти год спустя академик Л. Н. Седов как вице - президент Международной астронавтической федерации (МАФ, куда входит МАС), вручая Н. А. Козыреву награду, сказал: «Такая медаль присуждена пока только двум советским гражданам - Ю. А. Гагарину и Вам».

В декабре 1969 года Комитет по делам открытий и изобретений при Совете Министров СССР присудил Н. А. Козыреву диплом об открытии «тектонической активности Луны». Годом раньше диплом об открытии внутренней энергии Луны был выдан В. С. Троицкому (Горьковский радиофизический институт). Радиоастрономические наблюдения Луны, проводившиеся В. С. Троицким на протяжении ряда лет с помощью разработанного им прецизионного метода регистрации слабых сигналов, позволили обнаружить энергетический поток, непрерывно текущий наружу через лунную поверхность. Интерпретация наблюдений приводила к заключению о наличии температурного градиента с проникновением в более глубокие слои (радиоизлучение различных частот) и о крайне малой теплопроводности внешних слоев лунной поверхности. Эти выводы также подтвердились полностью непосредственными измерениями с помощью аппаратуры, установленной на Луне. Иными словами, Луна на самом деле не мертва, а продолжает оставаться активным небесным телом.

Другой вопрос: откуда происходит эта активность? Подтверждает ли она теорию Козырева, основанную на предположении о превращении времени в энергию? (Постулаты причинной механики сформулированы иначе, но в целом они сводятся к предположению, что время служит основой для непрерывной выработки энергии внутри небесных тел.). С опубликованием его книги многих захватили и увлекли рассуждения о физических свойствах времени общего и частного характера. Дискуссии по поводу идей Козырева появились в советской и иностранной печати. Ленинградский физик и публицист Вл. Львов написал ряд статей под броскими названиями вроде «Ре-

волюция в физике продолжается» («Литературная газета» от 24 сентября 1959 г.). Резко критиковавший идеалистические теории Запада, физик-литератор высоко оценивал достижения Козырева. Известная писательница Мариэтта Шагинян поместила в «Литературной газете» (от 3 ноября 1959 г., в годовщину открытия Козырева) большую статью на три подвала под названием «Время с большой буквы», на что последовало контрвыступление в газете «Правда» (от 22 ноября 1959 г.) академиков Л. А. Арцимовича, П. Л. Капицы, И. Е. Тамма «О легкомысленной погоне за научными сенсациями». Само название говорило о критическом характере статьи по поводу «переворота в науке, будто бы совершенного профессором Н. А. Козыревым». На публикацию в «Правде» отозвался английский журнал «New Scientist» (Лондон, 26 ноября 1959 г.) статьей доктора Т. Маргерисона «Причинная механика-русский научный спор», в которой добросовестно пересказано содержание книги Козырева и сделано заключение: «Еще рано говорить о том, обладает ли физическим смыслом новая концепция времени или же она является бессмыслицей... Собственные публикации Козырева не содействуют прояснению вопроса, так как им недостает ясности и подробностей. Но независимо от того, выдержит ли гипотеза Козырева испытание критикой или нет, его подход отмечен новизной, которая не может не стимулировать мысль физиков».

Автор «Причинной механики» считал, что как результат проявления ее законов должна наблюдаться асимметрия фигур планет. Во вращающихся телах под влиянием "потока времени" должны возникать дополнительные силы, приводящие к изменению формы тела и планеты. При «левостороннем» вращении на экваториальные массы действует сила, направленная к северу, вблизи оси вращения она направлена к югу, при этом, очевидно, должна «существовать параллель, на которой силы причинности равны нулю». В результате «северное полушарие планеты должно стать более сжатым, а южное - более выпуклым»; фигура планеты в меридиональном сечении будет представлять кардиоиду. Наибольшая деформация должна наблюдаться у Юпитера и Сатурна, поскольку они обладают большими экваториальными скоростями вращения. Проведя (вместе с Д. О. Мохначем) измерения многочисленных снимков этих планет, полученных в разных обсерваториях, автор сделал заключение о наличии у них асимметрии, предсказываемой теорией. Для выявления асимметрии формы Земли предложен опыт качания маятников с вибрирующим подвесом на разных широтах в целях определения «нулевой параллели». Опыт осуществлен автором в Ленинграде и Кировске (Мурманская обл.), «нулевая параллель» на широте 73° определена путем экстраполяции. Разработан ряд других лабораторных опытов для обнаружения «причинно-следственных сил»: взвешивание обычных грузов навесах с вибрирующим коромыслом при жестко подвешенном грузе на одном конце и эластичном подвесе - на другом; взвешивание быстровращающихся волчков (гироскопов) и т. п.

Для решения «русского научного спора» Бюро Отделения физико-математических наук (ОФМН) постановлением от 23 января 1960 года назначило комиссию под председательством чл.-кор. АН СССР А. А. Михайлова по проверке теории и экспериментов Н. А. Козырева. Комиссия, состоявшая из девяти человек, разделившись на подгруппы, проводила проверку по трем направлениям: а) теория, б) эксперимент, в) проблема асимметрии планет. К работе подкомиссии привлекались также другие специалисты; в полугодовой деятельности комиссии принимал участие сам Козырев. Окончательное заключение комиссия приняла 15 июня 1960 года. Оно сводилось к следующему: а) теория не основана на четко сформулированной аксиоматике, ее выводы не развиты достаточно строго логическим или математическим путем; б) качество и точности проводимых лабораторных опытов не дают возможности сделать определенные заключения о характере наблюдаемых эффектов, в опытах недостаточно устранены различные побочные влияния; в) с целью установления асимметрии

северного и южного полушарий Юпитера и Сатурна, имеющей принципиальное значение для теории, следует провести особо тщательные, объективные измерения с использованием прежних и новых, специально сделанных снимков планет; проведение новой экспедиции для проверки «широтного эффекта» имеет смысл при условии коренного улучшения аппаратуры.

К наблюдениям широтного эффекта действия «причинных сил» Козырев больше не возвращался.* Проверку асимметричной формы больших планет путем измерения их фотоснимков дополнительно произвели двое сотрудников ГАО (Х. И. Поттер и Б. Н. Стругацкий) и не обнаружили ее у Сатурна. Относительно Юпитера они пришли к заключению, что кажущаяся асимметрия вследствие несимметричного расположения полос на его диске не имеет «ничего общего с геометрической асимметрией фигуры планеты».

Несмотря на сильный резонанс, вызванный появлением «Причинной механики», суммарный эффект поспешной публикации все же следует считать отрицательным. Это сознавал автор книги, как понимал и то, что суть неуспеха состояла не только в недоработанности теории, но и, особенно, в недостаточности подкрепляющих ее факторов.

Снова - астрономические наблюдения, совершенствование теории, изобретательство в эксперименте.

Для подкрепления интерпретации лунной спектрограммы (задолго до признания ее ценности) Н. А. Козырев предпринял экспедицию на Камчатку летом 1962 года. Кроме него экспедиция состояла из небольшого отряда вулканологов исследовательской станции Ключи. Вооружение - два переносных спектрографа с питающей оптикой (объективными насадками). Восхождения на трехкилометровую высоту к кратерам со снаряжением, палатками для ночлега и укрытия от ненастий. Исследовались действующие вулканы Ключевской группы. Засняты спектры пламени и озера лавы вулкана Плоский Толбачик, спектры поглощения дымов трех вулканов. Результаты представляли несомненный интерес для вулканологов: земные вулканические извержения при наличии атмосферы сильно отличаются от лунных. Все же Козырев провел сравнение спектров дымов с лунной спектрограммой, полученной 23 октября 1959 года, и нашел, что в эту дату он, по-видимому, наблюдал выброс дыма и поток лавы в кратере Альфонс на Луне.

Каждый год дважды, весной и осенью. Н. А. Козырев выезжал в Крым для астрономических наблюдений. Он написал еще ряд статей, не имеющих прямого отношения к основной линии его исследований. В их ряду следует назвать статью об атмосфере Меркурия, в которой он, опираясь на собственные наблюдения ночной стороны планеты, попытался рассчитать вероятность присутствия у Меркурия сильно разреженной водородной атмосферы, непрерывно образующейся за счет захвата частиц солнечного ветра. Другая статья, также основанная на наблюдениях, посвящена Сатурну и его кольцам, в которых им обнаружено присутствие водяного пара, появляющегося под влиянием «фотовозгонки». Этот термин Козырев ввел впервые, понимая под явлением «фотовозгонки» разрушение солнечным излучением кристаллической решетки льда, составляющего кольца вокруг Сатурна. Работа Козырева вызвала возражения американских астрономов Д. Койпера и Д. Крикшенка, истолковавших свои наблюдения присутствием в Сатурновых кольцах аммиачного льда, но позднее (1970 г.) они согласились с объяснением Козырева.

Две теоретические работы несомненно были выполнены в поддержку положений причинной механики. Статья «Внутреннее строение Юпитера», вопреки ранее появившемуся расчету о твердом ядре планеты, доказала возможность высокой

* Теоретическое доказательство «широтного эффекта» в результате действия сил причинности получено позже в работах М.Л. Арушанова и С.М. Коротаева.

температуры в центре Юпитера (165000°K), которая при определенном предположении о его внутреннем строении приводила бы к тепловому потоку из недр, фактически зарегистрированному при пролетах американских АМС «Пионер-10» и «Пионер-11» (1973 г.).

Статья об особенностях физического строения компонент двойных звезд, каковые, согласно выводам автора, имеют тенденцию к сближению их спектральных классов на основе воздействия главной звезды на звезду-спутник через «поток времени», вызвала возражения директора ГАО В. А. Карта в примечаниях к публикации Н. А. Козырева. Его статьи в изданиях Пулковской обсерватории стали публиковаться «в дискуссионном порядке» с соответствующей припиской.

Лабораторный эксперимент Козырева вступил в новую фазу: принимая во внимание крайнюю малость наблюдаемых эффектов, нужно было усовершенствовать аппаратуру и способы регистрации, чтобы устранить влияние наблюдателя и всевозможных помех. Изобретательство и конструирование аппаратуры - забота самого исследователя. Вначале ему помогал советами Л. А. Сухарев, в осуществлении конструкций - Д. С. Усанов. С февраля 1963 года самым надежным помощником стал В. В. Насонов (1931-1986), инженер завода «Равенство», добровольно пришедший однажды в лабораторию Козырева, а затем работавший почти ежедневно (точнее, вечерами после работы на заводе) на общественных началах, бескорыстно.

Наиболее удачным изобретением Козырев считал крутильные (горизонтальные) весы. Они позволяли непосредственно регистрировать течение и характер разнообразных необратимых процессов: таяние снега, нагревание электрическим током и охлаждение раскаленной проволоки, быстрое испарение жидкости (спирта, эфира), увядание растительности и т. п.

Не менее важным было внедрение мостиковой системы на основе малогабаритных резисторов, предложенной В. В. Насоновым. Вызванное необратимым процессом изменение «плотности времени», «сфокусированное» на одном из резисторов, приводит к изменению структуры активного слоя последнего, что сказывается на общем сопротивлении моста и отмечается чувствительным гальванометром. С повышением точности регистрации в 1974 году Н. А. Козырев сам предложил произвести проверку его опытов. Комиссия Ученого совета ГАО под председательством академика А. А. Михайлова нашли опыты Козырева неубедительными вследствие противоречивого и непредсказуемого характера регистрации «причинно-следственных» процессов.

Крутильные весы и мостиковые системы изменили характер астрономических наблюдений, проводившихся Н. А. Козыревым и В. В. Насоновым. Подход к наблюдениям «потоков времени» от астрономических объектов имел практическую основу. Изучая экраны, Козырев установил, что лучшим материалом для экранирования посторонних влияний является алюминий. Ввиду этого зеркала с алюминиевым покрытием оказались способными отражать и фокусировать «потоки времени». Открывшаяся возможность наблюдений обычным зеркальным телескопом (рефлектором) позволила обнаружить среди астрономических объектов такие, в которых особо активно протекают процессы «превращения времени в энергию»: радиоастрономически активные галактики, источники мощного рентгеновского излучения (черные дыры?), белые карлики, нейтронные звезды. Не пропускались солнечные и лунные затмения, а также связанные с ними явления на Земле, Козырев предложил новый способ определения звездных параллаксов, сходный с тригонометрическим, но не требующий полугодовых промежутков между наблюдениями и не ограничивающий результат фактическим удалением звезды. Однако его измерения и некоторые другие выводы основывались на предположении о мгновенном распространении информации («событийного сигнала») «через физические

свойства время». Этот постулат вызвал особое раздражение физиков и убедил многих ученых в полной неприемлемости его последних работ.

Несколько слов о внешности и привычках Козырева. Высокого роста, хорошо сложенный, худощавый, подтянутый, гололобый, очень коротко подстриженный, с гордо поднятой головой, он походил на военного высокого ранга в отставке, хотя в армии никогда не служил. Ходил он обычно быстро, стремительно, при встрече со знакомыми любезно раскланивался на ходу или останавливался, протягивал для пожатия руку, если не спешил. Вежлив был всегда и со всеми. У телескопа и в лаборатории отличался мягкими и ловкими движениями.

Приезжая на наблюдения в Крымскую обсерваторию, он почти ежедневно совершал прогулки в горы и леса, окружающие поселок Научный. Уходил большей частью в одиночку: во время прогулок он размышлял. Поддерживая «спортивную форму», он каждое лето, оформив отпуск, совершал какое-нибудь путешествие: проходил на байдарке протяженный путь по заранее намеченной реке средней полосы России, колесил на велосипеде или мотоцикле дороги Ленинградской области, спускался теплоходом по Волге от Московского моря до Астрахани. Любил Киев или места русской старины, которой насыщена Ярославщина или Золотое Кольцо; однажды побывал в круизе вокруг Европы.

Н. А. Козырев умер 27 февраля 1983 года, не дожив около полугода до своего 75-летия. Он похоронен на Пулковском кладбище астрономов.

Козырев не завершил свою Теорию времени, которой он посвятил более 40 лет жизни, ему так и не удалось подкрепить ее неопровержимыми примерами. Правда, еще при его жизни американские АМС «Вояджер-1» и «Вояджер-2» при полете сквозь систему Юпитера (1979 г.) зарегистрировали на спутнике Ио восемь действующих вулканов. Его предсказание о распространенности планетного вулканизма сбылось, хотя никто не вспомнил о провидце. Но также никто не выяснил природу вулканизма малых тел. Теория Козырева объясняет эти явления вполне, более того, она предсказала возможность самого открытия. Заслуги Н. А. Козырева перед наукой зачеркнуть невозможно.

Николай Александрович Козырев, помимо большого научного наследия, оставил не менее ценное - это живой пример уважительного отношения к науке, требующего высоких моральных и нравственных качеств, неприемлющих каких-либо компромиссов в науке.

Оставаясь последовательными на пути к изложению козыревской теории времени, мы рассмотрим те конкретные астрономические проблемы, которые привели Козырева к необходимости нового взгляда на причинность в классической механике, породившего идею о существовании физических свойств у времени. Для этого необходимо рассмотреть физические характеристики звезд, физические теории их источников энергии, а также несостоятельность этих теорий, которая с большой убедительностью была показана Козыревым. К рассмотрению этих вопросов мы и переходим в следующем разделе.

3.2. Наблюдательные характеристики и проблема источника энергии звезд

К настоящему времени накопился огромный фактический материал, собранный не одним поколением астрономов, касающийся разнообразных характеристик звезд. Рассмотрим их, ибо эти характеристики понадобятся нам в дальнейшем изложении.

Прежде всего напомним, что звезды наблюдаются как «точечные» источники излучения. Это означает, что их угловые размеры ничтожно малы. Кроме того, благодаря чисто инструментальным эффектам, а главным образом, из-за искажающего влияния атмосферы Земли, изображение наблюдаемой звезды предстает перед

наблюдателем в искаженном виде. Например, угловые размеры изображения звезды в фокальной плоскости телескопа редко бывают меньше одной секунды дуги, в то время как даже для ближайших звезд они должны быть (в случае отсутствия искажений) меньше сотой доли секунды дуги. Степень искажения изображения звезды зависит от разрешающей способности прибора и фактического состояния атмосферы. В таких условиях разумно апеллировать относительными величинами, а именно, такими характеристиками, которые образуются в результате отношений некоторых величин, содержащих в себе те погрешности, о которых мы говорили.

Одной из основных характеристик, измеряемых в астрономии, является по-ток излучения от звезд, регистрируемый в разных диапазонах длин волн или спектральных участках. Мерой величины потока является видимая звездная величина или, просто, звездная величина - безразмерная величина, характеризующая блеск небесного светила. Блеск точечного источника излучения, каким является звезда-это астрономический эквивалент понятия освещенности - отношение падающего на площадку S потока F к величине этой площадки: $E=F/S$.

Для оценки блеска звезд, видимых невооруженным глазом, еще во 2 ом веке до н. э. древнегреческий философ Гиппарх ввел специальную шкалу. Смысл ее состоит в том, что звезды разбиваются на классы от наиболее ярких до самых слабых. Каждому классу приписывается некоторая величина. Величины промежуточных классов определялись по принципу: звезды 2-ой величины настолько же слабее звезд 1-ой величины, насколько они ярче звезд 3-ей величины, и т.д. Этот принцип был взят за основу при построении шкалы звездных величин Погсоном. Созданная им в 1856году шкала звездных величин используется в современной астрономии. Она строится таким образом, чтобы разнице в 5 звездных величин отвечало изменение освещенности, создаваемой звездой, в 100 раз. Таким образом, шкала звездных величин представляет собой логарифмическую шкалу с основанием $(100)^{1/5}=10^{0,4}\approx 2,512$. В результате звездную величину m удалось связать с освещенностью E формулой

$$m=-2,5121lgE+const. \quad (3.1)$$

Если E_1 и E_2 - освещенности, создаваемые звездами на площадке, расположенной перпендикулярно лучу зрения, то разность

$$m_1-m_2=-2,512lg(E_1/E_2) \quad (3.2)$$

позволяет на основании сравнения освещенности, создаваемой исследуемой звездой, с освещенностью некоторой эталонной, определить звездную величину первой.

Теперь выясним, что следует понимать под яркостью звезды. Пусть I - интенсивность излучения, исходящего с площади S в направлении, перпендикулярном этой площади. Тогда отношение

$$J = I / S \quad (3.3)$$

называется яркостью площадки. Яркость не зависит от расстояния источника света до наблюдателя, так как и интенсивность излучения I , и видимая площадь S убывают обратно пропорционально квадрату расстояния. Следовательно, их отношение, то есть яркость, сохраняет свою величину.

Следующая важная характеристика звезды, связанная с излучаемым потоком, - ее светимость - полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени. Блеск звезды, измеренный наблюдателем, может быть последовательно преобразован в светимость,

если известно расстояние r до звезды или ее параллакс*. Зная r , можно определить абсолютную звездную величину M , которая связана с видимой звездной величиной m соотношением:

$$M = m + 5 - 5 \lg r - A(r). \quad (3.4)$$

В (3.4) r выражено в парсеках, а величина $A(r)$ учитывает, так называемое, межзвездное поглощение излучения. Светимость L звезды связана с M соотношением:

$$\lg(L/L_c) = 0,4(4,77 - M), \quad (3.5)$$

где $L_c = 3,86^{99}$ эрг/с - светимость Солнца. Заметим, что межзвездное поглощение излучения представляет собой суммарный эффект рассеяния и истинного поглощения света пылевыми частицами в межзвездной среде. Его характерной особенностью является селективность-зависимость от длины волны λ .

В астрономии считается доказанным положение, согласно которому подавляющее большинство звезд не меняет своих свойств в течение колоссальных промежутков времени. При этом, если некоторые звезды, называемые переменными, меняют свои характеристики, то эти изменения носят либо строго периодический, либо квазипериодический характер. Одна из возможностей оценки времени, в течение которого характеристики, в частности, мощность излучения, не меняются, основана на анализе палеогеологических данных. Такой анализ показал, что, по меньшей мере, около двух-трех миллиардов лет температура Земли, если и менялась, то не более, чем на несколько десятков градусов. Этот вывод прямо следует из непрерывности эволюции жизни на Земле, а значит характеристики Солнца в среднем остаются неизменными за этот огромный промежуток времени. С другой стороны, Солнце - типичная звезда, подобных которой только в нашей Галактике насчитывается около нескольких миллиардов. Таким образом, возникает вопрос: откуда у звезды берутся энергетические ресурсы, обеспечивающие ее существование столь длительное время. Мы возвратились опять к вопросу о «тепловой смерти» Вселенной, затронутый нами в разделе 2.2. Эта проблема сыграла главенствующую роль в создании Н. А. Козыревым причинной механики.

Проблема источника энергии звезд волновала еще древнегреческих философов, которые считали звезды раскаленными телами. Долгие века эта проблема решалась чисто умозрительно. Революционные работы Коперника утвердили идею горячих звезд, подобных Солнцу. Открытие закона сохранения энергии выдвинуло актуальнейшую проблему о физических источниках энергии звезд. По-видимому, естественно, что первую попытку решить эту проблему предпринял автор закона сохранения энергии - Майер. Следуя гипотезе Эпинуса о падении комет, Майер выдвинул гипотезу непрерывного падения метеорных тел на поверхность Солнца, вызывающего его разогрев. Однако простые расчеты показали, что этого источника явно недостаточно для обеспечения наблюдаемой светимости Солнца. К более обоснованному научному исследованию проблемы оказалось возможным приступить после открытия Кирхгофом и Бунзенем спектрального анализа. С его помощью Кирхгофом был определен состав звездных атмосфер. Таким образом, во 2-ой половине XIX века окончательно утвердилось представление о звездах, как о колоссальных газовых шарах, плотных и горячих в центральных частях и разреженных на периферии.

* Параллакс - видимое изменение положения небесного светила вследствие перемещения наблюдателя, связанного, в том числе, с суточным и годичным обращением Земли и вековым движением солнечной системы.

Гельмгольц и Томсон- Кельвин, пытаясь объяснить длительное излучение Солнца, предложили идею гравитационного сжатия, сопровождающегося высвобождением гравитационной энергии. Безотносительно к источнику излучения звезды, сама по себе, эта гипотеза, оказалась очень плодотворной для современной астрономии, на что указывал Шкловский. Применительно к источнику звезды, то есть прямому ее назначению, она противоречила несложным расчетам, связанным с оценкой времени «жизни» Солнца. Оказалось, что оно моложе Земли, хотя во времена Гельмгольца и Томпсона никаких разумных идей о возрасте Солнца еще не было.

С открытием радиоактивности Кюри и Лавуазье возникли идеи относительно источников энергии звезды, связанные с ядерными превращениями. Эти идеи отразились на гипотезе Джинса, который в очередной попытке, предложил разрешение проблемы с помощью радиоактивности. Чуть позже эта гипотеза была бы моментально отвергнута, а скорее она бы просто не выдвигалась из-за открытия спонтанной природы радиоактивности. Дело в том, что такой источник энергии никоим образом не может «подстраиваться» под меняющуюся структуру звезды. Иначе говоря, излучение звезды должно было как-то регулироваться, а радиоактивные источники совершенно не зависят от внешних условий. В середине 30-х годов к этому выводу пришел Эпик, предложивший в качестве источника энергии Солнца термоядерные реакции синтеза. Еще раньше, в 1918 году, была создана первая теоретическая модель звездных недр. Ее автор английский астрофизик и физик-теоретик Эддингтон. В основу теории внутреннего строения звезды им положена термодинамическая теория лучистого равновесия, успешно приложенная к звездным атмосферам Шварцшильдом, а также экспериментальное открытие Лебедевым светового давления на газы. Кроме того, Эддингтон использовал в своей теории заключения Джинса о близости вещества в звездных недрах к состоянию идеального газа и о внутриатомной природе источников звездной энергии. В результате он делает вывод о существенной роли в звездных недрах светового давления, которое, наряду с обычным, должно уравнивать тяготение вещества звезды. На основании этих соображений Эддингтон построил первую математическую теорию равновесной газовой излучающей звезды.

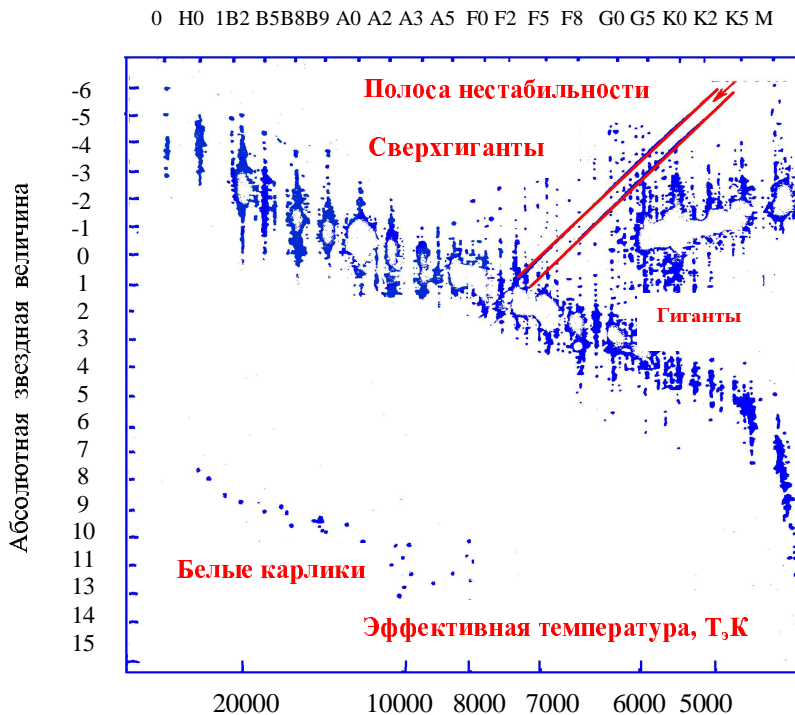


Рис. 7. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела

Одним из важнейших выводов, вытекающих из его теории, является связь между массой, температурой и светимостью звезды. Эта связь блестяще подтвердилась для звезд, названных Эддингтоном «главной последовательностью» на диаграмме Герцшпрунга - Рассела (рис 7). До этого Эддингтон построил теорию цефеид - физических переменных звезд, сверхгигантов*, у которых одновременно с изменением блеска изменяется и эффективная температура.

Эстонский астроном Эпик, анализируя гипотезу Джинса, показал резкое противоречие между картиной звездного излучения, «нарисованной» этой гипотезой, и наблюдаемыми данными. Он пришел к выводу, "то источником энергии Солнца и звезд могут быть только термоядерные реакции синтеза. Через некоторое время, после опубликованных Эпиком работ по термоядерным источникам энергии звезд, американский физик Бете создает количественную теорию ядерных источников звездной энергии. Согласно этой теории ядерные реакции, происходящие при столкновении частиц, сопровождаются выделением энергии. Такими частицами могут быть сами ядра или ядро -нейтроны. Свободные, несвязанные с ядром, нейтроны являются неустойчивыми частицами. Следовательно, вероятность столкновения нейтрона с ядром мала. Напротив, вероятность столкновения ядра с протоном велика, так как самым обильным элементом в звездных недрах является водород, находящийся в ионизированном состоянии. Но для осуществления такого столкновения и проникновения протона в ядро последний должен приблизиться к ядру на расстояние порядка 10^{19} см. обеспечивающее условие ядерного или сильного взаимодействия (раздел 1.8). Однако здесь возникает преграда в виде электростатического отталкивания («кулоновский барьер»), так как ядро и протон заряжены положительно. Для того, чтобы преодолеть кулоновскую силу, протон должен обладать энергией не менее 10^9 кэВ ($E = Ze^2/r = 2 \cdot 10^{-8}$ эрг, где Z - заряд ядра, e - заряд протона, $r=10^{-19}$ см). Средняя кинетическая энергия тепловых протонов в солнечных недрах меньше требуемой в 1000 раз, то есть протонов с необходимой для данной реакции энергией в недрах звезд нет. Для преодоления этой «невязки» Бете привлекает вероятностную природу квантовой механики (раздел 2.6), согласно которой, как мы видели, существует очень маленькая вероятность того, что протоны могут преодолеть кулоновские силы отталкивания и проникнуть в ядро. Вообще говоря, эта вероятность, отличная от нуля, несколько больше той, которая не исключает статистической термодинамикой возможность самопроизвольного восстановления вдребезги разбившегося кирпича. Малая, но большая по сравнению с последней, вероятность проникновения протона в ядро объясняется большим количеством протонов. Как ни странно, но эта гипотеза, не подтвердившаяся прямыми астрономическими фактами, нашла серьезное признание в физических и астрономических кругах. Совершенно иную точку зрения, основанную на наблюдаемых фактах, высказал Козырев. Рассмотрим ее.

Козырев исходит из очевидного правила, согласно которому окончательно вопрос источников звездной энергии должен решаться не на основе теоретических измышлений, не подлежащих экспериментальной проверке, «а прямым выводом из фактов, собранных астрономическими наблюдениями». На основании таких фактов, а именно, в результате анализа данных о массе M , радиусе r и светимости L , полученных из астрономических наблюдений, основанных на определении параллакса, орбит компонент двойных звезд, а также фотометрических и спектрометрических измерений, выполненных для 200 звезд, Козырев убедительно показал несостоятельность гипотезы термоядерного источника энергии звезд.

* Сверхгиганты - класс звезд, обладающих наибольшими размерами и светимостью (до $10^5 L_{\odot}$ - светимости Солнца). При массе 50 M_{\odot} их радиусы за счет очень протяженной и разряженной атмосферы могут достигать $10^9 R_{\odot}$.

Пусть ϵ - количество энергии, выделяемое в среднем одним граммом вещества в одну секунду. Тогда время существования Солнца и всей планетарной системы составляет около 5 миллиардов лет. Такое длительное существование звезды возможно только при тепловом равновесии, когда затраты энергии на излучение компенсируются величиной ϵ . Козырев определяет эту величину из условия

$$\epsilon = L / M, \quad (3.6)$$

то есть количество генерируемой энергии определяется светимостью и массой звезды. Зная радиус и массу звезды, можно определить средние значения параметров состояния - плотность ρ , давление p и температуру T звезды, характерные для ее недр. В результате на основании сопоставления выражения для генерируемой звездной энергии, определяемой формулой (3.6), и физических условий в звезде (определяемых параметрами ρ , p , T) возможно сделать объективное заключение о природе звездной энергии, не требующее *a priori* каких-либо гипотез.

Среднюю плотность $\bar{\rho}$ звезды Козырев определяет через известные значения M и r по формуле

$$\bar{\rho} = 3/4GM/\pi r^3, \quad (3.7)$$

а из условия механического равновесия, характерного для ее недр, -давление p :

$$p = 3/4GM^2 / \pi r^4. \quad (3.8)$$

где G - гравитационная постоянная.

Используя принятое в астрономии положение Джинса о приближении вещества звезды к идеальному газу, можно определить характерную температуру звезды с точностью до молекулярного веса μ :

$$T = \mu GM/Rr, \quad (3.9)$$

где R - удельная газовая постоянная. Козырев оценивает величину μ на основании весьма простых и точных выкладок, позволяющих получить оценку температуры звезд без точного знания их химического состава. На основании этих оценок для Солнца $T=10^6$ С, $\mu=1,4$. В таких условиях генерация энергии, описываемая формулой (3.6), равна 1,9эрг/(гс), что по порядку величины соответствует возможности протон - протонной реакции. Козырев указывает, что подбором соответствующей модели возможно было бы объяснить этой реакцией свечение и других звезд главной последовательности.

Однако с момента создания Бете теории термоядерного источника звездной энергии возникли сомнения, вызванные оценкой величин p и T по формулам (3.7), (3.9) для сверхгигантов. Оказалось, что у них, вырабатывающих особенно много энергии, вычисленные по указанным формулам значения средних плотностей и температур минимальны по сравнению с остальными звездами. Плотности обратно пропорциональны квадрату массы ($\rho \sim M^{-2}$) и уменьшаются при переходе к горячим звездам большой светимости. В красных сверхгигантах ϵ в тысячи раз больше этой величины на Солнце, радиусы больше солнечного в тысячу раз, а их массы всего лишь в десятки раз больше массы Солнца. Тогда на основании (3.9) их температуры $T < 10^6$ С, на основании (3.7) $\rho_c = 10^{-6}$ (ρ_c - плотность вещества Солнца). При этих условиях генерация термоядерной энергии никоим образом осуществляться не может. Далее,

Козырев убедительно показывает полную несовместимость светимости сверхгигантов с требованиями термоядерной генерации энергии. Этот вывод был подтвержден опытами Дэвиса, не показавших требуемого потока нейтрино от Солнца, который должен был бы наблюдаться при термоядерной генерации энергии на нем. На основании оценки точности опытов Дэвиса было получено, что термоядерный синтез компенсирует не более 10% энергии, излучаемой Солнцем.

В результате детального анализа термоядерной теории звезд Козырев приходит к выводу, что «причина, по которой гипотеза термоядерной теории звезд держалась так долго и даже держится до сих пор, заключается в том, что по несчастливой случайности реальные условия внутри звезд мало отличаются от тех, которых требует эта гипотеза».

Если в плоской системе координат по оси абсцисс отложить значения логарифмов масс звезд, а по оси ординат - логарифмы радиусов, выраженных в долях радиуса Солнца, нанести условно звезды, для которых эти величины известны, и построить изофоты (линии равной светимости), то, как видно из рис. 8, образуются поверхности с центром симметрии, расположенном в области звезд спектрального типа F главной последовательности (см. рис. 7). Таким образом, светимость звезд является однозначной функцией их масс и радиусов:

$$L = \varphi(M, r), \quad (3.10)$$

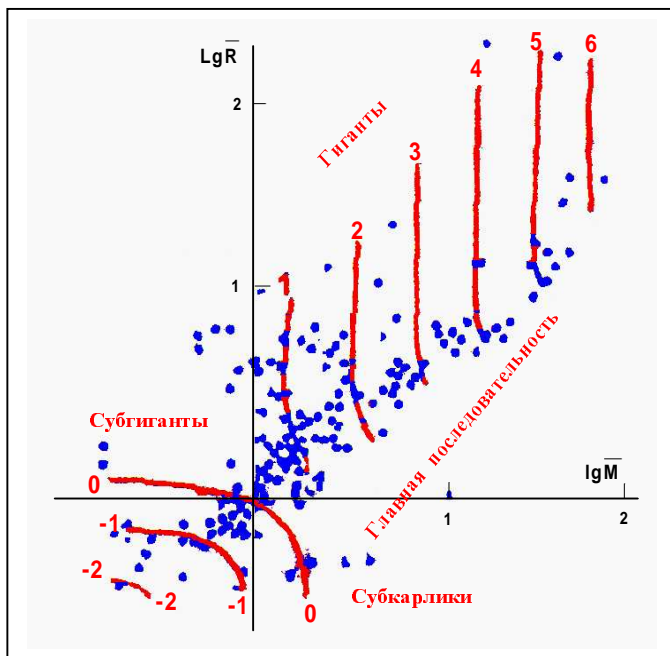


Рис. 8. Линии равной светимости (изофоты) на диаграмме $L(M, R)$ по (Козыреву).

R и M - осредненные величины, полученные в результате обработки эмпирических данных.

Выражение (3.10) является фундаментальным для всей проблемы энергетики звезд.

Светимость звезды определяется ее внутренней температурой и коэффициентом поглощения лучистой энергии, который зависит от плотности, температуры и процентного содержания в звезде тяжелых элементов. Физические условия в звезде определяются значениями ее массы, радиуса и молекулярного веса. Обычно в звездах преобладает водород, а тяжелые элементы составляют лишь малую примесь. Если обозначить через X, Y, Z долю содержания по массе водорода, гелия и тяжелых элементов, соответственно, ($X+Y+Z=1$), то для L должна существовать зависимость:

$$L = f_1(M, r, X, Y) \quad (3.11)$$

Зависимость (3.11) определяет светимость условием расхода энергии.

Длительное существование звезды возможно только при тепловом равновесии, при котором источники энергии должны точно компенсировать расход. Поэтому светимость звезды должна быть равна полной производительности источников энергии. Производительность термоядерных реакций зависит от температуры и плотности газа, а также от содержания водорода. Так как, в свою очередь, температура зависит от молекулярного веса вещества, то должно быть учтено и содержание гелия. Содержание тяжелых элементов в процентном отношении мало. Имея в виду существующий генератор энергии, светимость звезды должна выражаться зависимостью от параметров, определяющих ее энергетический «котел», то есть массы, радиуса и химических компонент. Как видно, эта зависимость определяется теми же параметрами, как и в первом случае, но тип ее должен быть совершенно иной:

$$L=f_2(M,r,X,Y). \quad (3.12)$$

Выражение (3.12) определяет светимость звезды приходом энергии.

На основе анализа параметров M , r , X , Y и соотношений (3.11), (3.12) Козырев еще раз убедительно показывает несостоятельность теории термоядерного синтеза, как источника энергии звезды: *«Каждая из двух теоретических зависимостей (3.11) и (3.12) должна совпадать с зависимостью (3.10), полученной из наблюдений. Из этих двух уравнений X и Y определяются как функции от M и r . Значит для согласования термоядерной генерации энергии с наблюдениями X и Y , а следовательно, и Z должны зависеть от M и r или по формулам (3.7), (3.9) - от функции условий внутри звезд. Зависимость содержания элементов от плотности и температуры может иметь физический смысл лишь при равновесном превращении элементов, то есть тогда, когда могут идти процессы и противоположного направления. Но если даже допустить такую возможность, то она может реализоваться только при температурах в миллиарды градусов, которых заведомо нет в звездах. Значит выполняемые расчеты химического состава звезд приводят к неправильному выводу и, следовательно, представляют собой формальную операцию, с помощью которой уравнение реакций подгоняется к данным наблюдений. Поэтому основанные на гипотезе термоядерных источников энергии расчеты звездных моделей, выводы об эволюции звезд и вся огромная литература по этим вопросам оказываются несоответствующими действительности»*, то есть вопрос об источниках энергии звезд остается открытым. При рассмотрении принципиальной стороны вопроса Козырев предлагает в соответствии со спектральными наблюдениями считать химический состав одинаковым для всех звезд. Условие совпадения теоретических зависимостей (3.11) и (3.12) с наблюдаемой зависимостью (3.10) требует выполнения условия

$$f_1(M,r) \equiv f_2(M,r). \quad (3.13)$$

Тождество (3.13) описывает баланс прихода- расхода энергии у звезды. Такой баланс может осуществляться двумя путями: приход энергии зависит и регулируется ее приходом; приход энергии определяет расход. Применительно к звездам важен первый путь, так как второй определяется передачей энергии через конвекцию, играющую незначительную роль при обычных условиях в звездах. На основании (3.13) Козырев заключает: у звезды нет внутренних источников энергии, способных обеспечить достоверно оцененную длительность ее существования. Единственно возможный физический механизм, с помощью которого в рамках классических представлений можно было бы объяснить равновесное излучение звезд - контракционный механизм Гельмгольца-Кельвина, связывающий расходы тепловой и потенциальной энергии,

запасенной звездой. Но и он из-за короткой шкалы времени не пригоден. Например, Солнцу контракционная теория отводит продолжительность «жизни» всего лишь около 30 миллионов лет, что решительно противоречит данным геологии и космогонии. Этот факт подтверждает вывод, что потеря энергии не ведет к перестройке звезды. В ней возникают процессы, компенсирующие эти потери и совершенно не влияющие на среднее состояние звезды, не меняющиеся во времени. Таким образом, звезда оказывается «машиной, вырабатывающей энергию». Этот вывод, сделанный Козыревым на основе наблюдательных данных о звездах, приводит его, принимая во внимание закон сохранения энергии, к ряду фундаментальных заключений:

1. Отсутствие источников энергии показывает, что звезда живет не своими запасами, а за счет прихода энергии извне. Этот вывод напрашивается уже при обсуждении продолжительности жизни сверхгигантов. Ведь даже полная реализация возможностей ядерного синтеза не обеспечивает приемлемую продолжительность их существования.

2. Звезды во Вселенной существуют всюду и входят в самые разнообразные структуры. Поэтому возможность прихода энергии должна иметь такую же общность, какую имеют только пространство и время.

3. Пространство пассивно - оно как арена, на которой происходят события. Время же может быть не просто четвертым измерением, дополняющим трехмерное пространство (как у Минковского - А.М, К.С.), а явлением природы. Если у времени, кроме пассивного геометрического свойства длительности, измеряемой часами, есть еще и другие свойства, то они должны проявлять себя в действии времени на материальные системы. Тогда события будут происходить не только во времени, но и при его участии в них.

4. Существование активных или физических свойств времени должно привести к взаимодействию времени и процессов, происходящих в мире. Тогда время как некоторая физическая среда может воздействовать на вещество, на ход процессов и связывать между собой явления, между которыми, казалось бы, нет и не может быть ничего общего.

*5. Одним из простейших физических свойств времени может быть направленность его хода. В точных науках направленность времени устанавливается ростом энтропии и рассматривается как свойство физических систем, а не как свойство самого времени. Естествознание же полагает, что различие будущего от прошедшего существует всегда и связано с принципиальным отличием причин от следствий. Если у времени действительно есть это физическое свойство, то при воздействии на вещество время может сообщать ему энергию и быть источником, поддерживающим жизнь звезд. Время может не только препятствовать смерти звезд, то есть переходу их в тепловое равновесие с окружающим пространством, но и препятствовать общему наступлению тепловой смерти и быть источником жизненной силы Вселенной.**

Эти заключения открывают новую страницу в банке физических идей и определяют перспективы исследования физических свойств времени.

3.3. Возможность исследования свойств времени в физической лаборатории

Поиск решения проблемы источника звездной энергии привел к совершенно неожиданному и уникальному выводу о необходимости рассмотрения физических

* Текст, написанный курсивом, цитирован из работы Козырева «Внутреннее строение звезд на основе наблюдательных данных» (1984г.)

свойств времени. Мы видели, что любые нетривиальные решения физических проблем сразу или через некоторое время приводили к революционным изменениям физических воззрений на окружающий мир. Проблема источника энергии звезд на протяжении значительного периода времени решалась с позиций наработанных теорий. Поэтому не было обнаружено ни одного факта, позволившего взглянуть на эту проблему, а вместе с тем и на время с иной точки зрения. Козыреву в силу его нетрадиционного мышления и огромной интуиции ученого удалось увидеть во времени не «актера», исполняющего роль статиста, а потенциального исполнителя главной роли. Он обратил внимание на факт, незамеченный другими астрономами, что в координатной системе M, r (рис. 8) зонам наибольшей заполненности звездами соответствуют некоторые особые состояния вещества. Для выяснения причин этого наблюдаемого факта Козырев путем перехода от аргументов lgM, lgr по формулам (3.7), (3.9) рассматривает характеристики физических условий - плотность газа ρ и плотность лучистой энергии B , выраженные в долях их значений для Солнца. Принимая одинаковыми химический состав и структуру звезд, он для ρ и B находит простые соотношения:

$$\begin{aligned} \rho &= M/r^3, \\ B &= T^4 = M^4/r^4. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Значения $lg\rho$ и lgB были рассчитаны для всех звезд, представленных на рис.8. Полученное для них распределение в координатной системе $lg\rho, lgB$ представлено на рис. 9.

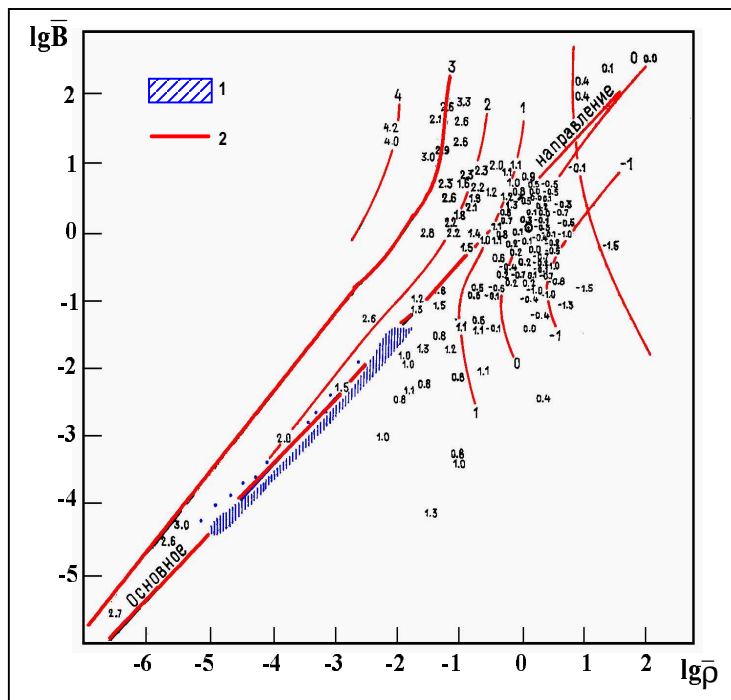


Рис.9. Диаграмма Козырева расположения звезд в соответствии с распределением энергии ϵ , вычисленной по наблюдаемым данным. 1- положение гигантов, масса которых оценена по косвенным данным; 2- линии одинаковых энергий ϵ (изоэрги). $lg\bar{B}, lg\bar{\rho}$, -логарифмы средней плотности лучистой энергии и средней плотности звезды, соответственно; Числа-логарифмы средней энергии ϵ , взятой в долях ее значения для Солнца.

Область гигантов и сверхгигантов, представленная на диаграмме Герцшпрунга-Рессела размытыми пятнами, на диаграмме Козырева выглядит в виде четкой узкой зоны, названной им основным направлением, по которому располагаются звезды в огромном диапазоне состояний от холодных и разреженных красных сверхгигантов до плотных и горячих субкарликов. Основное направление в координатной системе $lg\rho, lgB$ наклонено к оси абсцисс под углом 45° . Существенность этого направления подтверждается положением гигантов, массы которых были оценены Козыревым по косвенным признакам. Зная угол наклона к оси абсцисс основного направления, Козырев зависимость B от ρ представляет в виде регрессионного уравнения:

$$\lg B = \lg \rho + 0,58. \quad (3.15)$$

Используя это уравнение, легко получить отношение плотности лучистой энергии к средней плотности звезды относительно тех же характеристик для Солнца:

$$B/\rho = 3,8(B/\rho)_\odot. \quad (3.16)$$

Главная последовательность и ближайшие к ней звезды на диаграмме Козырева выглядят в виде квазиокружности с центром с координатами $\lg \rho = -0,58$, $\lg B = 0$. Если вычислить отклонения $\Delta \lg \rho$ и $\Delta \lg B$ от средних значений B , ρ , и нанести их на плоскость диаграммы Козырева, то полученная таким образом плоскость будет выглядеть в виде окружности. Значения $\Delta \lg \rho$, $\Delta \lg B$ представляют собой дисперсии указанных величин. Уравнение окружности в переменных $\Delta \lg \rho$, $\Delta \lg B$

$$(\Delta \lg \rho)^2 + (\Delta \lg B)^2 = c^2 \quad (3.17)$$

указывает на отсутствие корреляционной зависимости между переменными B и ρ в области расположения главной последовательности и ближайшим к ней звездам. Прделав аналогичную процедуру в плоскости Герцшпрунга-Рессела, Козырев получил вместо окружности (3.17) эллипс с отношением большей оси a к меньшей b , равным 8,3, причем ось a наклонена к оси абсцисс под углом 60° , что, практически, совпадает с наклоном оси главной последовательности на указанной диаграмме. На основании этих результатов Козырев приходит к выводу, что «главная последовательность получается в результате вытягивания масштабов, которыми пользуется наблюдательная астрофизика, и в ее направленности сказывается, в первую очередь, это обстоятельство, а не особенности строения звезд». Далее, Козырев определяет абсолютные значения постоянных, характеризующих основное направление и центр дисперсии (постоянная ρ в уравнении (3.17)). В качестве единицы отсчета он рассматривает Солнце, принимая в качестве основного элемента водород, молекулярный вес $\mu = 0,5$, температуру в центре $T = 8,5 \cdot 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$, плотность лучистой энергии $B = \sigma T^4 = 3,9 \cdot 10^{13}$ и $\rho = 25$. Переходя от плотности ρ к числу электронов n_e в 1 см^3 , на основании (3.16) Козырев получает условие, которому удовлетворяет состояние вещества звезд основного направления:

$$B/n_e = 9,4 \cdot 10^{-12} \text{ эрг} = 6,8 \text{ эВ}. \quad (3.18)$$

С другой стороны, это условие должно характеризоваться плотностью энергии U электростатического взаимодействия частиц, определяемой формулой Дебая - Хюккеля:

$$U = \sqrt{\left[8\pi \frac{e^6 n_e}{kT} \right]} \quad (3.19)$$

отнесенной к количеству молекул в единице объема. В (3.19) e - заряд электрона, k - постоянная Больцмана, T - температура. Тогда для центра окружности (дисперсии) согласно (3.17) применительно к Солнцу ($T = T_\odot$, $\rho = 6,5$) должно выполняться условие

$$U/n_e = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ эрг} = 20 \text{ эВ}. \quad (3.20)$$

Значения энергий, вычисленные по формулам (3.18),(3.19) с учетом погрешностей, связанных с измерениями параметров, входящих в выражения (3.18) и (3.19), и характеризующие физические условия внутри звезды, можно считать одинаковыми и соответствующими энергии ионизации атома водорода, равной 13,5эВ. Учитывая полученные оценки энергий, Козырев предполагает, что характер распределения дисперсий $\Delta I g B$, $\Delta I g \square$ главной последовательности и ближайших к ней звезд, имеющих форму окружности (3.17), обусловлен в этой области пространства особо благоприятными условиями для воздействия времени на вещество звезды. Именно этим и объясняются значительные отклонения $\Delta I g B$, $\Delta I g r$ от основного направления. Эти «благоприятные условия» Козырев с учетом равенства левых частей в выражениях (3.18) и (3.19) представляет соотношением:

$$B/n_e = U/n_e = m_e \frac{C_2^2}{2} \quad (3.21)$$

где m_e - масса электрона, C_2 - некоторая величина, имеющая размерность скорости, определяемая выражением

$$C_2 \sim e^2/h = \text{const}, \quad (3.22)$$

где e - заряд электрона, h - постоянная Планка. Это выражение получено Козыревым из соображений размерности. Ниже, когда мы будем рассматривать возможность формализации аксиоматики козыревской причинной механики, будет показано, что выражение (3.22) может быть выведено достаточно строго на основании совершенно иного подхода. На основании (3.21) C_2 входит в формулу (3.18) и (3.20) как единственная постоянная. Из (3.21) следует, что размерность этой постоянной указывает на отсутствие ее связи со свойствами материи и на связь только с пространством и временем. Здесь Козырев делает фундаментальное предположение о связи C_2 с ходом времени нашего Мира. Таким образом, если те благоприятные условия, о которых шла речь, действительно связаны с ходом времени, то в них должны содержаться не только характеристики состояний вещества, но и времени.

Выражение (3.21) представляет собой «порцию» кинетической энергии, переданной извне количеству электронов n_e , содержащихся в 1 см^3 .

Достаточно строго показав, что во Вселенной действуют принципы недостижимости равновесных состояний, Козырев приходит к выводу о неизбежности существования *«всегда и при всех обстоятельствах различия будущего от прошедшего»*. В свою очередь, этот вывод неизбежно приводит к заключению о наличии универсального свойства природы - несимметричности процессов во времени. Последнее возможно только в том случае, если само время является несимметричным, то есть обладает свойством направленности, которое Козырев называет течением или ходом времени. Таким образом, он приходит к «стреле времени», предложенной Эддингтоном, но не с позиции возрастания энтропии Вселенной, а с совершенно полярной позиции, согласно которой существует физическая причина, препятствующая ее росту, а тем самым и тепловой смерти Вселенной. С этой причиной Козырев связывает постоянную C_2 , выступающую как универсальная постоянная. Поэтому козыревский ход времени в отличие от механики Ньютона, Эйнштейна и атомной механики является конечной величиной, что полностью соответствует реальному Миру. Участие хода времени в физических процессах приводит к возникновению дополнительных сил, то есть к дополнительной энергии.

Признание у времени физических свойств требует их изучения в физической лаборатории путем направленно поставленных опытов. Исходя из самых общих априорных соображений, Козырев выдвигает требования, которым должны удовлетворять эти опыты: во-первых, опыт должен быть простейшим, то есть чтобы из опыта следовала очевидность принципиальной возможности воздействия времени на материальную систему. Для этого он должен включать саму материальную систему, которую можно рассматривать как систему материальных точек, оставляя без внимания ее частные физические свойства. Этому требованию полностью удовлетворяют опыты, поставленные на уровне элементарной механики. Во-вторых, в таких опытах должна быть введена совершенно однозначная причинная связь. Это требование вызвано тем, что ход времени неразрывно связан с причинностью, являющейся важнейшим свойством Мира. Последнее легко понять из того факта, что причина находится всегда в прошлом по отношению к следствию, а следствие - в будущем по отношению к причине. В точных науках, в частности, в теоретической механике, нет объективных методов, позволяющих в причинно-следственных превращениях различать причину и следствие. Поэтому с позиции точных наук принимается, что отсутствие объективного критерия связано с отсутствием свойств, по которым причину можно было бы отличить от следствия. Некоторое исключение составляет статистическая механика, в которой появляется направленность времени и учитывается причинность в самом общем виде, приводящая систему в наиболее вероятное состояние, то есть к статистическому равновесию. Это позволяет возрастание энтропии связать со знаком времени, который определяется в соответствии с причинностью: будущее наступает тогда, когда появляются следствия, вызванные некоторой изначальной причиной. Последнее справедливо в статистической механике для состояний, далеких от равновесных. Как только система оказывается близкой к состоянию равновесия или принимает его, то любые незначительные отклонения (флуктуации) от этого состояния уже не зависят от знака времени. Это означает полное «пропадание» причинности, а вместе с ней и направленности времени в статистической механике. Козырев такое положение сравнивает с солипсизмом, согласно которому «реально только наше восприятие Мира».

Полную противоположность в этом вопросе представляют естественные науки, в которых отличие причины от следствия является основой научного подхода. Только при таком подходе, то есть при наличии причинных связей, возможно обнаружение течения времени. С другой стороны, наличие причинных связей возможно только в неравновесных системах. Таким образом, течение времени, представляющее собой некоторую физическую реальность, действуя на материальные системы, будет препятствовать их переходу в равновесное состояние. На основании этих умозрительных предпосылок Козырев делает очень важный вывод: *«равновесное состояние является несуществующей в Море абстракцией. В реальной системе всегда может быть обнаружено различие будущего от прошедшего. Звезды не охлаждаются до равновесия с окружающим пространством, потому что этому препятствует текущее время. Значит, огромные массы вещества звезд перерабатывает время и превращает его в излучение».*

Введение в систему однозначно трактуемой причинной связи может быть выполнено путем сообщения одной части этой системы некоторых свойств, которые передавались бы и поглощались другой ее частью. Из вышесказанного с очевидностью следует, что это требование к экспериментальному исследованию свойств времени вызвано его направленностью, являющейся необходимым фактором существования причинных связей в реальном Море.

Помимо выдвинутых двух требований, которым должна удовлетворять «экспериментальная установка» по исследованию физических свойств времени,

существует еще «в-третьих», «в-четвертых» и так далее. Эти условия мы будем оговаривать в процессе изложения причинной механики. Здесь обратим внимание на следующее. Величина, характеризующая ход времени (C_2), должна иметь определенный знак, обусловленный направленностью времени нашего Мира. Помимо знака эта величина должна иметь меру, характеризующую темп хода времени. Поскольку ход времени проявляется в причинных связях, то его меру следует искать в свойствах причинности.

3.4. Теоретические основы причинной механики

Учитывая требования, выдвинутые к механической системе и отвечающие общему характеру задачи, Козырев рассматривает простейшую механическую систему, близкую к системе материальных точек. Отсутствие строгой формулировки принципа причинности в физической литературе, несмотря на его повсеместное использование, создает определенные трудности, связанные с формализацией теории. Поэтому Козырев сам вводит определение причинности: *«Если при воспроизведении явления A с соблюдением тех же обстоятельств всегда будет иметь место явление B , то A - причина, B - следствие. Наоборот, при появлении B не обязательно должно осуществляться A , ибо следствие B может вызываться не только явлением A , но и другими причинами»*. Это определение, отражая лишь качественную сторону причинности, именно в силу его качественного характера лишено строгости. Действительно, в словах «не обязательно» заключена целая гамма переходов. Поэтому асимметрия зависимости A и B должна иметь количественное выражение, не фигурирующее в определении. Такая количественная оценка причинной связи будет нами рассмотрена ниже. Здесь же, учитывая, что во многих конкретных задачах различие A и B бесспорно, следуя Козыреву, будем пока использовать данное определение несмотря на нестрогость.

Методика построения теории причинной механики основана на аксиоматическом подходе. Согласно этому подходу, уходящему своими корнями в античную философию древних мыслителей и получившему строгое обоснование в работах Гильберта по аксиоматическому построению физики, в основе теории причинной механики лежат аксиомы, задающие свойства времени и впервые в истории физики дающие сущностное его определение. Далее, на основе принятых аксиом выводятся следствия о возможных воздействиях времени на физические системы. По мере развития и углубления исходных положений теории в соответствии с полученными экспериментальными фактами формулировки аксиом уточнялись. В результате Козырев формулирует три постулата о физических свойствах времени:

1. *Время обладает специальным свойством, которое отличает причины от следствий и которое может быть названо направленностью или ходом. Это свойство определяет различие между прошлым и будущим.*

Поскольку первый постулат утверждает наличие теснейшей связи между временем и причинностью, то проявление физических свойств времени, прежде всего, надо искать в причинно - следственных отношениях между явлениями окружающего мира. Связь время - причинность является принципиальной физической предпосылкой козыревской теории времени. Эта пара привлекла еще в XVII веке внимание основоположника математической логики Лейбница. У Лейбница, в отличие от Козырева и некоторых современных философов, временной порядок следования обусловлен причинно-следственным порядком, то есть первична физическая система. Козырев, исходя из субстанциональной природы времени, временной порядок ставит

на первое место, как основу порядка причинно - следственного. Мы не раз отмечали, что классическая механика лишена причинности. В этом смысле полной противоположностью классической механики является причинная механика, в которой время выступает арбитром между причиной и следствием, строго ставя их на свои места. Таким образом, в причинной механике снимается принципиальная ограниченность, имеющая место в классической, подчиняющейся принципу «*causa aequat effectum*» в соответствии с третьим законом Ньютона - законом равенства действий и противодействий. Первый постулат определяет проблему создания новой механики, основанной не на симметрии противодействующих сил, а на асимметрии и необратимости причин и следствий, возможность физической реализации которых осуществляется благодаря физическим свойствам времени.

Следующие два постулата определяют пространственно - временную структуру причинно - следственных отношений и позволяют ввести некоторую количественную характеристику, благодаря которой конкретизируется различие между причиной и следствием:

2. *Причина и следствие всегда разделены в пространстве. Таким образом, между ними существует сколь угодно малое, но не равное нулю расстояние δx .*

3. *Причина и следствие разделены во времени. Таким образом, между ними существует сколь угодно малая, но не равная нулю разница δt .*

Комментируя эти два постулата Л. С. Шихобалов совершенно точно отмечает их непротиворечивость естествознанию, касающуюся свойств причинности. Кроме того, он выделяет очень важное свойство, вытекающее из постулатов 2 и 3, которое нигде не было отмечено самим Козыревым. Указывая на очевидность постулатов и принимая, что даже если бы в Природе выполнялись условия $\delta x=0$ или $\delta t=0$, то этот случай вытекает из причинной механики в результате предельного перехода, то есть и в этом случае теория, построенная на указанных постулатах, не является ошибочной, а только рискует оказаться избыточной.

Покажем, что механика Ньютона и атомная механика на основании постулатов 2 и 3 являются предельными случаями причинной механики. Аксиома 2 фактически заключена в 3-ем законе Ньютона - только внешние силы могут стать причиной изменения импульса, то есть $\delta x \neq 0$; в атомной механике, напротив, из-за принципа суперпозиции $\delta x = 0$. В общем случае аксиома 2 верна для фермионов, свойства которых были нами рассмотрены в разделе 2.6. Там было показано, что два одинаковых фермиона, входящих в одну систему, не могут находиться в одинаковых состояниях, так как для них волновая функция должна быть антисимметричной. Это означает различие их волновых функций, а значит, для них всегда $\delta x \neq 0$, что полностью соответствует аксиоме 2.

В макроскопическом мире, с позиций классической механики, основным свойством тел является непроницаемость. Это свойство означает, что два или более тел одновременно не могут занять одну и ту же точку пространства. В этом смысле оно совершенно аналогично свойству фермионов. Таким образом, причины и следствия, которые всегда связаны с разными телами как в микромире, так и в макромире, необходимо связаны с разными точками пространства. Следствием этого вывода и является второй постулат, утверждающий основное свойство причинности: $\delta x \neq 0$ при любых обстоятельствах. В ранних работах Козырев для того, чтобы подчеркнуть невозможность пространственной совместимости причин и следствий, вводит дополнительное положение: причины и следствия, возникающие в одной и той же точке пространства, различаться не могут и представляют собой тождественные

понятия. Это утверждение, уточняющее второй постулат, близко к определению фермионов, которое также можно принять за постулат.

Второй закон Ньютона утверждает равенство силы изменению количества движения в единицу времени. Тогда в терминах причинно-следственной связи, казалось бы, можно принять в качестве причины - силу, а за следствие - изменение количества движения. Второй постулат Козырева категорически опровергает этот вывод, указывая на тождественность понятий силы и количества движения в соответствии с механикой Кирхгофа, в которой изменение количества движения материальной точки в единицу времени может служить определением силы, приложенной к этой точке. Козырев, комментируя второй постулат, подчеркивает, что «второй закон Ньютона следует рассматривать как закон описательный, как формулу, описывающую явления». Этим Козырев еще раз указывает на ограниченность точных наук в понимании сущностной природы окружающего мира, то есть ограниченность, обусловленную способностью лишь к описанию характера физических процессов. Второй постулат, разнося в пространстве причину и следствие, не указывает на то обстоятельство, которое позволило бы найти физическую характеристику, определяющую абсолютное различие в Мире причины от следствий. Эту характеристику, исходя из факта, что следствие всегда находится в прошедшем по отношению к причине, Козырев находит в свойстве времени, определяя его третьим постулатом: $\delta t \neq 0$ при любых обстоятельствах. Таким образом, Козырев, используя общепринятое понятие промежутка времени, дает формулировку третьего постулата, поднимая время на совершенно иной качественный уровень. При этом он ни в коем случае не ревизует традиционно единственное свойство времени - длительность, а наоборот, пользуется им, как это делалось всегда. Комментируя его, Козырев обращает внимание, что при отсутствии причинности (полной обратимости времени) $\delta t = 0$. Нам представляется, что равенство $\delta t = 0$ может быть объяснено допустимостью мгновенного взаимодействия в ньютоновской механике. В атомной механике из-за необратимости времени, связанной с макроскопическим воздействием тела - прибора на систему, $\delta t \neq 0$. С точки зрения математического анализа смысл величин δx , δt вызывает определенные трудности. Дело в том, что символ δx математически означает величину размера точки. Тогда при проведении обычных математических операций, например, при вычислении длины цепи причинно-следственных превращений в пространстве, размер точки, определяемый символом δx , должен считаться равным нулю. Смысл второго постулата как раз обратный, то есть свойство непроницаемости материальных точек приводит к неравенству нулю интервала δx . Поэтому δx необходимо рассматривать как интервал более высокого порядка малости, чем бесконечно малый интервал пространства в математическом анализе. К сожалению, в математике не существует теории, строго обосновывающей существование бесконечно малых величин очень высокого порядка. Козырев обходит эту трудность, обосновывая реальность величин δx , δt с физической точки зрения: в цепи причинно-следственных превращений рассматривается элементарное звено, где причина порождает следствие. С точки зрения обычных представлений в координатной системе X, Y, Z, t это звено является пространственно - временной точкой, не подлежащей дальнейшему анализу. На основании аксиом 2 и 3 такое представление не имеет смысла, ибо эта пространственно временная точка должна иметь «толщину», то есть при переходе к предельному сближению условие невозможности пространственно - временного наложения причин и следствий определяется символами δx , δt . Таким образом, символы δx , δt означают пределы бесконечно малых величин при условии, что они никогда не обращаются в нуль. Математическому анализу такие величины неизвестны. Поэтому строгое обоснование причинной механики в рамках математического описания требует создания теории бесконечно малых величин, необращающихся в нуль ни при каких обстоятельствах.

Она должна основываться на реальном физическом свойстве интервалов δx , δt . Козырев, по-своему раскрывает смысл символов δx , δt : «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». Таким образом, у пространственно - временной «точки» (с координатами $\{1, 1\}$ в обычном представлении) появляются размеры, величина которых выражается символами δx , δt . Последнее означает дискретность пространственно-временного континуума или, что тоже самое, «решетчатую» структуру геометрии пространства - времени, на что Козырев не обратил внимание. «Нарушение» непрерывности этого континуума происходит из-за существования «пустой точки», на противоположных концах которой находятся причина и следствие. Предположение о дискретности пространства и времени не является, вообще говоря, какой - то экстраординарной гипотезой, ибо идея хрононов, как мы помним, была выдвинута еще Ксенократом, а дискретность пространства, в определенном смысле, толкуется одной из современнейших физических теорий - квантовой хромодинамикой, рассматривающей, в частности, теорию вакуума. Если эти свойства пространства и времени реальны, то они неизбежно должны затронуть фундаментальные положения всей физической науки и, прежде всего, геометрии пространственно - временного континуума. Здесь углубляться в эти вопросы мы не будем, а лишь отметим, что в свое время, например, необычное предположение Планка о дискретности энергии, не укладывающееся в рамки «здорового смысла», привело к открытию квантовой механики.

Пока, «довольствуясь» существующими теориями, примем, что символы δx , δt определяют размеры точки. При этом в случае необходимости вычисления интегралов, можно принять с любой точностью значения этих символов, равными нулю. Впрочем, в дальнейшем последнее замечание нам не столь необходимо, насколько важно, что отношение

$$\delta x / \delta t \approx C_2 \quad (3.23)$$

может быть конечной величиной (при одинаковом порядке малости δx , δt) и искомой мерой хода времени. Величина C_2 нам уже знакома. Козырев ввел ее при рассмотрении проблемы источника энергии звезд (раздел 3.3.) в связи с гипотезой взаимодействия времени с веществом согласно выражению (3.21). В этом выражении C_2 выступает как константа, не связанная со свойствами материи, но связывающая пространство и время. В выражении (3.23) величина C_2 также связана с пространством и временем. На основании физического смысла величин δx , δt , C_2 представляет собой скорость превращения причины в следствия в элементарном причинно-следственном звене. Поскольку величина C_2 имеет размерность скорости и согласно постулату 1 именно причины превращаются в следствия, а не наоборот, ее знак должен иметь определенный смысл, независимый от системы счета δx , δt . В формуле (3.23) знак δt определен обычным условием положительного направления оси времени в сторону следствий. Знак δx в силу изотропности пространства произволен. Вместе с тем, как было отмечено выше, знак C_2 , должен быть определен. Если предположение о постоянной C_2 , как о мере хода времени, действительно имеет место, то логически мы не можем исключить возможность существования Мира с противоположным ходом времени, то есть такого Мира, где (пока гипотетическая) универсальная постоянная C_2 обратного знака. Здесь Козырев обращает внимание на следующее обстоятельство: «Возникает трудность, которая на первый взгляд кажется непреодолимой и разрушающей все сделанные до сих пор построения. Однако именно благодаря этой трудности становится возможным однозначное заключение: C_2 является не скалярной величиной, а псевдоскаляром, то есть скаляром, меняющим знак при зеркальном

отображении или инверсии координатной системы». Таким образом, задача состоит в том, чтобы найти условие, при котором в фиксированном Мире с учетом постоянного знака δt и произвольного δx , знак C_2 оставался неизменным. Козырев эту задачу решает исключительно логическим путем. Его рассуждения сводятся к следующему. Если C_2 является псевдоскаляром, то δt должно быть предельным значением псевдовектора, коллинеарного с предельным вектором δx . Псевдовекторный характер δt означает, что в плоскости YZ , перпендикулярной оси X , происходит некоторый поворот, направление которого можно определить знаком δt . Взаимное расположение осей Y, Z условимся брать всегда в соответствии с направлением этого поворота. Тогда псевдоскаляр δt будет ориентировать плоскость перпендикулярно к оси X . Изменим теперь в формуле (3.23) знак δx , сохраняя знак δt , то есть сохраняя ориентацию плоскости YZ . Тогда постоянная C_2 изменит знак, что и должно быть, поскольку эта операция равносильна зеркальному отображению. Если изменить знак не только δx , но и δt , то постоянная C_2 по формуле (3.23) не изменит знака. Так и должно быть, ибо в данном случае выполнен лишь поворот всей координатной системы, при котором должен меняться знак псевдоскаляра.

В сущности, приведенные рассуждения достаточно прозрачны, за исключением одной фразы, связанной с поворотом псевдовектора δt . Исходя из опыта наших выступлений и частных обсуждений положений причинной механики, поворот псевдовектора δt вызывает у физиков наибольшее количество вопросов. Надо признать, что вызваны они объективным обстоятельством. Действительно, когда речь заходит о повороте в пространстве, то сразу возникает вопрос, что же именно поворачивается, то есть вопрос, связанный с каким-либо материальным носителем. Казалось бы самое время вспомнить о Ксенократе и его хрономах - частицах, носителей времени. Однако, хотя и принимая субстанциональный характер времени, Козырев нигде не упоминает о возможном его носителе. Не упоминает потому, что его нет. Поворот δt , с точки зрения поставленного вопроса, связан с причиной и следствием. Последние связаны с реальными материальными носителями, независимо от их природы. Время же выступает как «дистанционный пульт управления», то есть согласно аксиоме 1 обеспечивает в реальном Мире возможность «бытия» причинно-следственных превращений, иначе говоря - саму возможность существования Мира. На основании сказанного термин «направленность», равно как и «ход времени», не совсем удачный. Поэтому в рамках причинной механики он используется в нетождественном общепринятому в науке смысле. По этому поводу заметим, что физика знает достаточно примеров неудачных терминов, тем не менее ставших общепринятыми. И все же приходится констатировать, что как такового свойства «хода» у времени нет, а есть количественная величина C_2 , характеризующая скорость превращения причины в следствие благодаря воздействию времени. Это воздействие обуславливает возникновение некоторой предсказанной теорией силы, названной Козыревым силой причинности. Процесс «превращения» сопровождается взаимным поворотом причины и следствия. Поэтому величину δt в формуле (3.23) следует рассматривать не только как ничтожно малый временной интервал, а прежде всего, как символ, указывающий на созидательное свойство времени. С этой точки зрения неравенство нулю δt определяет не только обязательное наличие временного интервала между причиной и следствием, согласно аксиоме 3, но и указывает на активные свойства времени.

В силу общего характера задачи Козырев рассматривает простейшую механическую систему, близкую к системе материальных точек, и связывает с ней элементарное причинно-следственное звено из бесконечной цепи причинно-следственных переходов. Тогда, согласно аксиомам 2,3, $\delta x, \delta t$, определяют «пустой» интервал между материальными точками. Следовательно, как и в случае выражения

(3.21), где C_2 выступает как постоянная, связанная только с пространством и временем, так и в выражении (3.23) свойства величины C_2 те же, то есть обусловлены той же связью. Поэтому скорость превращения при-чин в следствия не зависит от свойств тел в элементарных актах превращений и в связи с этим C_2 должна быть универсальной постоянной.

Итак, возвращаясь к вопросу инвариантного согласования знаков в формуле (3.23), которое возможно только при условии, что δt имеет смысл поворота в плоскости, перпендикулярной направлению причина - следствие, то есть оси X , обозначим орт этого направления через \mathbf{i} . Тогда определенный знак δt ориентирует плоскость YZ и дает C_2 определенный знак. Это значит, что C_2 строго является псевдоскаляром, iC_2 -аксиальным (осевым) вектором. По определению аксиальный вектор с размерностью скорости имеет смысл линейной скорости вращения. Таким образом, если задана система координат $\{X, Y, Z, t\}$ определенного типа (например, правая), то псевдоскаляр C_2 должен иметь в ней определенный знак. Обращение знака C_2 возможно только при инверсии заданной системы координат. Пока не определено объективное отличие правого от левого, операция инверсии является формальной процедурой. Если в реальном мире существует критерий различия правого и левого, то это означает, что тип системы координат нашего Мира должен быть жестко задан самой Природой. Очевидно, установить этот тип координатной системы возможно только из эксперимента, направленного на определение знака C_2 .

Легко показать, что iC_2 имеет противоположный знак в точке «причина» и точке «следствие». Действительно, в этих точках δt имеет противоположный знак. При фиксированном направлении \mathbf{i} противоположный знак δt в точке «следствие» означает инверсию координатных осей (рис. 10).

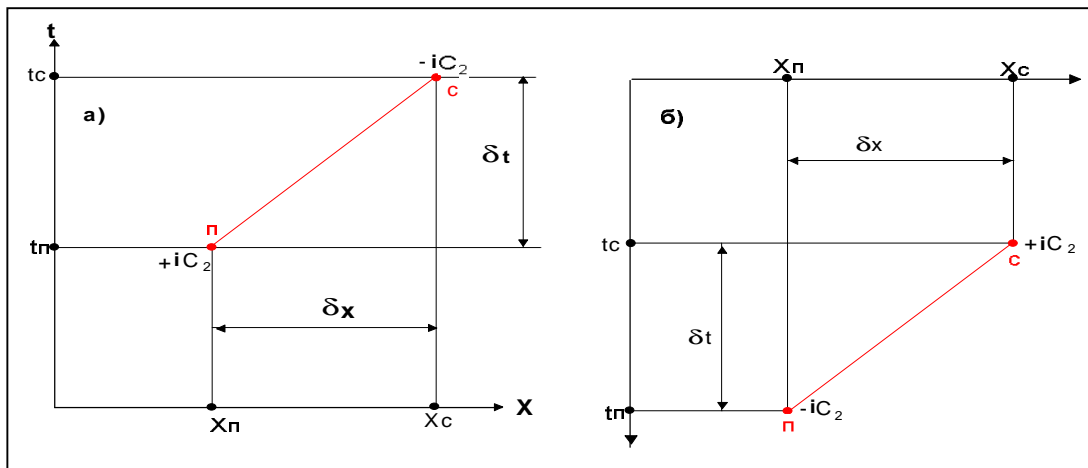


Рис. 10. Инверсия координатной системы при фиксированном направлении \mathbf{i} причинно – следственной связи. а) - исходное состояние системы; б) - состояние после инверсии.

$\mathbf{п}$ - точка «причина»; $\mathbf{с}$ - точка «следствие».

Следствие находится в будущем по отношению к причине, а причина в прошлом по отношению к следствию. Перенося точку зрения (при фиксированном направлении \mathbf{i}) из точки $\mathbf{П}$ («причина») в точку $\mathbf{С}$ («следствие»), мы меняем знак у δt , тем самым переходим к противоположной ориентации плоскости, перпендикулярной к оси причина-следствие (рис. 10(б)). Изменения типа координатной системы (на рис. 10 правой на левую) при фиксированном \mathbf{i} изменяет знак iC_2 . Если при переходе от причины к следствию изменить знак \mathbf{i} , то знак C_2 остается неизменным, а следовательно, iC_2 изменит знак и в этом случае. Покажем это более строго. В силу СРТ-теоремы (раздел 1.8) инверсия времени влечет инверсию пространства. Эта процедура причинно - следственного

перехода может быть описана матрицей поворота

$$T = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix}$$

Сохранение знака \mathbf{i} в точке «следствие» означает его противоположную ориентацию в точке «причина». Тогда C_2 и iC_2 меняют знак. Возможность перемены знака \mathbf{i} - есть условие возможности произвольной ориентации оси X ; при такой перемене в точке «следствие» C_2 сохраняет знак, iC_2 меняет знак.

Таким образом, с элементарным причинно - следственным звеном всегда связана пара $\pm iC_2$.

Как было отмечено выше, знак C_2 в фиксированной точке координатной системы должен определить эксперимент. Каким он должен быть Козырев находит из приведенных выше рассуждений, а именно: субстанциональный подход к феномену времени позволил выявить некоторую универсальную постоянную, которая определяет направленность времени как физический процесс. Этот процесс тождественен относительному вращению причины и следствия с линейной скоростью C_2 и осью, совпадающей с ортом \mathbf{i} . На основании этого для изучения возможных изменений причинных связей и хода времени следует ставить опыты с вращающимися телами. Прежде чем обратиться к экспериментам рассмотрим, каким образом может возникнуть некоторая добавочная сила, обусловленная ходом времени во вращающейся системе. Для этого рассмотрим идеальный гироскоп (волчок) - вращающуюся материальную точку, взаимодействующую с опорой - неподвижной материальной точкой.

Пусть X - точка «причина», движущаяся под действием приложенной к ней силы \mathbf{F}_x , воздействует на Y - точку «следствие». Неупругую силу воздействия \mathbf{F}_y можно представить выражением:

$$\mathbf{F}_y = \mathbf{F}_x - \frac{\delta \mathbf{P}_x}{\delta t} = \frac{\delta \mathbf{P}_y}{\delta t} \quad (3.24)$$

где \mathbf{P} - импульс; Для точки X д'Аламберовский убыток силы

$$\frac{\delta \mathbf{P}_x}{\delta t} = \mathbf{F}_x - \frac{\delta \mathbf{P}_y}{\delta t}. \quad (3.25)$$

В соответствии с выражениями (3.24), (3.25) точка X за интервал времени dt высвобождает свое количество движения $d\mathbf{P}_x$, которое переходит к точке Y . Обозначим через \mathbf{i} единичный вектор, указывающий направление действия причинно – следственной связи, то есть орт силы \mathbf{F}_y . Тогда

$$\mathbf{F}_y = \mathbf{iF}_y = \mathbf{i} \frac{\delta \mathbf{P}_y}{\delta t} = \mathbf{i} \frac{\delta \mathbf{P}_y}{\delta x} \frac{\delta x}{\delta t}, \quad (3.26)$$

где $dx/dt=C_2$, то есть

$$F_y = -iC_2 \frac{\delta P_y}{\delta x}. \quad (3.27)$$

Величина dP_y/dx инвариантна относительно хода времени, так как при любом ходе времени продолжительность событий может измеряться одной и той же единицей времени. Поэтому могут считаться неизменными не только x , но и P .

Противоположность знаков iC_2 в точке «причина» (X) и точке «следствие» (Y) означает, что реакция R в точке X выражается формулой:

$$R_x = -iC_2 \frac{\delta P_y}{\delta x}. \quad (3.28)$$

Выражение (3.28) означает, что наряду с действием точки X на точку Y обязательно существует равное по величине противодействие R_x точки Y на точку X . В этом смысле 3-й закон Ньютона является прямым следствием причинности и хода времени.

Если в выражение (3.22) подставить значения e (заряд электрона) и h (постоянную Планка), то получим

$$C_2 = a \cdot 350 \text{ км/с} \quad (3.29)$$

где a - безразмерный коэффициент. Тогда на основании (3.29) очевидно, что эффекты причинной механики могут рассматриваться в нерелятивистском приближении. Заметим, что (3.22) совпадает с выражением скорости электрона на борновской орбите. Если это совпадение неслучайное, то в возбужденных состояниях ход времени меньше, чем в основном, убывая по закону $1/n$ ($n=1,2,3, \dots$). Ниже, где будут описаны эксперименты, связанные с эффектами причинной механики, мы увидим, что это свойство хода времени неслучайное. Поэтому псевдовектор iC_2 будем рассматривать как квантовую величину, псевдовектор $\mathbf{j}u$ в системе, вращающейся со скоростью u вокруг оси \mathbf{j} - как классический. Обозначим через θ угол между единичными векторами \mathbf{i} и \mathbf{j} : $\theta = \mathbf{i} \wedge \mathbf{j}$. Положим, что ход времени изменился на величину $-\mathbf{j}u \cos \theta$ и стал равным $iC_2 - \mathbf{j}u \cos \theta$. Тогда в соответствии с формулой (3.27) и (3.28) преобразование сил запишется в виде:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_y^* &= (iC_2 - \mathbf{j}u \cos \theta) \frac{\delta P_y}{\delta x}, \\ \mathbf{R}_x^* &= -(iC_2 - \mathbf{j}u \cos \theta) \frac{\delta P_y}{\delta x}. \end{aligned} \quad (3.30)$$

Исключая из (3.27), (3.28) и (3.30) величину $\delta P_y/dx$, получим выражение для дополнительной силы, вызванной ходом времени и названной Козыревым силой причинности:

$$\begin{aligned} \Delta F_y &= -\mathbf{j} \frac{u}{C_2} \mathbf{F}_y \cos \theta, \\ \Delta R_y &= \mathbf{j} \frac{u}{C_2} \mathbf{F}_y \cos \theta = -\Delta F_y. \end{aligned} \quad (3.31)$$

Выражения (3.30), (3.31) несколько отличаются от полученных Козыревым тем, что он явно не различал квантовой и классической природы псевдовекторов iC_2 и ju соответственно.

Механизм появления дополнительных сил в соответствии с формулой (3.31), следуя Козыреву, можно представить следующим образом. Время «втекает» в систему через причину к следствию. Относительное вращение последних нарушает это «течение». В результате ход времени может создать дополнительные напряжения в системе, а следовательно, изменить ее потенциальную и полную энергию, а значит время обладает энергией. Поскольку на основании (3.31) дополнительные силы ΔF_y , ΔR_y равны и противоположно направлены, импульс системы не меняется, то есть время, обладая энергией, не имеет импульса. Слова «втекает» и «течение» взяты в кавычки, ибо никакого *течения* времени, аналогичного потоку реки, нет. Поэтому, как мы уже отмечали, термин «ход времени», данный Козыревым псевдоскаляру C_2 , неудачный. Забегая вперед, отметим, что проведенные с небесными телами эксперименты, направленные на обнаружение эффектов причинной механики, позволили сделать предположение, что *«в любой системе координат время появляется сразу во всей Вселенной. Поэтому действие времени осуществляется всюду в тот же момент»*. Этот вывод, сделанный Козыревым на основании экспериментов с небесными телами, уточняет приведенный им же механизм возникновения дополнительных сил в системе с причинно - следственными превращениями.

Теперь, когда казалось бы механизм появления дополнительной силы (силы причинности) нашел (по Козыреву) свое толкование, сразу возникает вопрос: «Почему эффекты причинной механики не были обнаружены давно и повсеместно?». Действительно, из оценки (3.29) следует, что $\Delta F/F$ имеет порядок 10^{-4} при $u=10\text{м/с}$ - величина не столь малая, чтобы быть необнаруженной на современном уровне. Тем более, что энергетические следствия подобных эффектов должны иметь место, вероятно, в очень широком круге необратимых процессов. Козырев дает ответ на этот вопрос, сравнивая ситуацию с физической лабораторией, помещенной на свободно летающем космическом корабле. Физик в этой лаборатории едва ли натолкнется бы на явление гравитации, хотя им управляется движение всех небесных тел, в том числе и самой лабораторией. Кроме того, шкала Кельвина - Гельмгольца для звезд коротка только в космологическом масштабе, относительные потери энергии настолько малы, что ничтожный компенсирующий удельный приток энергии (если он обусловлен принципиально новым видом взаимодействия) случайным образом заметить невозможно. К этому необходимо добавить, что дополнительной спецификой эффектов причинной механики является парность силы ΔF , то есть для ее макроскопической регистрации нужно макроскопическое разделение причин и следствий. Без осознания этого факта маловероятно поставить эксперимент, где ΔF будет систематически регистрироваться, а не списываться на случайные ошибки.

В механике Ньютона $\delta x \neq 0$, $\delta t = 0$, в атомной механике наоборот: $\delta x = 0$, $\delta t \neq 0$. Из этих соотношений и на основании (3.23) следует, что механика Ньютона соответствует Миру с бесконечным ходом времени ($C_2 = \infty$). В атомной механике ход времени отсутствует ($C_2 = 0$). При $C_2 = \infty$ дополнительные силы по формуле (3.31) исчезают, что соответствует механике Ньютона. Козырев отмечал, что механика Ньютона отвечает миру с бесконечно прочными причинными связями. Атомная механика представляет другой предельный случай мира с бесконечно слабыми причинными связями. Таким образом, механику, отвечающую принципам причинности, можно развивать путем уточнения механики Ньютона. Это уточнение на макроскопическом уровне должно привести к появлению эффектов, характерных для атомной механики. Эффекты, предсказанные теорией, как оказалось, отчетливо проявились в экспериментах, которые будут рассмотрены ниже. Здесь отметим, что совпадение формулы (3.22) с

выражением скорости электрона на боровской орбите уже наводит на мысль о возможных квантовых эффектах на макроскопическом уровне.

3.5. Развитие исходных положений причинной механики

Изложенные в предыдущем разделе теоретические предпосылки причинной механики представляют собой лишь зачатки теории, требующей дальнейшего глубокого осмысливания и развития. Фактически, Козырев успел обосновать теоретически лишь наличие силы причинности, обусловленной физическими свойствами времени. Поэтому развитие теории козыревской механики представляется актуальной задачей. Начинать ее решение надо со строгого обоснования постулатов причинной механики и, в частности, с получения строгой формулировки причинности и хода времени.

В точных и естественных науках строгое определение причинности, основанное на количественной характеристике, отсутствует. Главная и единственная причина отсутствия строгого обоснования принципа причинности в современных физических теориях лежит в самом фундаменте точных наук, в частности, теоретической механике, построенной на принципе *causa aequat effectum* (причина адекватна следствию).

Исходя из всеобъемлющего характера причинности, с одной стороны, и понятия энтропии, носящего тот же характер, с другой стороны, для строгого обоснования принципа причинности мы остановились на энтропийном подходе. В соответствии с теорией информации, оперирующей вероятностями состояний рассматриваемых систем или процессов, примем за X и Y некоторые их состояния. Будем считать распределение вероятностей $p(X)$ и $p(Y)$ известными. Тогда энтропии $H(X)$, $H(Y)$ состояний X , Y выразятся формулой (2.25), а их условные энтропии $H(Y|X)$, $H(X|Y)$ - формулой (2.28).

Образуем ряд нормированных величин:

безусловная асимметрия

$$a = H(Y)/H(X), \quad (0 \leq a \leq \infty); \quad (3.32)$$

условная асимметрия

$$\beta = H(Y|X)/H(X|Y), \quad (0 \leq \beta \leq \infty); \quad (3.33)$$

независимость Y от X и X от Y

$$i_{Y|X} = H(Y|X)/H(Y); \quad i_{X|Y} = H(X|Y)/H(X), \quad (0 \leq i \leq 1); \quad (3.34)$$

причинность

$$\Upsilon = i_{Y|X}/i_{X|Y} \quad (3.35)$$

Безусловная асимметрия a характеризует во сколько раз неопределенность или энтропия состояния Y больше (меньше) аналогичной для состояния X , то есть указывает на величину асимметрии энтропий. Очевидно, что при взаимно однозначной функциональной зависимости $a=1$.

Условная асимметрия β для причинно связанных состояний характеризует величину этой связи. При $\beta=0$ следует признать полную обусловленность состояния Y состоянием X ; при $\beta = \infty$ - наоборот.

Независимости $i_{Y|X}$, $i_{X|Y}$ определяют направленность зависимости состояний X, Y. Так, при $i_{Y|X}=1$ Y не зависит от X, при $i_{X|Y}=0$ Y является однозначной функцией X, то есть величина 1-i определяет одностороннюю зависимость состояний.

Величина Υ позволяет сделать однозначный вывод о наличии (отсутствии) причинной связи между состояниями X и Y, а также ответить на главный вопрос: какое из состояний является причиной, а какое следствием. При $\Upsilon=0$ Y является однозначной функцией X, но не наоборот. Это равенство указывает на предельно необратимый процесс $X \Rightarrow Y$. При $\Upsilon=1$ наличие причинной связи отсутствует, так как в этом случае X и Y в одинаковой степени зависят друг от друга - вырожденная причинность. При $\Upsilon=\infty$ X является однозначной функцией Y, но не наоборот, и определяет предельно необратимый процесс $Y \Rightarrow X$.

В дальнейшем рассмотренные величины будем называть параметрами причинности и обратим внимание на следующий важный факт. В идеальном случае по природе однозначной зависимости и при отсутствии каких-либо мешающих факторов или, как принято говорить в теории связи, помех, параметры причинности в акте причинно следственных превращений должны были бы принимать предельные значения. В реальных условиях наличие помех искажает их значения тем больше, чем больше помеха. Отсюда сразу следует прикладное значение введенных характеристик, позволяющих диагностировать величину помехи, а при определенных условиях и вид этой помехи.

Рассмотренные здесь параметры причинности позволяют выполнить классификацию всех типов процессов $X \overset{\leftarrow}{\rightsquigarrow} Y$. Для этого рассмотрим пространство параметров α , β , $i_{Y|X}$, изображенное на рис. 11. Оказывается в этом пространстве не все области разрешены для каких бы то ни было пар X, Y. Анализируя предельные случаи и используя свойства обратимости информации (2.33), можно показать, что запрещенными являются области со следующими значениями параметров: $\alpha < 1$, $\beta > 1$; $\alpha > 1$, $\beta < 1$; плоскость $\beta = 1$, за исключением линии пересечения с плоскостью $i_{Y|X} = 0$; плоскость $\beta = 0$, за исключением отрезка $\{0, 1\}$ и оси $i_{Y|X}$; плоскость $\alpha = 0$, за исключением линии $\alpha = 1$ и отрезка оси $\{0, 1\}$; плоскость $i_{Y|X} = 1$, за исключением линии $\Upsilon = 1$.

Как можно видеть на рис. 11, разрешенная область занимает в пространстве α , β , $i_{Y|X}$ своего рода объемную асимметричную «восьмерку». Принимая во

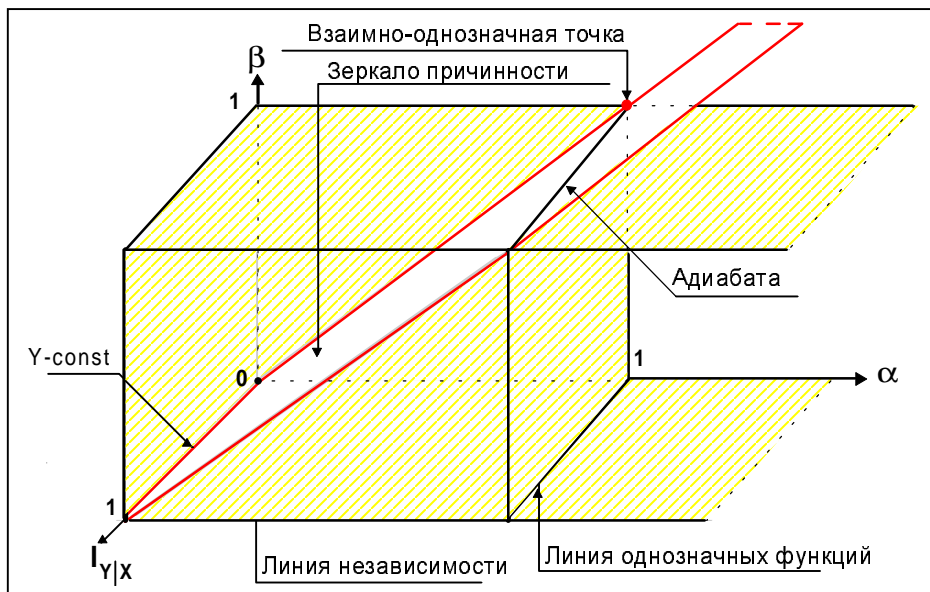


Рис. 11.
Энтропийная
диаграмма.

внимание смысл введенных параметров причинности назовем разрешенные области указанного пространства:

область нормальной причинности - $\Upsilon < 1$;

-зеркало причинности - $\Upsilon \rightarrow 1$;

-линия Υ -констант - $\Upsilon = \text{const}$ независимо от X ;

-линия однозначных функций - $i_{Y|X} = 0, \beta = 0, 0 < \alpha < 1$, здесь $H(Y | X) = 0$, то есть Y полностью определяется X , но не наоборот;

-линия независимости - $i_{Y|X} = 0, \alpha = \beta = 1$, здесь $H(Y | X) = H(X | Y) = 0$;

-адиабата - $\alpha = \beta = 1$, название связано с обычным определением адиабатического процесса, как изоэнтропийного.

Теперь можно дать формально строгое определение причины и следствия:

Причиной X и следствием Y называются состояния, для которых $\Upsilon < 1$.

Анализируя смысл величины Υ , нетрудно видеть, что наше определение включает не только козыревское понимание причинности, но и обычное интуитивное (по крайней мере, имея ввиду интуицию физика). Действительно, если мы говорим, что X причина, а Y следствие, мы имеем ввиду полностью или частично детерминированную зависимость Y от X , при которой обратная зависимость отсутствует. Наше определение, включая качественную сторону, позволяет дать количественную оценку этой зависимости: обратная зависимость меньше прямой и насколько именно. Интересно, что как раз полное отсутствие обратной зависимости невозможно: из (2.33), (2.34) следует, что $i_{Y|X} \Leftrightarrow i_{X|Y} = 1$ только на линии независимости. Иначе говоря, даже при предельно необратимом процессе ($\Upsilon = 0$) существует конечное обратное воздействие следствия на причину ($i_{X|Y} \neq 1$). Таким образом, помимо полной формальности, данное лаконичное определение имеет очевидное преимущество количественной меры перед общеупотребительной качественной. Возможность использования последней диктуется интуицией ученого, которая в силу объективных причин не может быть безграничной. Ограниченность интуитивного представления о причинности настолько диссоциирует с самим языком современной физики, что, по замечанию Козырева, вопрос «почему?» практически изгнан из точных наук и заменен вопросом «как?».

Из-за ограниченности скорости света, как мы видели в разделе 2.3, пространственно-подобная область является разрешенной областью следственных превращений. Диаграмма Минковского (световой конус) упорядочивает возможные области нахождения причин и следствий в пространственно - временном континууме. Энтропийная диаграмма (рис. 11), согласно которой любая причинно-следственная пара располагается над или под зеркалом причинности, кроме того, локализует их.

Введенная количественная мера Υ , являющаяся универсальной оценкой наличия (отсутствия) причинной связи исследуемых процессов, позволяет, во-первых, представить основные положения причинной механики, заложенные в трех козыревских аксиомах, в виде одной и, во-вторых, придать им количественную меру.

Примем обозначения: t - время, \mathbf{r} - пространственное положение.

Будем утверждать аксиоматически:

$$\Upsilon < 1 \Rightarrow t_y < t_x, \quad \mathbf{r}_y \neq \mathbf{r}_x$$

$$\Upsilon < 1 \Rightarrow t_y < t_x, \quad \mathbf{r}_y \neq \mathbf{r}_x$$

$$\Upsilon \rightarrow 1 \Rightarrow t_y \rightarrow t_x, \quad \mathbf{r}_y \rightarrow \mathbf{r}_x$$

(3.36)

В (3.36) заложена козыревская аксиома 1, аксиома 2 и 3 ослаблены, так как дискретность пространственно-временных различий (явная в козыревской трактовке) уже не требуется.

Выполненная формализация аксиоматики причинной механики, помимо прямого ее назначения, указывает на другое важное обстоятельство. Дело в том, что она построена с помощью современной, проверенной на практике теории. С этой точки зрения положения причинной механики косвенно содержатся в используемой теории, то есть для их формализации не понадобилась разработка нового физико-математического аппарата и даже- введение каких-либо допущений или приближений. Вышеуказанные параметры $(a, \beta, i_{y|x}, Y)$, полученные на основе энтропийных мер, позволили вывести строгое (в силу строгости исходной теории) определение аксиоматики причинной механики, а поскольку энтропийная мера отражает глубинные свойства Природы, следовательно постулаты Козырева прямо с ними связаны.

Теперь обратимся к соотношению (3.12), связывающему ход времени с фундаментальными постоянными e (заряд электрона) и h (постоянная Планка). Это соотношение было получено Козыревым на основании размерностей с учетом псевдоскалярности величин C_2 и h . Хотя этот метод и используется в физике, но не является сколько-нибудь строгим в любом смысле. Поэтому, используя аппарат причинного анализа, попытаемся получить данное соотношение более строго. Для этого рассмотрим причинно - следственное звено с причиной X и следствием Y с точки зрения обмена информацией. В основной теореме Шеннона для канала с шумами говорится о пропускной способности канала $C_{x \rightarrow y}$. Пропускная способность канала равна той максимальной скорости V передачи информации по данному каналу, которую можно достигнуть при самых совершенных способах передачи и приема. При принятых условиях

$$C_{x \rightarrow y} = V = 1/t_{x \rightarrow y}, \quad (3.37)$$

где $t_{x \rightarrow y}$ - длительность приема-передачи сигнала.

Пусть дискретный канал обладает пропускной способностью $C_{x \rightarrow y}$, а дискретный источник - энтропией в секунду $H(X)$. Если $H(X) < C_{x \rightarrow y}$, то существует такая система кодирования, что сообщения источника могут быть переданы по каналу с произвольной малой частотой ошибки (сколь угодно малой ненадежностью). Если $H > C_{x \rightarrow y}$, то можно закодировать источник таким образом, что ненадежность будет меньше, чем величины $H(X) - C_{x \rightarrow y} + \epsilon$, где ϵ сколь угодно мало.

Согласно этой теореме запишем выражения для $C_{x \rightarrow y}$ в виде

$$C_{x \rightarrow y} = \frac{1}{\delta t} \frac{H(Y) - H(Y|X)}{H(Y)} \quad (3.38)$$

или с учетом формулы (3.34)

$$C_{x \rightarrow y} = \frac{1}{\delta t} (1 - i_{y|x}) \quad (3.39)$$

Принимая во внимание выражение (3.37) и (3.39), величину, выражающую длительность приема сигнала, представим в виде

$$t_{x \rightarrow y} = \frac{\delta t}{1 - i_{y|x}}. \quad (3.40)$$

Аналогично для обратного перехода

$$t_{x \rightarrow y} = \frac{\delta t}{1 - i_{y|x}} \quad (3.41)$$

Из определения причины X и следствия Y ($\Upsilon < 1$) сразу следует неравенство $1 - i_{y|x} > 1 - i_{x|y}$. Вычитая (3.40) из (3.41), получим конечную разность

$$\Delta t = t_{y \rightarrow x} - t_{x \rightarrow y} = \delta t \left(\frac{1}{1 - i_{x|y}} - \frac{1}{1 - i_{y|x}} \right) \quad (3.42)$$

которая означает, что в любой промежуток времени следствие получает от причины больше информации, чем причина от следствия. Информационный избыток в следствии означает ни что иное, как необратимость потока информации или в терминологии причинной механики - превращение причины в следствие. Величина C_2 , определенная Козыревым как скорость такого превращения, с точки зрения обмена информации представляет скорость передачи информационного избытка:

$$C_2 = \frac{\Delta r}{\delta t} \frac{1}{(1/1 - i_{x \rightarrow y})(1 - i_{y \rightarrow x})} \quad (3.43)$$

Положим в (3.43) $\Delta r/\Delta t = k$ - некоторый коэффициент. Представим (3.43) в виде:

$$C_2 = k \frac{(1 - i_{x \rightarrow y})(1 - i_{y \rightarrow x})}{i_{x|y} - i_{y|x}} \quad (3.44)$$

И, наконец, с учетом выражения (3.35)

$$C_2 = k \frac{(1 - i_{x|y}/\Upsilon)(1 - i_{y|x})}{i_{y|x}(1/(\Upsilon - 1))} \quad (3.45)$$

Из (3.45) следует:

$$\begin{aligned} \Upsilon < 1, C_2 > 0; \\ \Upsilon < 1, C_2 < 0; \\ \Upsilon = 1, C_2 = \pm \infty. \end{aligned} \quad (3.46)$$

Выражение (3.46) в точности совпадает с козыревским утверждением об определении знака C_2 при определенных причинах и следствиях.

Обращаясь к рис. 11, заметим, что зеркало причинности - это плоскость, где C_2 достигает $\pm \infty$ и терпит разрыв. Очевидно, что на ограничивающей его линии констант C_2 не определено также, как и на линии независимости.

Нулевой ход времени строго невозможен. Возможно лишь $C_2 \rightarrow \infty$ при $\Upsilon \rightarrow i_{x|y}$, в частности, в окрестности линии однозначных функций.

Выражение (3.46), полученное на основании информационного подхода, с точностью до коэффициента k описывает козыревский псевдоскаляр C_2 . Значение коэффициента k пока остается неопределенным. Для выяснения этого вопроса рассмотрим причинно-следственное взаимодействие с точки зрения энергетического.

Пусть U - энергия взаимодействия X и Y . Тогда на основании соотношения неопределенностей для канонически сопряженной пары время - энергия (2.30) минимальный промежуток времени воздействия X на Y можно записать в виде

$$\inf t_{X \rightarrow Y} = h / U_{X \rightarrow Y}, \quad (3.47)$$

где $U_{X \rightarrow Y}$ - переданная от причины X следствию Y энергия, которую на основании полученных выше выкладок можно записать как

$$U_{X \rightarrow Y} = U(1 - i_{Y|X}), \quad (3.48)$$

где $U_{X \rightarrow Y}$ - энергия взаимодействия X и Y . Подставляя выражение для $U_{X \rightarrow Y}$ из (3.48) в (3.47), получим

$$\inf t_{X \rightarrow Y} = h / U(1 - i_{Y|X}) \quad (3.49)$$

Аналогично

$$\inf t_{Y \rightarrow X} = h / U(1 - i_{X|Y}). \quad (3.50)$$

Вычтем (3.49) из (3.50), получим

$$\Delta t = \frac{h}{U} \left(\frac{1}{1 - i_{X|Y}} - \frac{1}{1 - i_{Y|X}} \right). \quad (3.51)$$

В результате для псевдоскаляра $C_2 = \Delta r / \Delta t$ получаем выражение:

$$C_2 = \frac{U \Delta r (1 - i_{X|Y})(1 - i_{Y|X})}{i_{X|Y} - i_{Y|X}}. \quad (3.52)$$

Как легко видеть, выражение (3.52) с точностью до множителя $U \Delta r$ совпадает с выражением (3.44), то есть

$$k = \frac{U \Delta r}{h}. \quad (3.53)$$

Примем козыревское условие макроскопического нерелятивистского взаимодействия, которое на микроуровне элементарного причинно-следственного звена сводится к электромагнитному. Энергию взаимодействия сведем к обычной кулоновской $U = e^2 / \Delta r$, тогда на основании (3.53)

$$k = \frac{e^2}{h}, \quad (3.54)$$

что полностью соответствует выражению, полученному Козыревым из соображений размерности с учетом псевдоскалярности величин C_2 и h .

Изложенные в данном разделе теоретические положения выгодно отличают конструкцию времени Козырева тем, что прямо указывают путь эксперимента. Вместе с тем, как будет показано ниже, эти эксперименты привели к выводам, повлекшим новые, еще более интересные эксперименты.

Прежде чем перейти непосредственно к результатам опытной проверки положений причинной механики, отметим одно важное обстоятельство. Шкала Гельмгольца-Кельвина для звезд коротка только в космологическом масштабе, относительные потери энергии настолько малы, что ничтожный компенсирующий удельный приток энергии, обусловленный принципиально новым типом взаимодействия, случайным образом зарегистрировать невозможно. Специфичностью эффектов причинной механики является парность силы ΔF , то есть для ее макроскопической регистрации нужно макроскопическое разделение причин и следствий. Игнорирование этого факта практически исключает возможность осуществления эксперимента, в котором ΔF будет систематически регистрироваться, а не списываться на случайные ошибки.

3.6. Экспериментальная база причинной механики

Экспериментальное обоснование основных положений причинной механики, являющееся в физике главным критерием правильности теоретических предпосылок и, в частности, мощным аргументом в пользу реальности физических свойств времени, было начато Козыревым зимой 1951 г. С этого момента и до последних дней, отпущенных Николаю Александровичу Козыреву, он не прекращал эксперименты вместе со своими добровольными помощниками, сначала с доцентом В. Г. Лебейшом, а затем с инженером В. В. Насоновым.

Из теоретико-логических положений, приведших Козырева к выводу о взаимном вращении причин и следствий, следует, что опыты по изучению причинных связей и хода времени надо начинать с вращающихся тел – гироскопов.

3.6.1. Измерение силы причинности в гироскопической системе

Гироскоп - быстро вращающееся твердое тело (волчок), ось вращения которого может изменять свое направление в пространстве. Сохранить положение оси вращения неизменным можно с помощью подшипников. Однако существуют такие оси вращения тел, которые не изменяют своей ориентации в пространстве без действия на них внешних сил. Они называются свободными осями. В механике гироскопа сила тяжести не может изменить ориентацию его оси вращения, так как эта сила приложена к центру масс (центр вращения совпадает с центром масс), а момент силы тяжести относительно закрепленного центра масс равен нулю. Если момент внешних сил относительно его закрепленного центра масс равен нулю, то $dL/dt=0$, $L=const$ (рис. 12), то есть момент

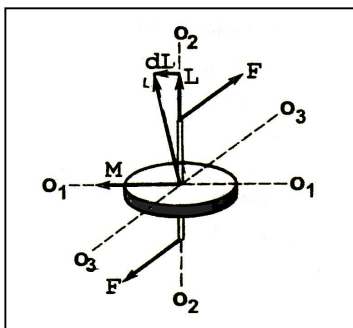


Рис.12. Распределение классических сил в гироскопической системе

количества движения гироскопа сохраняет свое значение и направление в пространстве. Неизменным будет и момент количества движения гироскопа относительно оси вращения, равный $L=J\omega$ (J -момент инерции тела, вращающегося с угловой скоростью ω) и направленный вдоль оси вращения. Следовательно, при данном условии ось вращения гироскопа сохраняет свое положение в пространстве. Если момент внешних сил, приложенный к вращающемуся гироскопу относительно его центра масс, отличен от нуля, то наблюдается явление, названное гироскопическим эффектом. Оно состоит в том что под действием пары сил F (рис. 12), приложенной к оси вращения, гироскоп поворачивается вокруг прямой O_3O_3 , а не вокруг прямой O_2O_2 (O_1O_1 и O_2O_2 лежат в плоскости чертежа, а O_3O_3 и силы F перпендикулярны ей). Если время действия силы мало, то хотя момент силы M и велик, изменение момента импульса dL гироскопа будет также весьма малым, а значит кратковременное действие сил практически не приводит к изменению ориентации оси вращения гироскопа в пространстве.

Если ось гироскопа закреплена подшипниками, то вследствие гироскопического эффекта возникают гироскопические силы, действующие на опоры, в которых вращается ось гироскопа. С точки зрения экспериментальной проверки положений причинной механики важным является тот факт, что сколь бы сложной ни была гироскопическая система, в ней нет классических сил, направленных вдоль оси вращения гироскопа. При отсутствии в гироскопической системе каких-либо необратимых процессов сила, действующая вдоль оси гироскопа, отсутствует и в причинной механике.

Козырев начинает свои эксперименты с опытов, подтверждающих, что закон сохранения импульса выполняется всегда и независимо от состояния вращающихся тел. Для этого вращающийся гироскоп взвешивался на рычажных весах. Конечно, целью этой проверки было не сомнение в теории гироскопа, а оценка возможных погрешностей в конкретной измерительной системе. При замедлении вращающегося по инерции гироскопа его момент вращения, передаваясь весам, приводит к неизбежному скручиванию подвесов. Избежать этого нежелательного эффекта возможно, поддерживая постоянным вращение гироскопа. Для этого Козыревым были использованы гироскопы авиационной конструкции, скорость которых поддерживалась переменным трехфазным током с частотой 50Гц. С этой же частотой происходило вращение ротора гироскопа. При взвешивании гироскоп находился в закрытой герметичной короб-ке, что совершенно исключало влияние конвекционной помехи (рис. 13).

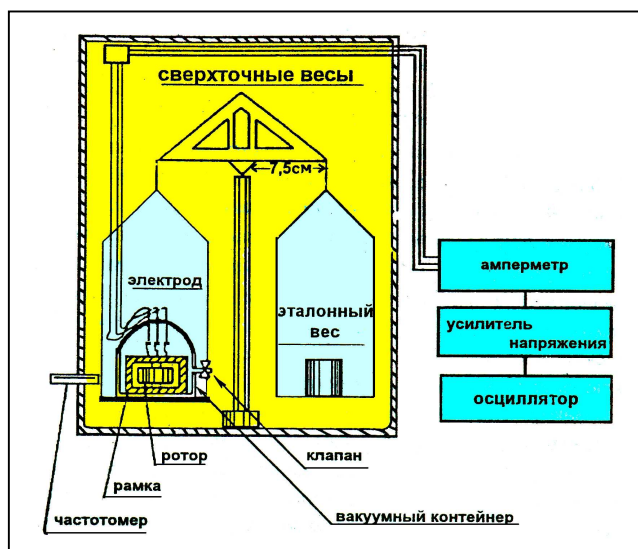


Рис. 13. Схема экспериментальной установки гироскоп- весы, используемая Н. А. Козыревым и японскими учеными, для измерения силы причинности.

Точность взвешивания была порядка 0,1-0,2 мг. При указанных условиях опыта и вращения гироскопа с разными скоростями вес его оставался неизменным, что, собственно, и является подтверждением отсутствия в конкретной гироскопической системе сил, действующих вдоль оси гироскопа. Например, для гироскопа с диаметром ротора, равным 4,2 см и весом 250 г, вращающегося с линейной скоростью 70 м/с, сила, действующая на весы, оставалась неизменной с точностью 10^{-6} . Козырев придавал огромное значение точности эксперимента.

При проведении эксперимента, связанного с определением точности взвешивания гироскопа с вертикальной ориентацией оси вращения, было замечено, что при передаче вибрации от гироскопа на стойку весов могут появляться изменения показаний весов, зависящие от скорости и направления вращения гироскопа. В случае вибрации самих весов коробка с гироскопом перестает быть строго замкнутой системой. Весы могут выйти из равновесия, если дополнительное действие гироскопа, возникающее от вращения, окажется перенесенным с оправы гироскопа на стойку весов. Для проверки этого положения была проведена серия экспериментов по взвешиванию вибрирующего гироскопа. В соответствии с замеченным эффектом возбуждение гироскопической системы осуществлялось путем искусственно созданной вибрации за счет энергии ротора и наличия люфта в его подшипниках. При возрастании энергии вибрации от нуля до определенной величины скачком возникает изменение веса. Эффект имеет противоположный знак при следующих условиях:

- при перенесении источника вибрации, расположенного в гироскопе с затуханием на опоре весов, на опору весов с затуханием в гироскопе;
- при изменении направления вращения.

В первом случае меняются местами причина и следствие, так как возбуждение осуществлялось вибрацией, источник которой локализовал причину, затухающую в области, локализующей следствие. Этот эффект был предсказан теорией. Порядок изменения веса достигал 10^{-4} строго пропорционально линейной скорости вращения.

Вибрация может ухудшить работу весов из-за возможного появления нелинейных эффектов. В связи с этим Козырев проанализировал возможные погрешности вибрационных весов и показал их пренебрежимо малую роль. На наш взгляд, главным аргументом в пользу достоверности опытов являются предсказанные теорией перемены знака силы, исключаящие любые возможности объяснений с позиций классической механики.

Включение вибрации в систему гироскоп - рычажные весы позволило на макроскопическом уровне локализовать причину и следствие. В результате оказалось возможным экспериментально установить эффекты причинной механики - изменение веса гироскопа, предсказанного теоретически, и получить количественную оценку связи между величиной вибрации и наблюдаемым эффектом. При определенном характере вибрации отмечалось значительное уменьшение веса гироскопа при вращении против часовой стрелки, если на ось вращающегося гироскопа смотреть сверху. При вращении по часовой стрелке в тех же условиях показание весов практически оставалось неизменным. Эксперименты, поставленные с гироскопами разного веса и радиуса ротора при различных угловых скоростях вращения, показали, что уменьшение веса гироскопа происходит точно в соответствии с формулой (3.31). Так, при вращении гироскопа с характеристиками: $D=4,6$ см (D - диаметр ротора), $Q=90$ г (Q - вес гироскопа), $u=25$ м/с (u - линейная скорость вращения) уменьшение веса составило $\Delta Q=-8$ мг. При вращении по часовой стрелке всегда $\Delta Q=0$.

Совершенно аналогичный результат был получен почти тридцать лет спустя японскими учеными из Токийского университета. Несколько слов об их «открытии». В физическом журнале *Physical Review Letters* была опубликована статья профессора Н.

Haysaka и доктора S. Takeushi, в которой описывается (буквально до деталей) опыт Козырева со взвешиванием гироскопа. В статье ссылок на работы Козырева нет. Появление дополнительной силы в опытах с гироскопом, неизвестной классической механике, вызвало в ученых кругах Токийского университета определенный ажиотаж, что, собственно, и явилось причиной «сенсационного» сообщения, помещенного в престижный физический журнал. Природа этой «мистической» силы для японских физиков осталась загадкой. Мы связались с японскими учеными, сообщив в письме о работах Козырева, на что получили вежливый ответ с благодарностями и сообщением, что работы Козырева им неизвестны. Несколько позже на страницах этого же журнала развернулась дискуссия между французскими, американскими и японскими физиками. Не вдаваясь в детали этой полемики, отметим, что последние доказывали реальность полученной ими в опытах с вращающимся гироскопом силы, действующей вдоль оси вращения гироскопа, первые списывали эти силы на счет погрешностей измерений. Насколько нам известно, ни французские, ни американские ученые вибрацию в систему гироскоп - весы не вводили. Поэтому результат их аналогичен козыревскому на этапе проверки нуля весов. Что касается японских ученых, то в их статье также не упоминается использование в опытах вибрации, хотя с учетом характеристик гироскопа, которые практически совпадали с характеристиками одного из гироскопов, используемых Козыревым, величина добавочной силы оказалась очень близкой к полученной в его опытах. Это «совпадение» наводит на мысль, что, возможно, совершенно случайно в опытах японских физиков вибрация присутствовала (например, изъём в подшипниках гироскопа и т.п.).

Когда Козырев ориентировал ось гироскопа горизонтально, то на основании многочисленных экспериментов уменьшение веса составляло в среднем 4мг. Таким образом, любое вибрирующее тело в условиях поставленных опытов должно показывать уменьшение веса. Позже Козырев приходит к выводу, что данный эффект связан с вращением Земли, о чем специально мы поговорим ниже. Эдесь же важен эффект уменьшения веса. Этот результат так же, как и в случае вертикальной ориентировки оси гироскопа, находится в полном соответствии с формулой (3.31).

На основании полученных количественных оценок дополнительной силы ΔF из соотношений (3.31) легко получить значение универсальной постоянной C_2 . Значение этой величины, по мере усовершенствования экспериментальных установок и изоляции помех, Козыревым неоднократно уточнялось. В соответствии с данными последних его работ $C_2=2200\text{км/с}$ в правой системе координат.

Согласно определению вектора \mathbf{j} , направленного в правой системе координат в ту сторону, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки, при уменьшении веса он направлен вверх, а при увеличении веса - вниз. Это соотношение знаков рассматриваемых ортов находится в полном соответствии с формулами в выражении (3.30). Следовательно, ход времени нашего Мира положителен в правой системе координат.

В связи с конкретным значением величины C_2 отметим, что отношение $\alpha=C_2/c_1$ (c_1 - скорость света) равно постоянной тонкой структуры Зоммерфельда ($\alpha=1/137$) - величине, характеризующей вероятность испускания или поглощения электромагнитного кванта, вероятность превращения этого кванта в пару электрон-позитрон или аннигиляции этой пары в электромагнитный квант. Происхождение этой фундаментальной постоянной, полученной Зоммерфельдом при оценке тонкой структуры уровней энергии в атоме водорода, до настоящего времени остается по выражению Фейнмана *«одной из величайших проклятых тайн физики, магическим числом, которое человек совсем не понимает»*. Причинная механика проливает свет на эту «величайшую тайну», раскрывая ее простым отношением двух фундаментальных скоростей - C_2 и c_1 .

Возможность регулирования величины вибрации, вносимой в систему гироскоп - весы, позволила установить важный факт, состоящий в том, что при непрерывном нарастании энергии вибрации сила причинности при достижении данного порога увеличивается скачками. В результате наблюдалась серия квантованных величин $1/2\Delta F$, ΔF , $2\Delta F$, $3\Delta F$, Пороговые энергии возбуждения образуют тот же ряд. Данный эффект, раскрывая квантовый характер силы причинности на макроскопическом уровне, объясняет введенное нами различие в определении псевдовектора iC_2 , как квантового, а ju – как классического.

Из серии опытов с вибрирующим гироскопом, помимо того, что они дали прямое подтверждение исходных положений причинной механики, прямо следует принципиально новый результат: вследствие того, что дополнительные силы действия и противодействия разнесены в системе гироскоп - весы (стойка весов и сам гироскоп, соответственно), возникает пара сил, то есть время обладает не только энергией, но и моментом вращения, передаваемым системе. Эта серия опытов нашла свое логическое продолжение в опытах с маятником, роль которого выполняет вибрирующий гироскоп с горизонтальной осью, подвешенный на длинной тонкой нити. Эти опыты, помимо их прямого назначения, явились контрольными для описанной серии опытов с весами.

В отсутствии вибрации, как и в вышеописанных опытах, эффект не наблюдался, то есть нить оставалась в строго вертикальном положении. При внесении вибрации в систему наблюдалось отклонение нити от отвеса. При заданном значении скорости и вращения ротора гироскопа это отклонение составляет постоянную величину и направлено в сторону, откуда вращение происходило против часовой стрелки. Так, при длине нити $l=2\text{м}$ и $u=25\text{м/с}$ отклонение составило $0,07\text{ мм}$, что соответствует отклонению нити от отвеса на угол $\alpha=0,002^\circ$. Тогда, как нетрудно убедиться, горизонтальная добавочная сила

$\Delta F = mg \cdot \text{tga} = 3,6\text{мг}$. Как видно, эта величина добавочной силы (силы причинности) близка к результатам взвешивания.

Таким образом, эффект появления ΔF наблюдался и имел те же особенности, что и при опытах с рычажными весами: зависимость знака силы от перестановки причины и следствия и направления вращения гироскопа; величина ΔF пропорциональна u и также образует серию квантовых величин, зависящих от энергии вибрации.

3.6.2. Измерения силы причинности, использующие гироскопический эффект Земли

Пусть u - линейная скорость вращения точки, расположенной на поверхности Земли и находящейся в гравитационном взаимодействии со всеми другими точками земного шара. Их средняя скорость \bar{u} определяется интервалом изменения линейной скорости точки на полюсе, равной нулю, и u_0 -на экваторе. Поэтому, рассматривая Землю, как огромный волчок, при наличии причинной связи, в силу рассмотренных выше эффектов, с планетой должны быть связаны дополнительные силы, действующие параллельно ее оси, подобно силам, действующим на гироскоп при его вращении со скоростью $u - u_0$ относительно опоры. Это предположение приводит Козырева к выводу, что на поверхности Земли должны действовать силы хода времени

$$\Delta Q = \frac{-j(u - u_0)}{C_2}, \quad (3.55)$$

где j - орт вращения Земли, направленный к югу, Q - действие силы веса на опору.

В недрах Земли действуют силы противоположного направления и в соответствии с законом сохранения импульса центр тяжести Земли не смещается. В полярных областях $u < u_0$, следовательно, в обоих полушариях ΔQ будет направлено к югу. Тогда в каждом полушарии должна быть параллель, на которой $\Delta Q=0$. Легко представить, что вследствие такого распределения сил и благодаря им Земля должна принять форму кардиоиды, вытянутой к югу, с коэффициентом асимметрии η :

$$\eta = \frac{b_s - b_n}{2a}, \quad (3.56)$$

где a – большая полуось земного эллипсоида, b_s, b_n - расстояние от южного и северного полюсов до экваториальной плоскости, соответственно. Эти рассуждения были подтверждены Козыревым экспериментально. В этих экспериментах сначала были рассмотрены эффекты, возникающие при вибрации тяжелого тела на поверхности Земли. В результате причинно-следственная связь внутри Земли создает на ее поверхности вместо обычного хода времени iC_2 ход времени $\pm [iC_2 - j(u - u_0)]$. Козырев приходит к выводу, что на поверхности Земли на тело, с которым связана причина, должна действовать дополнительная сила ΔQ , определяемая выражением (3.55) и направленная по оси Земли к северу. В точке, где находится следствие, должна действовать сила противоположного знака, направленная к югу. В соответствии с лабораторными опытами по взвешиванию гироскопа такое распределение сил при вибрации тяжелого тела на поверхности Земли должно облегчить вес этого тела. Если источник вибрации связан с опорой, тело должно утяжелиться. Значит при землетрясениях наш вес увеличивается.

Опыты по изучению сил причинности, связанных с вращением Земли, были осуществлены Козыревым с помощью внесения вибрации на опору коромысла плечевых весов. В этих опытах весы с подвешенным на резинке к коромыслу грузом действительно показывали утяжеление груза. Многократными опытами было доказано, что увеличение веса, то есть вертикальная компонента ΔQ силы причинности, пропорциональна весу тела Q . Так, на широте Пулково $\Delta Q_z/Q = 2,8 \cdot 10^{-5}$. Горизонтальная составляющая ΔQ_s силы причинности определялась по отклонению маятников разной длины (от 2 до 11м) при вибрации точки под-веса. При таких вибрациях маятники в соответствии с утяжелением груза на ве-сах отклонялись к югу. Например, при $l=3,2\text{м}$ $\Delta l_s=0,052\text{мм}$, откуда $\Delta Q_s/Q = \Delta l_s/l = 1,6 \cdot 10^{-5}$. Здесь уместно вспомнить, что при проведении известных опытов Рейхам величина отклонения падающих тел к югу в шахтах Фрейбурга ($\varphi = 48^\circ \text{с.ш.}$) составила 4,4мм. Откуда из формулы $\Delta l_s/l = -(\Delta Q_s/Q)$, выражающей отклонение к югу свободно падающего тела, следует, что $\Delta Q_s/Q = 2,8 \cdot 10^{-5}$, что находится в хорошем согласии с результатом, полученным Козыревым. Кроме того, учитывая, что сила ΔQ направлена по оси Земли, $\Delta Q_z/\Delta Q_s = \text{tg}\varphi$, где φ - широта наблюдений. Вычисленные таким образом значения широты оказались для Пулково меньше на $16'$ и для Кировска больше на $21'$. Самый интригующий результат из серии опытов, выполненных Козыревым на разных широтах северного полушария, состоит в том, что действительно существует параллель, где отсутствуют силы причинности, связанные с вращением Земли: $\Delta Q=0$ на широте $\varphi = 73^\circ 05'$!

Принимая за основу выкладки, выполненные Козыревым в связи с эффектами хода времени, связанные с вращением Земли, а также результаты проведенных экспериментов, рассмотрим теоретический аспект распределения силы причинности на вращающейся Земле.

Выделим на поверхности Земли единичный объем массой ρg (ρ -плотность). Выделенный объем участвует в суточном вращении Земли с линейной скоростью

$$u = a\omega = \omega r \cos\varphi, \quad (3.57)$$

где a - радиус малого круга, (ω - угловая скорость вращения Земли, r - радиус сферы, (φ - геоцентрическая широта (рис. 14).

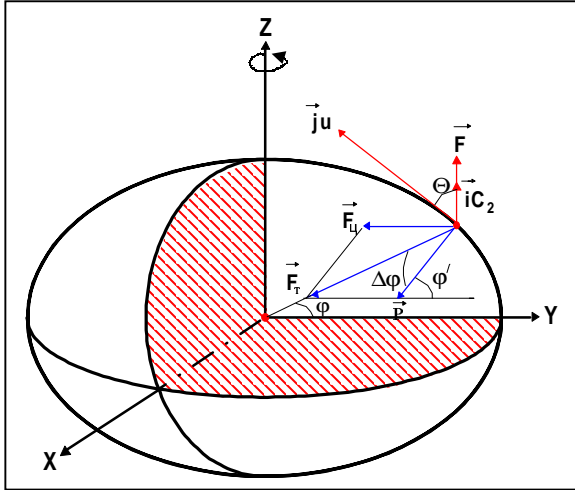


Рис. 14. Распределение классических сил и силы причинности, действующих на единичный объем на Земле.

Сила F_y , обусловленная действием силы тяжести, будет равна

$$F_y = -\rho g |\sin\varphi'|, \quad (3.58)$$

где (φ' -географическая широта. Примем, что сила тяжести $P=\rho g$, действующая на выделенный единичный объем, направлена по радиусу Земли, то есть совпадает с силой тяготения F_T (рис. 14). Тогда разность $\Delta\varphi$ между географической и геоцентрической широтами будет равна нулю.

Сила причинности F при принятом приближении, действующая на единичный объем, в соответствии с (3.31) выразится формулой:

$$\mathbf{F} = \mathbf{j} \frac{\omega r \cos\varphi}{C_2} |\sin\varphi| \rho g = \mathbf{j} \frac{\omega r}{2C_2} |\sin 2\varphi| \rho g \quad (3.59)$$

Сила F действует во всех точках Земли параллельно земной оси на север. Сохранение импульса требует существование силы реакции R , направленной параллельно оси на юг так, что

$$\int \mathbf{F} dV = \int -\mathbf{R} dV, \quad (3.60)$$

где интегрирование ведется по всему объему V Земли. При этом можно считать интегральную реакцию приложенной к центру Земли, что эквивалентно ее равномерному распределению по сфере радиуса r . Интегрирование правой части выражения (3.60) дает:

$$\mathbf{R} = -\mathbf{j} \frac{\omega r}{\pi C_2} \rho g. \quad (3.61)$$

При интегрировании принято, что ρ зависит только от r . Результирующая сила $Q=F+R$ на широте φ будет равна:

$$Q = j \frac{\omega r}{C_2} \rho g \left[0,5 \left| \sin 2\varphi - \frac{1}{\pi} \right| \right]. \quad (3.62)$$

На рис. 15 представлено зональное распределение силы причинности, действующей на вращающейся Земле. Как было сказано выше, рассматриваемая сила имеет противоположный знак для причин и следствий. Задача выделения в физическом процессе *a priori* причин и следствий имеет принципиальное значение. При наличии наблюдаемых данных исследуемых физических процессов строго эту задачу можно решить на основании причинного анализа, рассмотренного нами в разделе 3.4. Однако для определенного класса физических процессов эта задача может быть решена на основании анализа направления потока свободной энергии: поток энергии всегда направлен от причины к следствию. Например, твердое тело Земли отдает тепло в окружающее пространство. Следовательно, ее можно считать находящейся в «области причин». Рассматривая систему Земля - атмосфера аналогичным образом, легко видеть, что атмосфера находится в «области следствий». В выражении (3.62) знак «+» взят для «причин», то есть для твердой Земли.

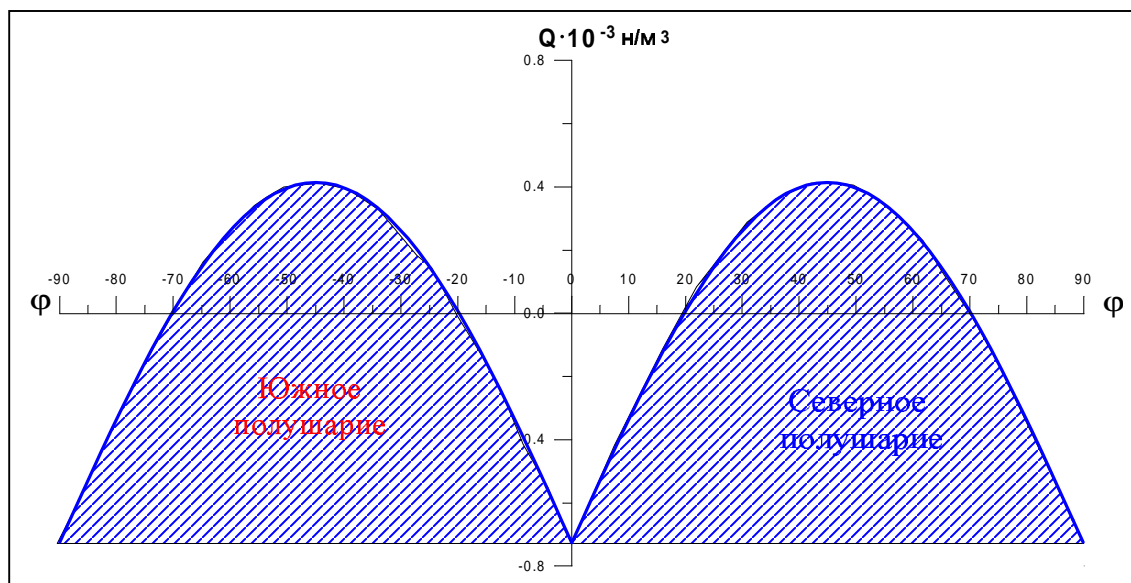


Рис. 15. Зональное распределение силы причинности по Земле (для $\gamma=1\text{кг/м}^3$) прямыми измерениями, проведенными Козыревым на различных широтах северного полушария. В частности, как было сказано выше, он получил критическую параллель $\varphi = 73^\circ 05'$, где сила причинности, переходя через ноль, меняет знак. Формула (3.62) дает теоретическое значение ($\varphi_k = 70^\circ 3'$, что учитывая принятые упрощения $\Delta\varphi=0$, $\rho=\rho(r)$, $g=\text{const}$ при $r=\text{const}$, является хорошим приближением.

Формула (3.62), выведенная исходя из основных положений причинной механики применительно к вращающейся Земле, как будет показано ниже, позволила объяснить некоторые геофизические факты, труднообъяснимые с обычных позиций. Рассмотрим их.

Форма фигуры Земли в третьем приближении имеет вид кардиоидального эллипсоида со впадиной на южном полюсе и поднятием на северном с коэффициентом асимметрии (3.56) $\eta \sim 10^{-5}$. Попытка объяснить такую фигуру Земли случайной

концентрацией масс в северном полушарии неубедительна, ибо эту малую вероятность пришлось бы экстраполировать на другие планеты из-за обнаружения в их фигурах аналогичной асимметрии, прямо связанной со скоростью вращения планет.

Такой глобальный природный эффект, как асимметрия в фигурах планет, должен быть вызван закономерными асимметричными силами, действующими вдоль их осей вращения. Однако, о чем уже говорилось, классическая механика не знает связанных с вращением асимметричных сил. Но такие силы знает причинная механика! Поэтому возможно, и мы в этом скоро убедимся, что сила причинности, действующая вдоль оси вращающегося волчка, может пролить свет на факты, связанные с асимметрией в фигурах планет. Для выяснения этого вопроса, принимая во внимание, что в геофизике вертикальные и горизонтальные силы играют существенно различную роль, рассмотрим их в отдельности. Начнем с вертикальной составляющей Q_r .

Опуская промежуточные выкладки, не представляющие каких-либо трудностей, вертикальную компоненту Q_r запишем в виде

$$Q_r = \frac{\omega r}{C_2} \rho g \left(0,5 |\sin 2\varphi| - \frac{1}{\pi} \right) \sin \varphi . \quad (3.63)$$

При рассмотрении векторных физических полей важным является понятие дивергенции. Наиболее наглядное представление этого понятия дает рассмотрение векторного поля скоростей текущей жидкости $v(r)$. Для этого рассмотрим наклоненный цилиндр с основанием ds и образующей v (рис. 16). Легко видеть, что через произвольно малую площадку ds за одну секунду протекает то количество жидкости, которое занимает объем указанного цилиндра. Обозначим это количество через dN , называемое потоком через малую поверхность ds . Тогда дивергенция векторного поля $v(r)$ в данной точке определяется как отношение потока dN через поверхность ds , окружающую эту точку, к объему dv , ограниченному этой поверхностью:

$$\operatorname{div} V = dN/dv.$$

Отсюда и произошел термин *дивергенция* (расходимость): жидкость растекается из тех точек (источников), где $\operatorname{div} V > 0$ и, наоборот, стекается туда, где $\operatorname{div} V < 0$ (в этом случае говорят о *конвергенции* - сходимости).

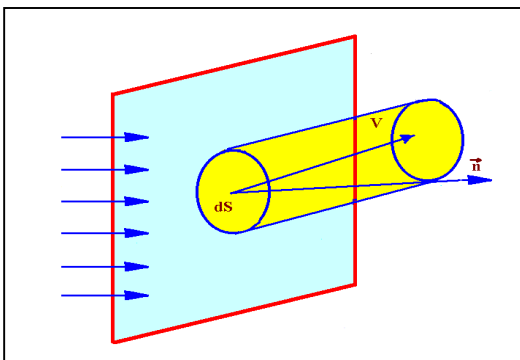


Рис. 16. Иллюстрация к понятию дивергенции векторного поля

Учитывая сказанное, возвращаясь к силе Q_r , заметим, что в геологическом масштабе времени результат ее действия можно заменить через дивергенцию вертикальной составляющей Q_r :

$$\operatorname{div} Q_r = \pm \frac{\omega}{C_2} \rho g \left(0,5 |\sin 2\varphi| - \frac{1}{\pi} \right) \sin \varphi \quad (3.64)$$

В (3.64) $g \sim r$ и знак «+» берется для северного полушария, «-» - для южного.

Глобальную асимметрию Земли можно проследить на глобусе и тектонических картах мира: на поверхности Земли отчетливо выделяются материковые и океанические полушария. Естественный спутник Земли - Луна также асимметричен и разделяется на два различных по структуре сегмента. По данным снимков, полученных с космических аппаратов, полушарие, обращенное к Земле, характеризуется распространением лунных морей, тогда как на обратной стороне морей почти нет, а распространены лунные материки. Глобальная асимметрия характерна и для других планет земной группы - Марса, Юпитера и Меркурия. Таким образом, можно констатировать, что как на Земле, так и на планетах земной группы и Луне, имеют место физические процессы, связанные с вертикальным растяжением и сжатием. Выделение в процессе дифференциации вещества мантии более легкой гранитоидной массы, контролируемое, в основном, реакцией $MgSiO_3 \rightarrow Mg_2SiO_4 + SiO_2$, идет быстрее при уменьшении давления, то есть в условиях вертикального растяжения, следовательно, зоны, где $divQ_r > 0$, являются более благоприятным для формирования коры материкового типа. Зоны же, для которых $divQ_r < 0$, отвечающие сжатию, более благоприятны для базификации. Сказанное наглядно подтверждает рис. 17, где представлены кривые зависимости зонального распределения суши и моря, а также $divQ_r$. Как видно из рис. 17, указанные кривые достаточно близки. Учитывая их далеко нетривиальный вид, можно утверждать, что именно «поле» силы причинности, влияя на процессы дифференциации, оказало в геологическом масштабе времени решающее влияние на формирование зонального распределения типов коры.

Особенности кривой распределения $divQ_r$ позволяют дать физическое обоснование выделенных Каттерфельдом на основании морфологического подхода антисимметричных относительно экватора кругов на Земле, а именно, кругам антисимметрии полярных стран (71°), северному эпейрогеническому ($+62^\circ$) и южному талассогеническому (-62°). Вертикальная составляющая Q_r силы причинности Q ответственна за деформацию равновесной фигуры Земли. В настоящее время принятое выражение для сфероида, наиболее близкое к истинной фигуре Земли, записывается в виде уравнения силы тяжести на поверхности. Это уравнение основано на обратной зависимости между

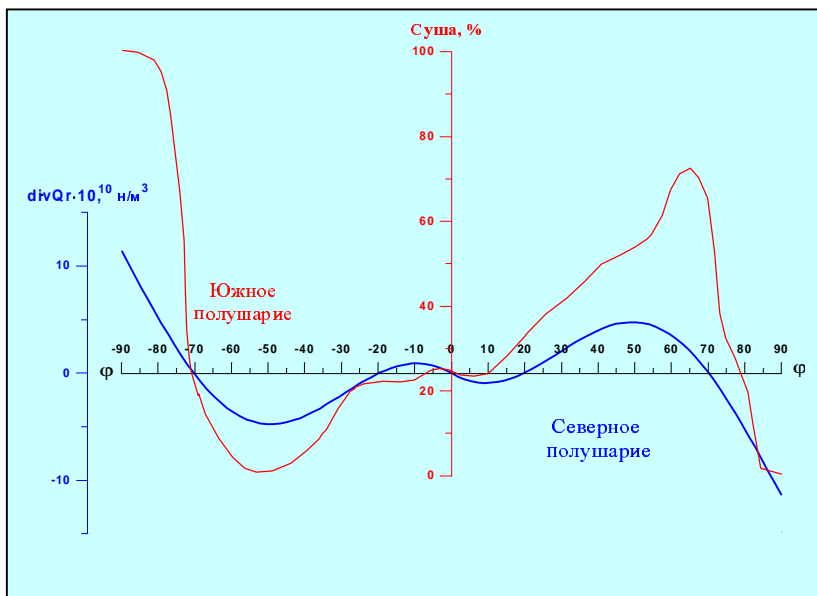


Рис. 17. Зональное распределение суши и дивергенции вертикальной составляющей силы причинности.

радиусом и силой тяжести (там, где сила тяжести больше, радиус меньше, и наоборот):

$$\varphi = c_1 + c_2 \sin^2(\varphi) + c_3 \sin^3(\varphi) - c_4 \sin^2(2\varphi) + c_5 \sin(\lambda - \lambda_{\min}). \quad (3.65)$$

В (3.65) $c_1 = g_e$ - истинное среднее значение ускорения силы тяжести на экваторе; $c_2 = \omega^2 a$ - центробежное ускорение на экваторе (a - экваториальный радиус); $c_3 = (R_N - R_S)/2$ - полуразность полярных радиусов ($R_N - R_S = 55$ м); $c_4 \sim 5$ м - учитывает небольшую депрессию на средних широтах из-за скачка плотности Земли на глубине $\sim 0,5$ г; c_5 - среднестатистическая разность между максимальными и минимальными значениями силы тяжести по меридиональным линиям Шри-Ланка (пониженное значение силы тяжести) - Соломоновы Острова и Исландия - Кейптаун (повышенное значение силы тяжести); λ_{\min} - долгота гравита-ционного минимума у Шри-Ланка.

Фигура, описываемая выражением (3.65), остается эллипсоидом, но уже не эллипсоидом вращения. Каждая из констант $c_1 - c_5$ представляет оценку поле-вых измерений с минимальной среднеквадратичной ошибкой.

Таким образом, выражение (3.65) из всех существующих математических моделей, описывающих сфероидальные фигуры Земли, наиболее приближается к ее истинной фигуре.

Асимметрия поля тяготения Земли вызывает аномалии J , которые проявляются в движении искусственного спутника Земли (ИСЗ). На его движение влияют так же возмущения высшего порядка от масс. Большой вклад в определение формы геоида по анализу движения ИСЗ внес Е. Кодзай. В рамках поставленного нами вопроса о решающем действии в геологическом масштабе времени вертикальной составляющей силы причинности на формиро-вание фигуры Земли, самым значительным из полученных им результатов является то, что геоид оказывается несимметричным относительно экватора в направлении север-юг. Силовая функция притяжения точки с массой, равной единице и находящейся вне Земли, выражается формулой: $W = G \int \frac{1}{l} dm$, где l - расстояние элементов массы Земли dm от притягиваемой точки, G - постоянная тяготения. Разложение $1/l$ в степенной ряд

$$l^{-1} = l r^{-1} \{ 1 + \frac{r}{l} P_1 + (\frac{r}{l})^2 P_2 + \dots \}$$

приводит к сферическим функциям от сферических геоцентрических небесных координат притягиваемой точки r', θ', Φ' (r' - радиус - вектор, θ' - дополнение геоцентрической широты, Φ' - геоцентрическая долгота, r - расстояние элемента массы dm от центра Земли). Для расчета потенциальной энергии W точечной массы по измерениям отклонений ИСЗ от их эллиптических орбит, после подстановки, получим выражение:

$$W = g_e R \left\{ \begin{aligned} & \left(\frac{R}{r'} \right) + j_1 \left(\frac{R}{r'} \right)^3 \left(\frac{1}{3} \cdot \cos \theta' \right) + j_2 \left(\frac{R}{r'} \right)^3 \sin^2 \theta' \cos 2(\Phi' - \Phi_e) + \\ & + j_3 \left(\frac{R}{r'} \right)^4 (5 \cos^3 \theta' - 3 \cos \theta') + \\ & + j_4 \left(\frac{R}{r'} \right)^5 (35 \cos^4 \theta' - 30 \cos^2 \theta' + 3) + \dots \end{aligned} \right. \quad (W.1)$$

В (W.1) R - экваториальный радиус.

В разложении (W.1) коэффициент $J_3 = 1/5MR^2 \int P_3 r^3 dm$ при несимметричном относительно направления север-юг полиноме оказался отрицательным и не слишком малым ($-2,54 \cdot 10^{-6}$). На северном полюсе ($\theta=0$) потенциал W за счет этого члена несколько увеличивается, а на южном ($\theta=\pi$) - уменьшается, т.е. его зональное распределение находится в полном согласии с распределением потенциала U

вертикальной составляющей силы причинности Q_r (см. ниже). Нам представляется маловероятным, даже с точки зрения глубокого скептицизма, расценивать этот факт, как случайное совпадение.

На рис. 18 приведена поверхность геоида в виде отклонений нормальной силы тяжести от ее значения на экваторе, на рис. 19 - поверхность отклонения геоида от эллипсоида со сжатием, соответствующим рассчитанному по данным анализа движений искусственных спутников Земли* значению J_2 с учетом коэффициента J_3 в разложении гравитационного потенциала в ряд по полиномам Лежандра. В табл. 2.2 приведены результаты расчета коэффициентов J_2 и J_3 в сравнении с полученными Ё. Кодзай. Как видно из таблицы расхождения между значениями для обоих коэффициентов в седьмом знаке. Учитывая, что расчеты коэффициентов J_2 и J_3 проводились нами и Ё. Кодзай по различным данным (данные, представленные Р. Ньютоном, относятся к 1989-1990гг., а используемые Ё. Кодзай - к 1968г.), полученный результат представляется достаточно надежным.

**Коэффициенты j_2, j_3 потенциальной энергии
W точечной массы**

Авторы	J_2	J_3
Ё. Кодзай (1968г.)	0.0010826	-0.0000024
М. Арушанов, (1997г.)	0.0010821	-0.0000023

На рис. 20 представлена поверхность вертикальной составляющей силы причинности. Анализ поверхностей, представленных на рис. 18-20 показывает, что форма поверхности геоида (фигура Земли) соответствует форме поверхности вертикальной составляющей силы причинности при их далеко нетривиальном виде распределения. Этот результат указывает на то, что вертикальная составляющая силы причинности ответственна за деформацию равновесной фигуры Земли.

Знак потенциала вертикальной составляющей силы причинности, который выражается формулой:

$$U = -\frac{\omega r}{3C_2} \left[\rho g \left(|\sin 2\varphi| - \frac{1}{\pi} \right) \sin \varphi \right]_{g \sim r}, \quad (3.66)$$

совпадает со знаком потенциала силы тяжести, вычисленным по формуле (3.65) (рис. 21).

Перейдем к рассмотрению горизонтальной составляющей силы причинности Q_φ определяемой выражением:

$$Q_\varphi = \frac{\omega r}{C_2} \rho g \left(0,5 |\sin 2\varphi| - \frac{1}{\pi} \right) \cos \varphi. \quad (3.67)$$

Эта сила, действующая на Земле, должна вносить дополнительную составляющую в процесс дрейфа материков. Гипотеза континентального дрейфа, исторически связанная с опубликованием Бэконом во 2-ой книге «Нового Орлеана» замеченного им сходства очертаний противоположных берегов Африки и Южной Америки, вот уже на протяжении более трехсот лет вызывает горячие споры. Если в споре действительно рождается истина, то этот спор не является исключением, так как в результате родилась современная теория тектонических плит. Эта теория оказала сильное влияние на все отрасли наук о Земле. Первые два столетия, начиная с 1620 года (дата опубликования

* Данные анализа движения искусственных спутников земли были любезно представлены профессором Р. Ньютоном.

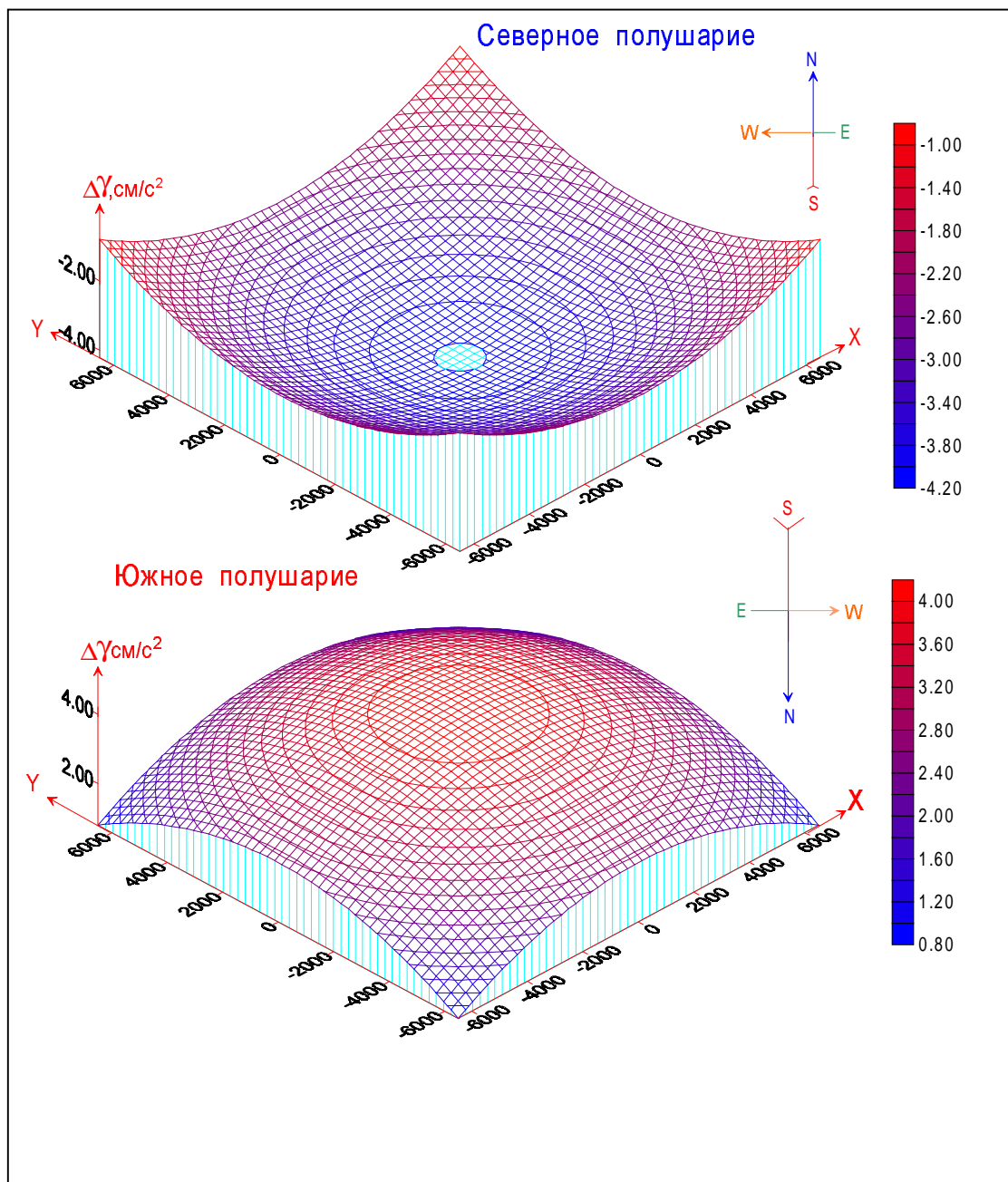


Рис. 18. Поверхность отклонений нормальной силы тяжести от ее значений на экваторе ($\gamma_E - \gamma$).

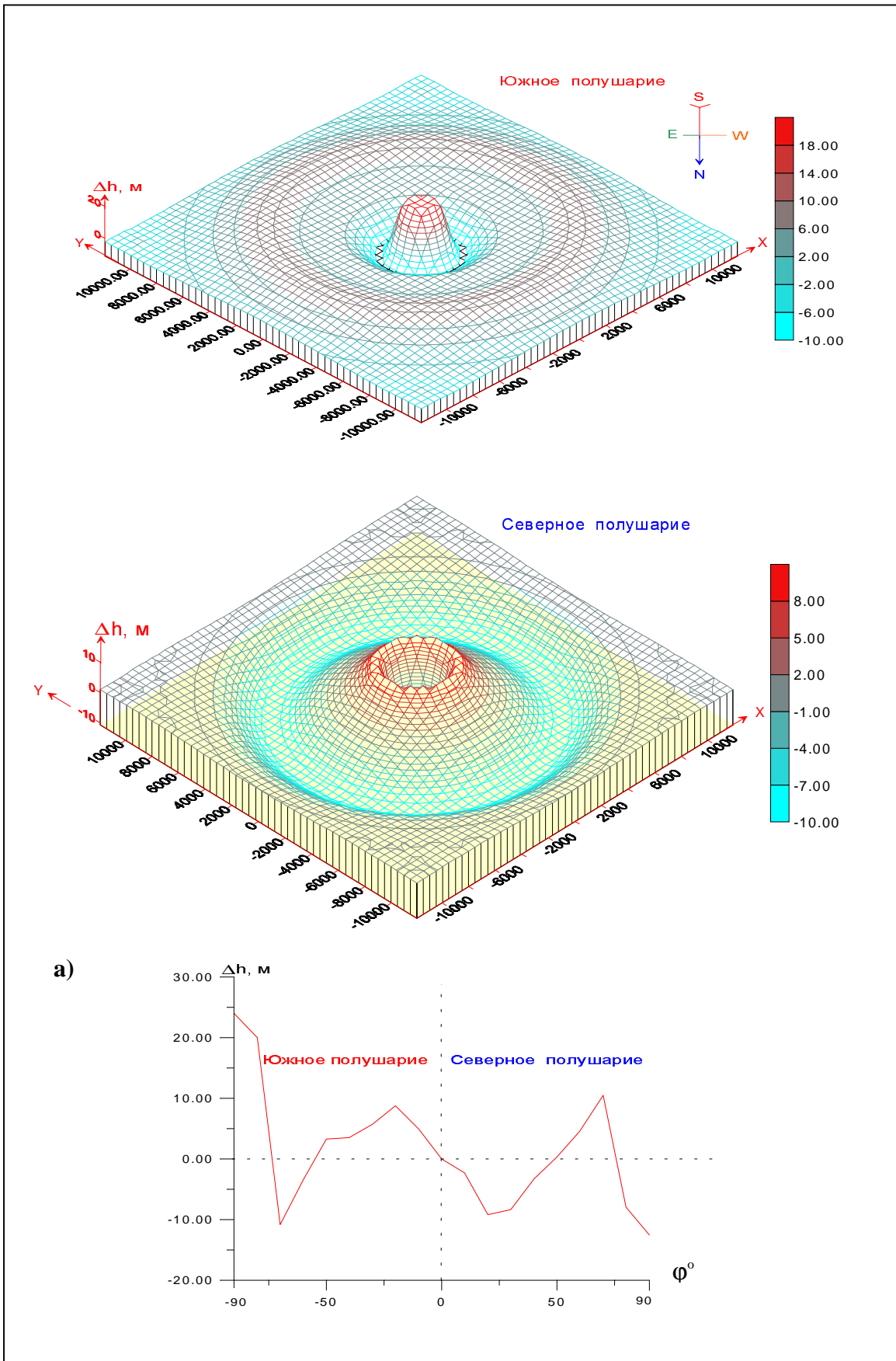


Рис. 19. Поверхность отклонений геоида от эллипсоида по спутниковым данным.
 а) график зависимости от широты отклонений Δh , осредненных по широтным кругам.

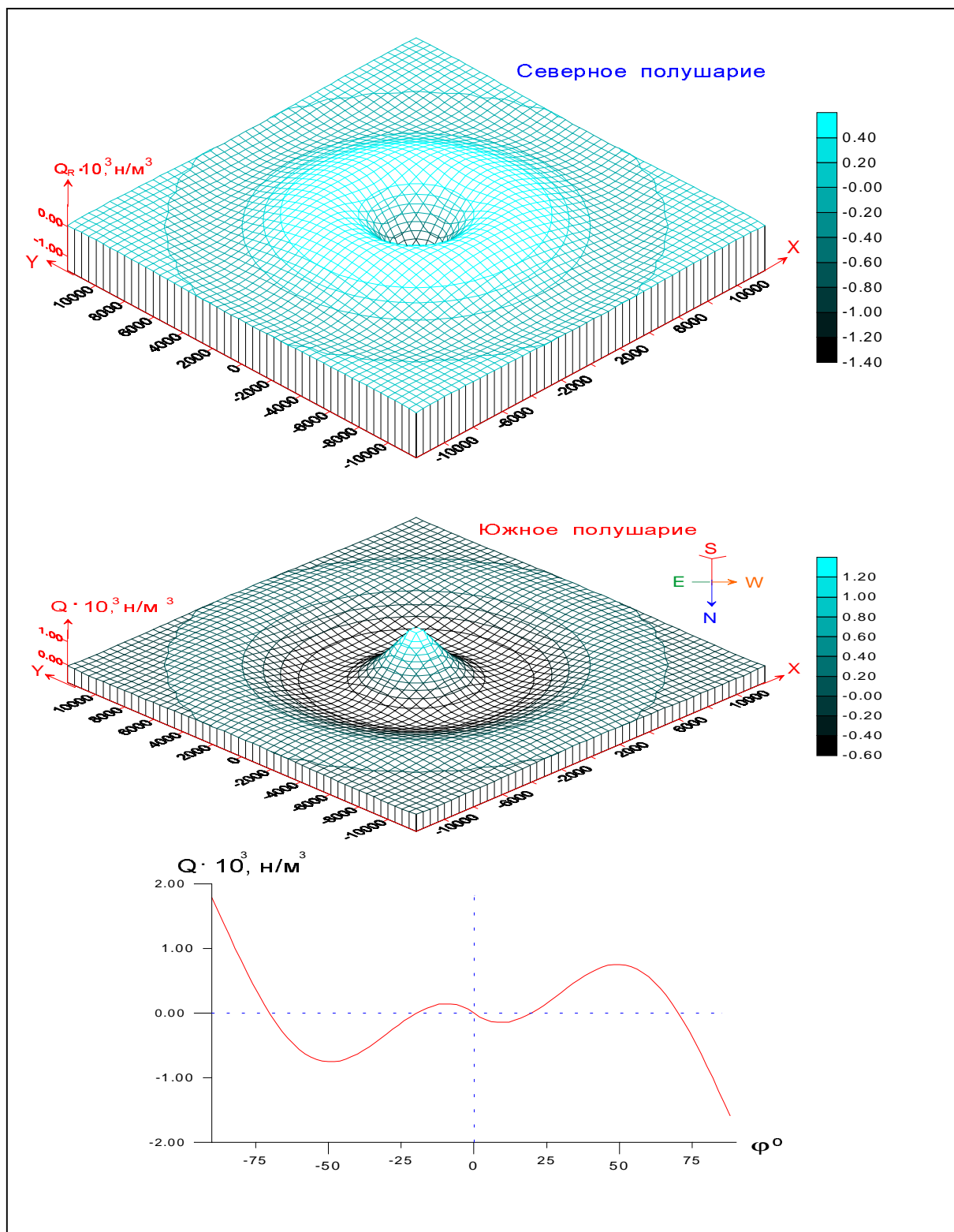


Рис. 20. Поверхность вертикальной составляющей силы причинности.
 а) зональное распределение Q_r .

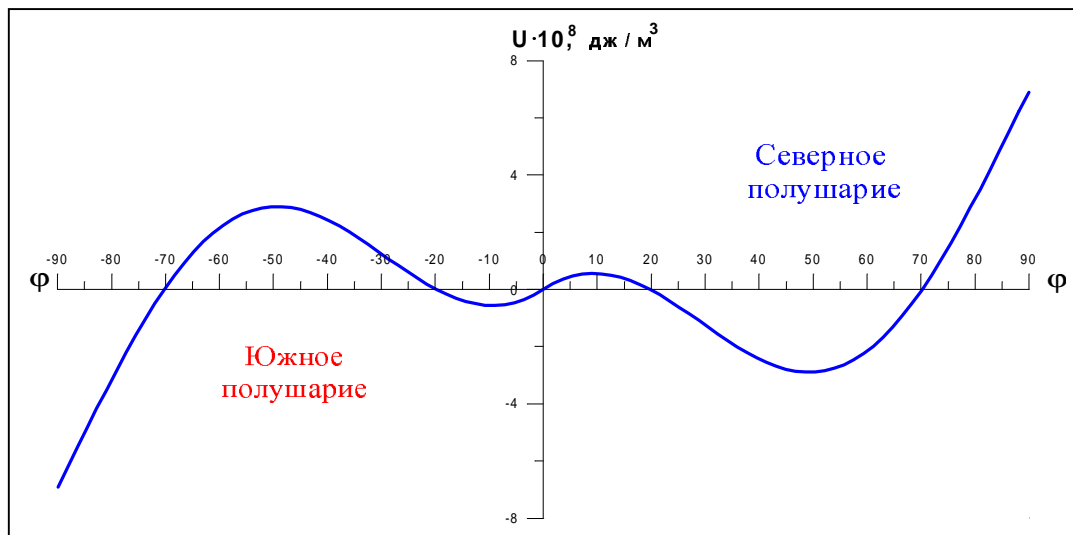


Рис. 21. Зональное распределение потенциала силы причинности для $\rho=1\text{кг/м}^3$.

«Нового Орлеана» Бэкона), муссировался вопрос о сходстве берегов Атлантики. Впервые, как таковая, гипотеза дрейфа материков была выдвинута в 1857 году Оуэном. Далее последовали работы Снайдера - Поллегрини, Вейнштейна, Фишера и многих других. Но патриархом концепции материкового дрейфа признан профессор метеорологии и геофизики Альфред Вегенер. Одним из убедительных доводов, приведенных Вегенером в пользу выдвинутой гипотезы, является аналогия с моделью материков, вырезанных из газеты. Собрав эти вырезки воедино, можно убедиться, что газетные строки, соответствующие разным материкам, будут продолжаться через их границы. Вегенер показал это с помощью данных палеонтологии (близкородственные наземные растения и животные разделены сейчас океанами), стратиграфии (сходные пласты разобщены таким же образом), палеоклиматологии (климатические зоны прошлого занимают абсурдно нелогические положения в современном их расположении), тектоники (складчатые горы оказываются вопреки логике срезаны океаном, но при соединении образуют единое сооружение) и так далее.

Поскольку сила причинности является перманентным фактором, можно ожидать концентрации подвижных материковых масс в зонах конвергенции горизонтальной силы причинности ($\text{div}Q_\varphi < 0$) и дефицита в зонах дивергенции ($\text{div}Q_\varphi > 0$). Зависимость дивергенции горизонтальной составляющей силы причинности от широты определится выражением:

$$\text{div}Q_\varphi = \frac{\omega}{C_2} \rho g \left(\text{Cos}2\varphi \text{Cos}\varphi - \left| \text{Sin}2\varphi \text{Sin}\varphi \right| + \frac{2}{\pi} \right) \text{Sin}\varphi. \quad (3.68)$$

На рис. 22 представлена зависимость $\text{div}Q_\varphi$, как функции широты, вместе с графиком распределения с широтой суши и моря. Как видно из представленного рисунка, действительно, материковые зоны качественно соответствуют зонам конвергенции горизонтальной составляющей силы причинности, океанические - зонам дивергенции.

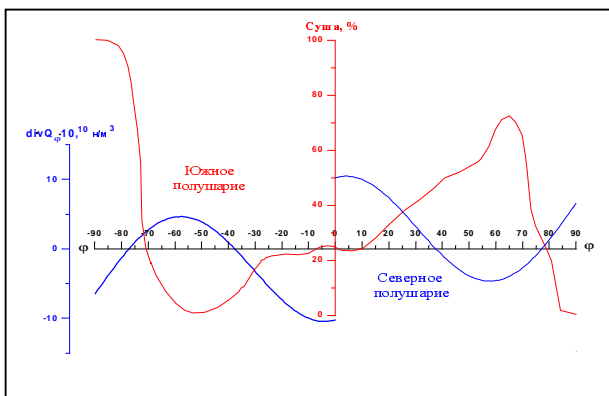


Рис. 22. Зональное распределение суши и дивергенции горизонтальной составляющей силы причинности.

3.6.3. Экваториальный сдвиг и S-образное деформирование структурных поясов с позиций причинной механики

Во вращающейся Земле (включая атмосферу), обладающей силой тяжести, отчасти жидкой, отчасти пластичной (способной за длительные периоды времени течь в твердом состоянии как жидкость), имеют место различные виды крупномасштабных вращений. По У. Кэри эти виды, (рис. 23) следующие:

- а) движения между полушариями;
- б) дифференциальные движения континентальной и океанической литосферы;
- в) движения в восьми октантах сферы;
- г) межзональные движения - перемещения экваториальных зон относительно циркумполярных;
- д) дифференциальные движения между оболочками (например, между ядром и мантией, мантией и литосферой, литосферой и гидросферой и между гидросферой и атмосферой);
- е) дифференциальная прецессия оболочек;
- ж) неосевое вращение Земли в целом (миграция полюсов).

Рассмотрим их:

Вид а). Вращение между полушариями доказано эмпирически.

Вид б). Все участки литосферы благодаря силе тяжести, стремятся к состоянию равновесия из-за наличия силы плавучести таким образом, что области с меньшей плотностью (континентальные) поднимаются выше относительно уровня геоида, чем области с большей плотностью (океанические). Следовательно, поскольку вклад континентов в момент инерции больше, чем вклад океанов, они имеют тенденцию сползать на запад, тогда как океаны стремятся смещаться на восток. К рассмотренным классическим силам следует добавить силу причинности Q , ибо как было показано выше, горизонтальная составляющая силы Q должна вносить дополнительную составляющую в процесс дрейфа материков.

Виды в), г), ж). Наличие вращений в каждой из 1/8 части сферы было рассмотрено рядом авторов (С. Фудзивара, П. Сен-Аман, Х. Беньофф, Б. Чин-Чан и др.). В соответствии с классическими представлениями любой блок, движущийся к экватору, удаляется от оси вращения Земли, и поэтому скорость его перемещения в восточном направлении должна увеличиваться (в противном случае он сдвинется на запад, т.е. отстанет). Это влияние силы Кориолиса наибольшее в средних широтах. Скорость смещения в восточном направлении любого блока, движущегося радиально от центра Земли, по тем же причинам также должна увеличиваться, но в этом случае эффект максимален на экваторе, и вращения в октантах сферы должны происходить в результа-

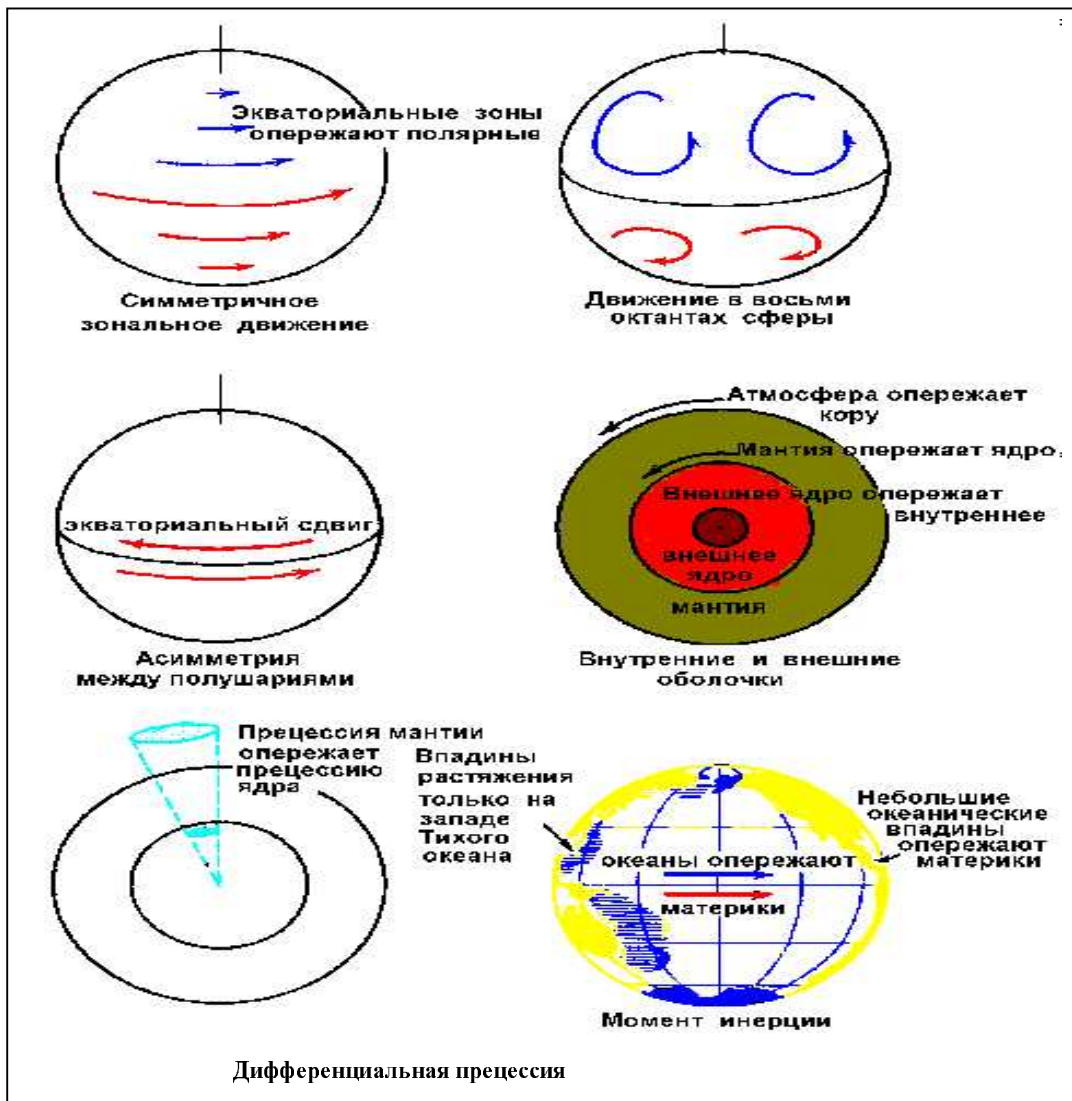


Рис. 23. Виды вращений внутри Земли и внешней оболочки по У. Кэри.

те действия все той же кориолисовой силы. Однако эмпирические данные указывают на то, что рассматриваемые движения в восьми октантах сферы вызываются не силой Кориолиса, а другой причиной. У. Кэри выдвинул гипотезу, согласно которой вектор кориолисовой силы складывается с вектором другой силы, вызванной асимметричностью теплового потока, что вызывает инерционное нарушение. С физической точки зрения данная гипотеза вполне состоятельна, однако природа этой асимметрии в классических рамках остается необъяснимой.

Рассмотрим эту проблему с точки зрения действия силы причинности во вращающейся Земле. Для этого воспользуемся понятием ротора векторного поля (*rota*):

$$rota = \left(\frac{\partial a_z}{\partial y} - \frac{\partial a_y}{\partial z} \right) \mathbf{i} + \left(\frac{\partial a_x}{\partial z} - \frac{\partial a_z}{\partial x} \right) \mathbf{j} + \left(\frac{\partial a_y}{\partial x} - \frac{\partial a_x}{\partial y} \right) \mathbf{k}, \quad (3.69)$$

где каждая составляющая *rota* по осям координат X,Y,Z характеризует тенденцию вращательного движения вокруг соответствующей оси. В простейшем случае вращательное движение в горизонтальной плоскости XY описывается членом $\Omega = (rota)_k = \partial a_y / \partial x - \partial a_x / \partial y$ (рис. 24). В нашем случае ротор силы Q определится выражением:

$$\text{rot}\mathbf{Q} = \frac{\omega}{C_2} \rho g \left[2|\text{Sin}\varphi|\text{Cos}\varphi + |\text{Sin}\varphi|\text{Cos}2\varphi - \frac{4}{\pi}\text{Cos}\varphi \right]. \quad (3.70)$$

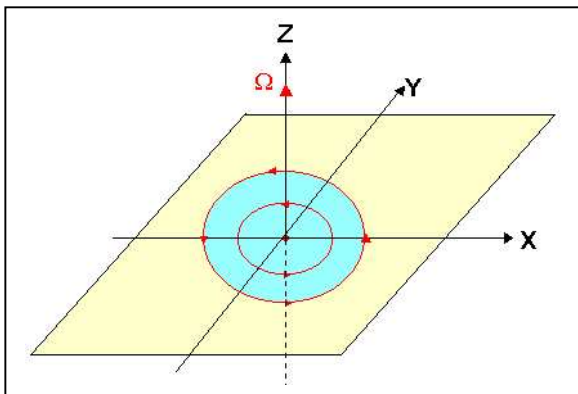


Рис. 24. Вращательное движение в горизонтальной плоскости ($\Omega = \partial a_y / \partial x - \partial a_x / \partial y$)

В (3.70) положительное направление вектора $\text{rot}\mathbf{Q}$ на восток. Ротор силы определяет интенсивность сдвиговых деформаций и, следовательно, экстремальным значениям ротора, построенного как функция широты, должны на Земле соответствовать орогенические пояса и зоны глубинных разломов.

Процессы, которые порождают складчатые горные пояса, называются орогенезом (от греческих *oros* - горы и *γενεσις* - происхождение). Глобальные орогенные зоны проходят по критическим параллелям $\pm 35^\circ$, где расположены наиболее тектонически активные зоны. Глубинные разломы представляют собой линейно вытянутую зону нарушения сплошности горных пород, пронизывающую земную кору вплоть до мантии Земли на десятки сотен километров. Глобальная зона разломов расположена в экваториальном поясе.

На рис. 25 представлена зависимость ротора силы причинности в литосфере. Как можно видеть из рисунка, экстремумы $\text{rot}\mathbf{Q}$ соответствуют критическим параллелям (орогеническим поясам) и экватору (зоне глубинных разломов). Возникающие под действием силы \mathbf{Q}_T восходящие движения в умеренных широтах северного полушария и нисходящие в умеренных широтах южного, вследствие сохранения момента количества движения приводят к эффекту кручения - умеренные широты северного полушария проворачиваются к западу относительно южного. Этот же механизм объясняет S-образное деформирование структурных поясов, ненашедшее физической интерпретации с обычных позиций.

Виды *d, e*). Опережение мантией ядра, а атмосферой - литосферу в своем вращении, а также эффект дифференциальной прецессии коры и мантии были рассмотрены в ряде работ в связи с геомагнитным полем.

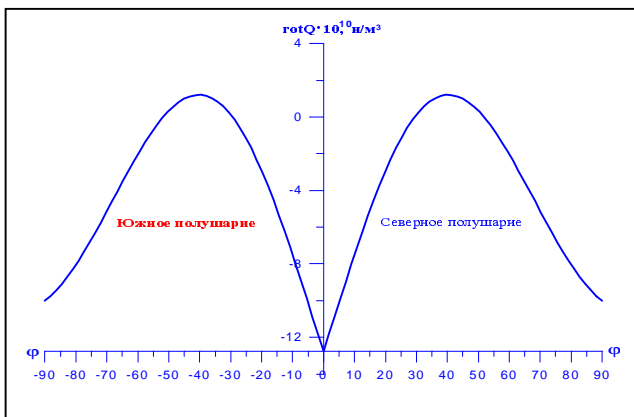


Рис. 25. Зональное распределение ротора силы причинности в литосфере.

3.6.4. Обоснование тепловой асимметрии полушарий и положения внутритропической зоны конвергенции с позиций причинной механики

Факт тепловой асимметрии полушарий был эмпирически получен в многочисленных работах крупнейших метеорологов мира. В этих работах на основе обработки статистических рядов приземной температуры воздуха было установлено, что северное полушарие теплее южного на $\sim 3^\circ$ и тепловой экватор в среднем за год смещен относительно географического к северу на $\sim 10^\circ$. Сказанное наглядно проиллюстрировано на рис. 26, где приведены средние месячные (по многолетним данным) температуры воздуха (приведенные к уровню моря) и термический экватор в июле и январе. Сравнение обоих полушарий делает очевидным огромное различие в характерных для них температурных условиях, обобщение которых приведено ниже в таблице.

Здесь необходимо отметить, что эти различия, через зависящее от температуры давление воздуха, отражаются и на циркуляции последнего.

Среднегодовая и среднемесячная (январь, июль) температура воздуха северного и южного полушарий

Земной шар	Год	Январь	Июль	Годовая амплитуда
Северное полушарие	15,8	8,7	22,8	14,5
Южное полушарие	13,1	16,9	9,6	7,3

Современная метеорология принимая тепловую асимметрию полушарий как факт, достаточно строго описывает все следствия этой асимметрии, связанные с циркуляционными особенностями атмосферы Земли. Однако сколько-нибудь убедительных объяснений механизма возникновения и поддержания тепловой асимметрии полушарий нет.

Для объяснения этого «феномена» обратимся к действию силы причинности в атмосфере. Принимая во внимание вышесказанное о знаках для причин и следствий, рассмотрим ротор силы причинности в атмосфере, полагая $g = \text{const}$:

$$\text{rot}Q_a = \frac{\omega}{C_2} \rho g \left(\frac{3}{2} |\text{Sin}2\varphi| \text{Cos}\varphi + |\text{Sin}\varphi| \text{Cos}2\varphi - \frac{3}{\pi} \text{Cos}\varphi \right)_{g=\text{const}} \quad (3.71)$$

Выражение (3.71) определяет интенсивность меридиональной циркуляции. Зависимость $\text{rot}Q_a$ от широты приведена на рис. 27. Из кривой, описывающей эту зависимость, видно, что в целом в атмосфере преобладают положительные значения $\text{rot}Q_a$. Это указывает на существование интегрального переноса из южного полушария в северное в нижних слоях атмосферы и обратного в верхних. В результате приземная температура воздуха в северном полушарии должна быть выше, чем в южном, т.е. в полном соответствии с наблюдаемыми данными.

Особое место в метеорологии занимает так называемая внутритропическая зона конвергенции (ВЗК) или по Э. Пальмену - зона пассатной сходимости (ЗПС). Под термином «тропики» в метеорологии обычно принимается область между широтами, в которых проходят оси субтропических антициклонов обоих полушарий, разделяющие пояса приземного восточного и западного переноса. Наиболее важными процессами, определяющими климат Земли, являются нагревание за счет приходящей коротковолновой радиации и выхолаживание за счет длинноволнового излучения в

космос. Нагревание наиболее велико в тропических широтах. Над этими широтами, в рамках планетарной циркуляции, атмосфера приобретает от земной поверхности, как момент количества движения, так и избыточную тепловую энергию, компенсирующую

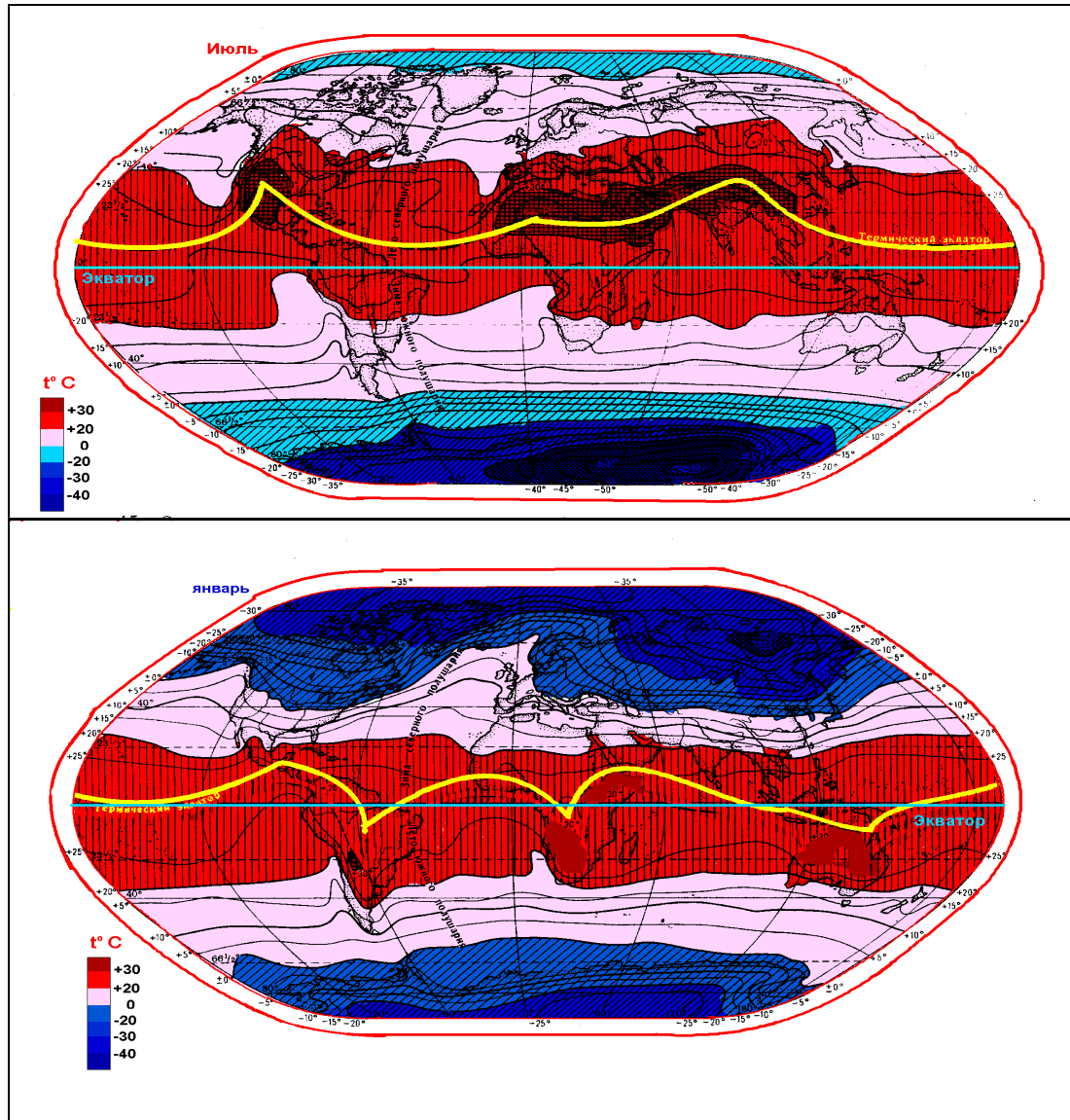


Рис. 26. Распределение среднемесячной температуры воздуха (по многолетним данным) по земному шару и положение термического экватора в июле и январе (По Э.Пальмену).

длинноволновое излучение. Э. Пальменом было показано, что ВЗК представляет собой зону, через которую не переносится существенное количество энергии. Следовательно, ВЗК должна располагаться вблизи географического экватора и характеризоваться лишь незначительными сезонными изменениями. Однако в среднем за год ВЗК постоянно смещена к северу (рис. 26). Э. Пальмен объясняет такую асимметрию ВЗК различной теплоемкостью океанов и материков. Однако этот аргумент находится в противоречии с эмпирическими данными. Дело в том, что вдоль долгот материков накопление тепла мало по сравнению с накоплением в океанических зонах (из-за меньшей теплоемкости первых). Следовательно, чтобы обеспечить существенный перенос тепла через экватор ВЗК должна претерпевать сильные сезонные изменения, что противоречит наблюдаемым данным. С другой стороны, среднее восходящее движение

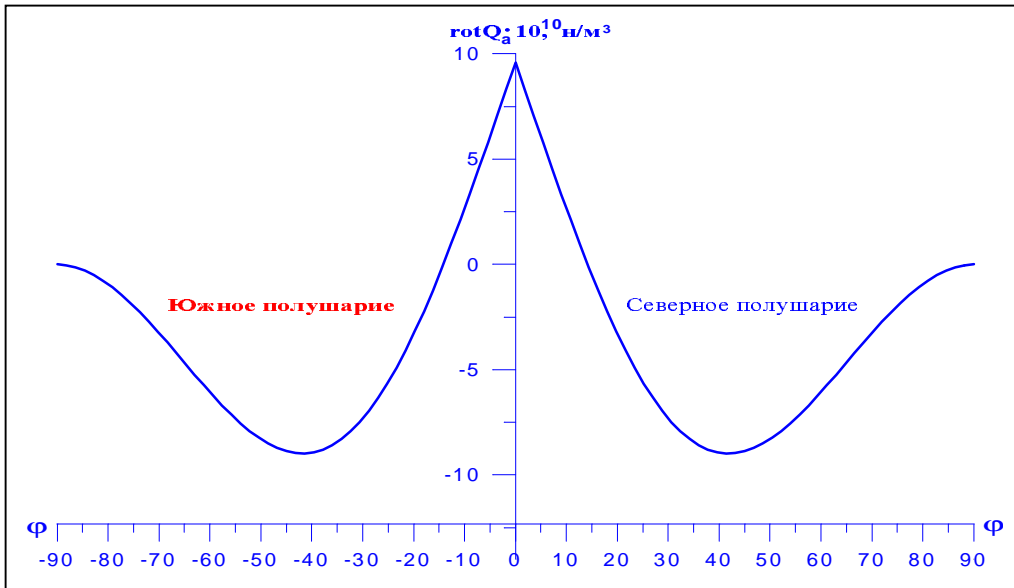


Рис. 27. Зональное распределение ротора силы причинности в атмосфере.

в ВЗК переносит тепло вверх, составляя часть ячейки Гадлея, переносящей тепло к полюсу. Модельные просчеты показали, что такие переносы тепла должны приводить к охлаждению верхней тропосферы, а значит к уменьшению потенциальной энергии. Классический подход к механизму циркуляции атмосферы в тропиках, рассмотренный Э. Пальменом и другими метеорологами, приводит к нарушению теплового баланса (дефицит потенциальной энергии) общей циркуляции. Этот «дефицит» в тепловом балансе общей циркуляции атмосферы авторы упомянутых работ находят в процессе глубокой конвекции в тропической атмосфере. Однако механизм глубокой конвекции требует стационарного существования в районе ВЗК свыше полутора тысяч ячеек, обеспечивающих вертикальный перенос, а вместе с ним тепловой баланс общей циркуляции. Не исключая возможность реализации в природе последнего вывода, нам представляется, что при рассмотрении закономерных процессов глобального масштаба, определяющие факторы таких процессов должны носить фундаментальный характер. Поэтому процессы глубокой конвекции в тепловом балансе общей циркуляции тропической атмосферы могут быть достаточным, но не необходимым условием существования такой уникальной зоны, как внутритропическая зона конвергенции. Таким фундаментальным фактором может оказаться сила причинности. На необходимость ее учета при рассмотрении циркуляционных особенностей в тропической атмосфере указывает характер распределения $rot Q_a$ (рис.27), а также приведенное на рис. 22 распределение с широтой дивергенции горизонтальной составляющей силы причинности. Особенность ее распределения - терпит разрыв на экваторе и принимает отрицательные значения в зоне от 0° до 24° с.ш., позволяет предположить, что фундаментальным фактором, о котором шла речь выше, определяющим восходящую ветвь ВЗК, по-видимому, является действие в геологическом масштабе времени силы причинности. Ее действие, во-первых, объясняет среднее за год смещение ВЗК к северу, а во-вторых, сразу же восполняет «дефицит» потенциальной энергии, возникающий в традиционном подходе без ее учета. Тем не менее, мы отдаем себе отчет в том, что сделанный выше вывод необходимо, все же, рассматривать как гипотезу, т. к. для получения убедительного ответа необходимы модельные расчеты с учетом силы причинности, которые позволят выполнить количественные оценки энергетических характеристик атмосферы в этой зоне.

Таким образом, сила причинности, связанная с гироскопическим эффектом Земли, оказывает существенное влияние в геологическом масштабе времени на геофизические процессы, которые не нашли убедительного объяснения с позиций традиционного подхода. Представляется важным введение силы причинности в динамику различных геосфер и, в первую очередь, земного ядра, где она может играть существенную роль в генерации магнитного поля (естественным образом снимая запрет на генерацию поля асимметричными движениями, накладываемый теоремой Каулинга). Введение силы причинности в уравнения гидротермодинамики, описывающие долгопериодные изменения погоды, показало, что начиная с заблаговременности прогноза с шести суток, (среднее время генерации кинетической энергии в атмосфере) когда определяющим фактором являются адвективные составляющие, она играет существенную роль.

Возвращаясь к лабораторным измерениям силы причинности, заметим, что вращение Земли можно использовать для опытов, подобным вышеописанным, но технически еще более простым. Для эксперимента принципиально важно, что в системе с возбужденным причинно-следственным взаимодействием следует ожидать возникновения сил, параллельных земной оси и противоположно направленных в причине и следствие. Опыты, подобные взвешиванию гироскопа, но неподвижного груза, возбуждаемого вибрацией, позволили измерить вертикальную компоненту силы причинности, связанной с вращением Земли. Измерения горизонтальной компоненты силы причинности были осуществлены Козыревым с помощью опытов с грузом на длинном подвесе. При расположении источника вибрации в точке подвеса и диссипации на маятнике наблюдались отклонения маятника к югу, при перенесении источника вибрации на маятник - противоположный эффект. Величина относительного отклонения этого же порядка, что и в опытах с измерением вертикальной составляющей, то есть 10^{-5} и зависит от широты.

Козыревым в опытах с маятником были испытаны другие методы возбуждения причинного взаимодействия: тепловой поток и электрический ток. В первом случае нагревалась или охлаждалась точка подвеса. При нагреве (причина в точке подвеса) наблюдалось отклонение маятника к югу, при охлаждении (следствие в точке подвеса) - к северу, то есть знаки эффекта те же, что и при вибрационном возбуждении. Во втором случае при отрицательном полюсе в точке подвеса - отклонение к югу, при положительном - к северу. Этот причинно-механический опыт показывает, что электрический ток в металлической нити подвеса вызывается отрицательными зарядами.

3.6.5. Взаимовлияние процессов

Многочисленные поставленные в различных вариантах опыты по обнаружению сил причинности показали, что порог возбуждения во всех опытах меняется очень сильно в зависимости от обстоятельств, лежащих вне контроля лаборатории. Например, в осенне-зимний период порог возбуждения существенно ниже, чем в весенне-летний, то есть проявляется сезонный ход, равно как и широтный - порог возбуждения меньше в более высоких широтах. Более того, многочисленные эксперименты показали, что на результаты влияют практически любые процессы с большим, относительно размеров измерительной системы, пространственным разрешением причин и следствий: вблизи следствий порог возбуждения снижается, вблизи причин - повышается. В связи с этим попутно заметим, что помимо отсутствия вибрации, данное обстоятельство с большой долей вероятности могло сказаться на результатах экспериментов, проведенных американскими учеными, в которых эффекты причинной механики не были получены в отличие от экспериментов японских физиков.

Козыревым было установлено, что наблюдаемый эффект убывает обратно пропорционально расстоянию и подвержен экранированию веществом. Здесь мы подошли к очень важному понятию, введенному Козыревым на основании эмпирических наблюдений, - плотности времени. Процессы, усиливающие в системе причинное действие, увеличивают плотность времени в окружающем их пространстве. Процессы противоположного действия уменьшают его плотность. В первом случае можно говорить об излучении времени, а во втором - о его поглощении. Процессы, увеличивающие энтропию там, где они происходят, излучают время. Это, например, такие процессы, как разогрев тела, таяние льда, испарение жидкостей, растворение в воде различных веществ и даже увядание растений. Противоположные им процессы - остывание тела, замерзание воды - поглощают время и в их окрестности уменьшается его плотность. Нижеописанные опыты поясняют смысл введенного понятия.

Опыты с крутильными весами. Следующим шагом от введенного понятия плотности времени, как некоторого его скалярного свойства, было изучение его векторного свойства, связанного с градиентом плотности, которое, по аналогии с векторными полями, можно назвать «потокм времени». Для изучения этого свойства Козыревым были использованы и, как оказалось весьма удачно, демпфированные асимметричные крутильные весы. Демпфирование - искусственное введение энергетических потерь в колебательную систему для увеличения в ней затухания колебаний, и асимметрия необходимы для создания причинно - следственного диполя на плечах весов.

Козыревым в отчете, представленном комиссии по изучению эффектов причинной механики под председательством академика Михайлова, подробно рассмотрены возможные источники помех в работе крутильных весов, как детектора потока времени. Это помехи связаны с конвекцией, радиационным давлением, электростатикой и т.п. Козыревым были разработаны специальные методы их устранения. Суммируя критически данные Козырева и наш собственный опыт работы с крутильными весами, можно констатировать, что наиболее сильной помехой является конвекция. Практическим условием, обеспечивающим устранение этой помехи, является условие непревышения $0,1^{\circ}\text{C}$ разницы температур в объеме детектора. Чувствительность крутильных весов с воздушным демпфированием составляла 10^{-6} дин.

Опыты с крутильными весами показали, что длинный конец коромысла отталкивается от процессов, излучающих время, и притягивается - к поглощающим его. Реакцию крутильных весов вызывают любые необратимые процессы, в том числе и изотермические. При этом поворот коромысла может достигать десятки градусов. Среди наиболее выразительных процессов, рассмотренных Козыревым и нами, можно отметить реакцию крутильных весов на смешение жидкостей и сухих веществ, растворение различных веществ, при которых поворот по часовой стрелке или против зависит от полярности раствора (растворение туши в воде или воды в туши), присутствие и деятельность наблюдателя. Затухание эффекта происходит по закону, обратному квадрату расстояния.

Следующая серия опытов, очень простых по технической реализации и уникальных по содержанию, выполненных Козыревым, выявила свойство потока времени отражаться веществом. Например, если пробирку с тающим снегом поместить в фокус рефлектора, то воздействие на крутильные весы за счет концентрации потока усиливается и может быть передано на значительное расстояние совершенно аналогично оптическому лучу. Или другой пример того же рода. В подземной лаборатории в Пулково, имеющей в плане Г-образную форму, пузырек с испаряющимся ацетоном помещался в один из торцов этой комнаты. Крутильные весы находились за стенкой другого торца в полностью изолированном боксе, сообщающимся с помещением

только небольшим стеклянным окном. Регистрация показаний весов велась дистанционно на самописец. Таким образом, процесс отделен от детектора «угловой» толщиной бетона и грунта ($\sim 7\text{м}$), полностью экранирующей воздействие. В вершине Г-образной комнаты помещалось алюминированное зеркало. Реакция весов наблюдалась только в случае ориентации зеркала, соответствующей оптическому отражению луча от процесса в окно детектора.

Опыты с однородным диском. Рассмотренные выше эксперименты указывают на перенос потоком времени энергии и момента вращения (но не импульса!). Оказалось, что перенос момента вращения может быть прямо установлен при подвесе вместо коромысла крутильных весов однородного диска (условие однородности обязательное) при воздействии на точку подвеса диска. При воздействии процессов, увеличивающих энтропию (процессов излучающих время), диск поворачивается по часовой стрелке (если смотреть от точки подвеса) и наоборот. При отражении потока от процесса в зеркале знак поворота меняется.

Опыты с немеханическими детекторами. В этой серии опытов Козыревым установлено прямое влияние исследуемого процесса на пробный процесс в детекторе. В качестве последних изучались электромеханические колебания кварца, фотоэффект и омическое сопротивление. Измерения проводились по дифференциальной схеме. Два датчика размещались в торцах экранированного от тепловых и электрических воздействий удлиненного цилиндрического корпуса. Схема полностью симметрична. Воздействие осуществлялось на одно из плеч. Благодаря экранировке от классических внешних источников шума разбаланс схемы, воспроизводимый при таких воздействиях, в случае использования кварца мог быть обусловлен временным взаимодействием процессов. Однако относительная величина изменения частоты кварца, равная 10^{-7} , из-за ее малости, не вызывает доверия. На наш взгляд, это очевидный результат, ибо колебания кварца - крайне неудачный тип пробного процесса из-за своей низкой диссипативности.

Опыты с фотоэлементами, в которых относительная величина эффекта составляет 10^{-5} , являющаяся надежной оценкой, показали, что все процессы, увеличивающие энтропию (излучающие время), уменьшают фототок, то есть фактически увеличивают работу выхода и наоборот. При отражении потока в зеркале эффект противоположного знака, то есть этот результат в определенном смысле можно трактовать как аналог нарушения закона четности на макроскопическом уровне.

Еще более просты, а потому и более надежны опыты, основанные на изменении под действием времени электрического сопротивления проводников. Эти изменения регистрировались гальванометром по схеме мостика Уитсона. Эксперименты показали, что наиболее сильный эффект обнаруживается при использовании проводников с температурным коэффициентом $1,5 \cdot 10^{-4}$ на градус. Максимальная чувствительность мостика была достигнута путем уравнивания его четырех сопротивлений и внутреннего сопротивления гальванометра до $5 \cdot 10^{-3}$ Ом. Напряжение, подаваемое на мостик, составляло 30в, при котором одно деление шкалы гальванометра отвечало изменению сопротивления на $1,4 \cdot 10^{-2}$ Ом, что составляет $3 \cdot 10^{-6}$ относительного изменения. Во избежание температурных влияний была выполнена надежная термоизоляция системы. Все процессы, излучавшие время, вызывали уменьшение сопротивления, а обратные процессы его увеличивали в пределах нескольких делений шкалы.

Характерной чертой всех экспериментов является медленное (десятки секунд) возвращение детектора к нулевым показаниям при снятии воздействия. Изучение этого эффекта показало, что образцы вещества, помещенные вблизи процессов, излучающих время, далее в течение определенного периода, сами обладают таким же воздействием на детектор. Оценки показали, что постоянная времени обратно пропорциональна корню из плотности вещества. Так, время остаточного эффекта при снятии воздействия

в случае свинца составляет 14с, алюминия-28с, дерева-70с. Объясняя эту «инерционность», Козырев рассматривает процесс, излучающий время, как процесс, теряющий организацию, то есть излучающий негэнтропию, поглощаемую, веществом и далее ее излучающую в соответствии со своей постоянной времени. При этом остается непонятным конкретный механизм и уровень перестройки структуры вещества.

3.6.6. Астрофизические исследования с помощью козыревских детекторов

В вышеописанных опытах, в которых использовались различные механические системы в виде рычажных весов, маятников, дисков и т.д., определялись добавочные силы, обусловленные по Козыреву физическими свойствами времени. Для регистрации этих сил в систему обязательно вводилась причинность посредством механических вибраций, нагрева или пропускания электрического тока. Иначе говоря, локализация причины и следствия в механической системе осуществлялась благодаря внесению в систему «постороннего» воздействия, играющего определяющую роль в регистрации эффекта. Хотя Козырев и указывает на то, что введение различных «посредников» в механическую систему необходимо только для локализации причин и следствий, тем не менее, как справедливо отмечено Л. С. Шихобаловым, в выражении (3.31) для добавочных сил характеристики воздействия никоим образом не учитываются. Изменение частоты вибрации, например, прямо сказывается на появлении квантомеханических свойств системы на макроскопическом уровне. Последнее должно было бы неизбежно найти свое отражение в выражении (3.31). Однако, как мы видели, этого нет. Поэтому выражение (3.31), по-видимому, нужно рассматривать как некоторое приближение. Что касается физических свойств времени в козыревской концепции, то они, как нетрудно было видеть, определяются опосредованно через эффекты, возникающие в механической системе. С точки зрения автора причинной механики *a priori* наблюдаемые эффекты обусловлены именно воздействием времени. Однако, как отмечено Л. С. Шихобаловым, посторонний наблюдатель вправе задать вопрос: «А почему, собственно, нужно считать, что наблюдаемые эффекты вызваны именно свойствами времени, а не какими-то, пусть даже пока еще неизвестными физическими полями?» Действительно, этот вопрос нам задавали не один десяток, как профессионалов-физиков, так и просто любознательных думающих людей. Наилучшим ответом на поставленный вопрос является эксперимент прямо, а не опосредованно, указывающий на существование физических свойств у времени. Такие эксперименты, связанные с астрономическими наблюдениями, были проведены Козыревым вместе со своим единомышленником и незаменимым помощником В.В. Насоновым. Эти эксперименты снимают вопросы, подобные вышеозначенному, прямо указывая на субстанциональную природу времени.

Наблюдения с помощью физических свойств времени процессов на небесных телах не только уникальны по своей важности для астрофизики, но несут особые возможности экспериментальной проверки положений причинной механики. Рассмотрим эти эксперименты в соответствии с типами детекторов, описанных выше.

С помощью вибрационных весов измерялась вертикальная компонента силы причинности на вращающейся Земле во время солнечных затмений. На каждой из двух рассмотренных Козыревым ступеней изменения веса наблюдалось систематическое уменьшение в пределах естественной дисперсии. Эксперименты были поставлены в Пулковско в 1961, 1966, 1971 и 1976 годах. Во время всех затмений относительное уменьшение веса составило 5%. Опыт свидетельствует о наличии экранирования Луной потока времени, излучаемого Солнцем. Метеорологические эффекты не накладываются

на эти изменения, так как для наблюдений были избраны только частные затмения; измерения проводились в подземной лаборатории.

Наблюдения с крутильными весами проводились на крупных телескопах-рефлекторах без применения преломляющей оптики в фокусе Куде. Поток временного воздействия фокусировался на дно детектора вблизи длинного конца коромысла. Учитывая необходимость длительных измерений (десятки минут ввиду большой постоянной времени детектора) при наличии дрейфа нуля, положение нуля контролировалось каждые две минуты.

Оказалось, что многие объекты (но не все) вызывают надежно регистрируемое отклонение коромысла весов. Наибольшее его отклонение (9°) дал Процион. Большое отклонение ($3-5^\circ$) показали белые карлики, галактический центр, вероятнейший кандидат в черные дыры - объект CygX-1, а также звезды Сириус, Регул, η Cas.

Малые отклонения ($2-3^\circ$) у галактик M31, N82, скопления галактик VirNGC4594. Таким образом, среди звезд наиболее сильно излучают время белые карлики (значительный эффект, вызванный воздействием Проциона, Сириуса и Регула, вероятнее всего связан с их спутниками - белыми карликами). Учитывая, что в этой же группе оказался объект CygX-1, то обобщая результат Козырева, можно сделать логически связанное с предыдущим заключение, что наиболее сильно излучающими время объектами являются звезды на конечных стадиях эволюции («конечные следствия»).

Эффект воздействия на крутильные весы Луны и Венеры оказался нерегулярным, хотя для Луны составлял до 4° , для Венеры - до 9° . Интересно отметить, что во время лунного затмения на крутильных весах было обнаружено излучение из областей Луны, выходящих из земной тени. Это полностью согласуется с представлением о возникновении излучения времени из области, производящей энтропию. В данном случае - при быстром разогреве лунной поверхности. Аналогичные результаты были получены с использованием в качестве детектора однородный диск.

Другой вид детектора, наиболее современный в техническом отношении и удобный в работе - дифференциальный измеритель сопротивления. Его пороговая относительная чувствительность около 10^{-7} , а величина наблюдаемых эффектов - 10^{-5} . Регистрация излучения времени, идущего от космических объектов, осуществлялась путем измерений показателей резистора на телескопах-рефлекторах, в фокусе которых помещался указанный детектор.

Прежде всего необходимо отметить, что наблюдения на дифференциальном измерителе сопротивления полностью подтвердили аналогичные наблюдения, выполненные с помощью крутильных весов. В частности, совершенно сходные результаты были получены при наблюдении лунного затмения. Более совершенная техника позволила повысить угловое разрешение. В свою очередь, это позволило получить некоторые данные о структуре излучения протяженных объектов. Так, по видимому, в галактиках наиболее интенсивно излучают время области, симметрично расположенные в экваториальной плоскости относительно ядра. Этот факт был интерпретирован Козыревым, как результат поглощения времени самим ядром галактики и излучения его периферийными областями. Таким образом, эти эксперименты позволили выполнить прямую регистрацию «потока» времени, тем самым ответив на вопрос о причине рассмотренных эффектов, то есть о наличии физических свойств у времени. Однако важнейший результат этих экспериментов, являющийся по своей физической сути революционным, состоит в возможности мгновенного взаимодействия, реализующегося в природе. Учитывая огромную важность этого вывода, рассмотрим этот вопрос специально в следующем разделе.

3.6.7. Гипотеза мгновенного взаимодействия и ее проверка

При знакомстве и дальнейшем изучении основных положений причинной механики сталкиваемся с кажущимся противоречием, принимая постоянную C_2 за скорость распространения времени. Во избежании этой путаницы напомним, что постоянная C_2 имеет конечную величину. Являясь псевдоскалярной величиной, C_2 характеризует общее свойство причины и следствия, состоящее в повороте времени в элементарном причинно-следственном звене или взаимном повороте причины и следствия относительно друг друга со скоростью $C_2=2000\text{км/с}$. Сам факт существования Вселенной тождественен бесконечному и непрерывному осуществлению причинно-следственных превращений. В свете основных положений причинной механики последнее означает, что время не распространяется, а появляется всюду и сразу. По выражению Козырева, с точки зрения времени вся Вселенная имеет размер точки. Поэтому используемые в причинной механике выражения «ход времени» и, особенно, «поток времени», введенные Козыревым, как мы уже отмечали, неудачны, так как вступают в противоречие с вышесказанным из-за их общепринятого смысла. Наличие градиента в заданном поле неизбежно вызывает появление потока. Что касается «поля» времени, то понятие «поток времени», по-видимому, следует рассматривать как тенденцию к определенной ориентации времени в пространстве, аналогично ориентации железных опилок, помещенных в магнитное поле.

Поскольку время не переносит импульса, то несмотря на экспериментально установленное ослабление взаимодействия с расстоянием, Козырев на основе вышеописанных опытов допускает возможность мгновенной связи процессов: *«В любой системе координат время появляется сразу во всей Вселенной. Поэтому действие времени осуществляется всюду в тот же момент. При этом ничего не движется и, следовательно, нет противоречия со специальной теорией относительности»*. К этому необходимо добавить, что в силу независимости закона отражения от скорости и на основании описанных выше экспериментов, мгновенное взаимодействие разрешает отражение, но запрещает преломление, так как последнее зависит от скорости.

Козырев связывает гипотезу мгновенного взаимодействия с геометрией Минковского, рассматривая интервал (1.29), характеризующий квадрат расстояния в псевдоевклидовой геометрии (раздел 1.7). Из экспериментов, выполненных Козыревым вместе с Насоновым, а позже группой новосибирских ученых, однозначно следует возможность мгновенной передачи воздействий. Представим выражение (1.29) в виде:

$$dS^2=c_1^2 dt-dr^2, \quad (3.73)$$

где c_1 -скорость света, r - расстояние. Пусть $dr/dt=V$ -скорость носителя информации относительно данной системы координат. Тогда

$$dS^2 = dt^2 (c_1^2 - V^2). \quad (3.74)$$

При $V=0$, $dS=C_1 dt$, то есть интервал является собственным временем системы, которое отсчитывают локальные часы. Связь через время, в соответствии с гипотезой мгновенного взаимодействия, означает выполнение условия $dS=0$. Теоретически это условие может выполняться в трех случаях:

$$\text{I. } dt = 0; \quad (3.75a)$$

$$\text{II. } V = c_1; \quad (3.75b)$$

$$\text{III. } V = -c_1. \quad (3.75b)$$

Простые соотношения (3.75а-3.75в) дают основание для предположения о возможности наблюдения объекта посредством свойств времени в 3-х состояниях: в прошлом, в соответствии с временем распространения света; в настоящем, то есть в момент наблюдения; симметрично относительно настоящего, то есть в будущем. Рис. 28 иллюстративно поясняет сказанное: 1- видимое («в прошлом») положение звезды, соответствующее моменту времени прихода светового луча от нее к Земле; 2 - истинное («в настоящем») положение звезды, которое она займет за время прохождения светового луча из положения 1 до Земли; 3 - положение звезды в будущем, которое она займет относительно положения 2 за время прохождения светового луча от Земли до «точки» 3. Таким образом, в положении 1 в фокальной плоскости телескопа должно появиться два пятна: одно - оптическое с изображением звезды, другое - невидимое глазом, но зарегистрированное детектором - временное. Очевидно, что в положениях 2 и 3 это пятно будет одно, вызванное временным воздействием на детектор. Для того чтобы узнать, в какую именно точку небосвода необходимо направить телескоп, чтобы зарегистрировать истинное («в настоящем») положение звезды, достаточно вычислить ее смещение относительно точки «в прошлом» за время прохождения светового луча от точки 1 до Земли. Аналогично для регистрации положения звезды «в будущем» с той лишь разницей, что отсчет ведется от истинного положения звезды.

Эти измерения были выполнены Козыревым с помощью дифференциального измерителя сопротивления, помещенного в фокальную плоскость телескопа (рис.28б). При направлении телескопа в рассчитанную точку небесной сферы, соответствующей одному из трех положений звезды, гальванометр показывал изменение сопротивления резистора. В связи с потенциальной возможностью «наблюдать» будущее посредством физических свойств времени необходимо сразу предостеречь читателя от скоропалительных выводов сомнительной возможности воздействовать на будущее. Дело в том, что мы находимся у самых истоков познания физических свойств времени. Пока совершенно непонятно, как технологически овладеть временной энергией. Поэтому сегодня мы можем осуществить воздействие только классическим образом, то есть с досветовой скоростью. Но такое воздействие достигнет объекта всегда позже наблюдаемого момента. Что касается принципиальной возможности воздействия на будущее посредством времени, то если информация о состоянии объекта приходит по каналу III (3.74в), а воздействие на объект осуществляется по каналу I (3.74а), это действительно означает воздействие на будущее. Этот вывод по совершенно понятным причинам трудно осознать полностью. Если эта возможность реализуется в действительности, на что указывают экспериментальные данные, полученные не только Козыревым, то причинная механика приводит к новому абсолютному типу нарушения классического детерминизма.

Нам известно, что Козырев с особой ответственностью относился именно к опытам по проверке этого положения. Первые свидетельства о реальности мгновенной передачи воздействия через изменения плотности времени дали наблюдения с вибрационными весами, когда выяснилось, что последние с точностью до минуты реагируют на восход (заход) Солнца без учета рефракции. Этот эффект в чистом виде практически невозможно наблюдать обычными методами. Из-за убывания плотности земной атмосферы с высотой луч, идущий по касательной к земной поверхности, достигает глаза наблюдателя по искривленному пути. Солнце, касающееся горизонта, уже зашло (еще не вошло), но атмосферное лучепреломление или рефракция позволяет его видеть с превышением на расстоянии 320 над горизонтом. Козыревым впервые экспериментально (с помощью опытов с крутильными весами) было установлено, что положение временного «изображения» звезды действительно отлича-

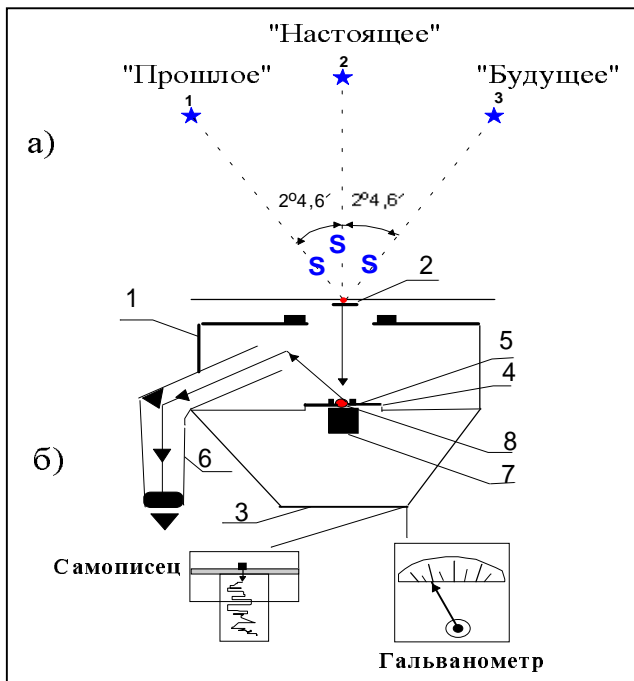


Рис. 28. Установка телескоп – резистор для регистрации временного воздействия звезды. а) наблюдаемое с Земли положения звезды в трех состояниях: в «прошлом» (1), «настоящем» (2), «будущем» (3); б) схематическое описание установки: S -наблюдаемое положение звезды после оптической системы телескопа; 1 - бронзовый кожух спектрометра; 2 - оптическое стекло; 3 - экран; 4 - щель спектрометра; 5 - зеркальная щетка щели; 6 - визирное устройство; 7 - приемная система - четырехплечевой измерительный мост постоянного тока, помещенный в контейнер; 8 - фотоэлемент.

ется от оптического на величину рефракции.

В обширной серии наблюдений с помощью дифференциального измерителя сопротивления положение временного "изображения" звезд и других объектов (в общей сложности более 30 объектов) изучалось целенаправленно и со всей возможной тщательностью. Истинное положение каждого исследуемого объекта рассчитывалось с учетом искривления светового луча (аберации), возникающего из-за движения источника (звезда) и приемника (Земля), и рефракции. Во всех случаях наблюдались три временных «изображения» объекта: 1-в точке оптического изображения за вычетом рефракции; 2- в расчетной точке небесной сферы, соответствующей истинному положению; 3 - в точке, симметричной 1-ой, относительно 2-ой, соответствующей будущему положению звезды, которое она займет за время прохождения светового сигнала от Земли до точки 2 (рис. 28а).

Обратимся теперь к «экзаменационным» экспериментам, выполненным новосибирскими учеными. Предварительно напомним, что все известные современной физике воздействия, идущие от Солнца на датчики, расположенные на Земле, распространяются со скоростью, не превышающей скорость света в вакууме. На преодоление расстояния от Солнца до Земли, равное $149,5 \cdot 10^6$ км, воздействующий сигнал затрачивает не менее 8,3 минуты. Тогда расстояние между видимым и истинным положением Солнца в геоцентрической системе координат составляет чуть больше 2° (рис. 28а).

Эффект, обусловленный возможностью мгновенного взаимодействия, настолько уникален, что желание новосибирских ученых увидеть его своими глазами очень понятно. Кроме того, на протяжении истории развития физики все открытия подвергались тщательной проверке со стороны многих ученых, ибо решающее слово в физике остается за экспериментом. Зачастую в ходе таких проверок выявлялись новые качества, рождались новые идеи и т.п. Собственно из таких проверок и состоит вся физика. Главной целью группы новосибирских ученых, возглавляемой академиком М.М. Лаврентьевым, в которую входили В.А. Гусев, И.А. Еганова, М.К. Луцет и С.Ф. Фоминых, было установление, во-первых, факта воздействия истинного положения Солнца на датчик, находящийся в фокальной плоскости телескопа-рефлектора, во-вторых, что это воздействие мгновенное. Схематическое описание приборного

комплекса показано на рис. 286. Единственным отличием этого комплекса от аналогичного, на котором работал Козырев, состоит в еще более тщательной защите детектора от возможных помех. В результате было достигнуто практическое отсутствие дрейфа нулевого индикатора, а чувствительность приемной системы была увеличена благодаря большей величине напряжения питания. Реакция резистора на необратимые процессы проводилась путем замеров показаний гальванометра. В качестве контрольного использовался процесс испарения ацетона. В статье ученых «О регистрации истинного положения Солнца» (Докл. АН СССР, 1991, Т. 317, N3.- С. 635-639) говорится: «...Было установлено, что через 30 минут после включения всей установки реакций на контрольный процесс составляет 4 деления у самописца, соответственно 2 деления у гальванометра. Через 1 час после включения эта реакция увеличивается: до 6 делений у самописца и 3-х - у гальванометра и сохраняется на этом уровне в течение нескольких часов непрерывной работы». Таким образом, контрольные замеры работоспособности аппаратного комплекса показали полное соответствие с результатами, полученными Козыревым в обширной серии экспериментов. В этих контрольных экспериментах был выявлен ранее неизвестный результат - после нескольких часов сеанса чувствительность датчика резко падала, а после его замены аналогичным, величина эффекта была такая же, как у первого в начале работы. Как отмечалось Козыревым, одни и те же опыты, поставленные в разное время года и даже суток, могут идти по-разному. Но им нигде не было отмечено снижение реакции датчика при продолжительных сеансах и восстановления эффекта при замене датчика аналогичным. Этот результат прямо указывает на существование некоторого порога насыщения, начиная с которого процесс меняет знак - датчик начинает излучать время. Это положение требует тщательной проверки, так как если оно действительно реализуется в природе, то намечается путь реального накопления временной энергии.

Учеными из Новосибирска исследовались воздействия на резистор, идущие от звезд α LYr на расстоянии 26,5 световых лет, β Rep-217,3, β And-135,8 и β And-75,8 св. лет. Наблюдения показали, что мгновенное воздействие звезды на резистор действительно имеет место: показания нулевого индикатора фиксируют истинное положение звезды; видимое положение звезды оказывает заметное, но в несколько раз более слабое воздействие на резистор, чем истинное. Аналогичные результаты были получены учеными при регистрации истинного положения Солнца. Здесь в качестве чувствительного элемента помимо резистора использовалась биологическая система - колония микроорганизмов. Реакция биологической системы на воздействие Солнца, находящегося в истинной «точке» на своей орбите, соответствует реакции физической системы (резистора) на это же воздействие: колония микроорганизмов, помещенная в фокальную плоскость телескопа, куда фокусировалось истинное положение Солнца, после нескольких минут «облучения» начинала интенсивно размножаться.

Таким образом, новосибирскими учеными было получено прямое подтверждение реальности мгновенного взаимодействия посредством физических свойств времени.

Глава IV. КОСМОЛОГИЯ И ВРЕМЯ

О рождении Вселенной, то есть первопричине всего существующего нельзя сказать ничего определенного. Тем не менее наука, в частности, физика пытается найти объяснения наблюдаемым сущностям от микро до макро, в том числе и первопричине, лежащей в их основе.

4.1. Большой Взрыв и концепция «Нулевой Вселенной»

Наука знает большое количество парадоксов, связанных с людьми, творящими ее. Эти парадоксы никоим образом объяснить нельзя. По-видимому, это связано с непознаваемостью до конца человеческой индивидуальности. Один из таких парадоксальных феноменов связан с именем человека, открывшим красное смещение, возникающее при удалении небесных тел от наблюдателя, то есть с разбеганием или расширением Вселенной. Его имя Слифер.

Согласно теории, созданной еще Лапласом, «размытые» объекты на небосводе, называемые в астрономии туманностями, считались предшественниками планетных систем. Он предположил, что Солнечная система возникла из газового облака. Туманности очень напоминали последние. Слифер, увлеченный идеей Ловелла проверить гипотезу Лапласа, будучи осторожным и педантично аккуратным человеком, составил план исследований. Согласно этому плану ему предстояло сначала определить - вращаются ли туманные объекты. Подходящим прибором для этой цели был спектроскоп. В спектроскопе свет от объекта, проходя через дифракционную решетку, разделяется на цвета, в результате чего наблюдается серия линий. При движении объекта относительно наблюдателя эти линии имеют тенденцию смещаться в ту или иную сторону спектра от обычного положения. При удалении объекта смещение происходит в сторону красного цвета, которое получило название красного смещения. Исследуя не очень яркие туманности, Слифер обнаружил, что все они обладают красным смещением, то есть удаляются.

В 1914 году Слифер представил результаты своих исследований на заседании Американского астрономического общества, которые были приняты аплодисментами. Но впоследствии кроме вызванного любопытства среди астрономов, никаких серьезных исследований это выступление не стимулировало. Сам Слифер сделал вывод, что «туманность улетает из нашей области пространства со скоростью 1100 миль в час», то есть практически установив на примере исследования 45 туманностей факт расширения Вселенной, не сделав для этого последний шаг. Этот парадокс объяснить невозможно. Но один человек, присутствующий на докладе Слифера, будучи тогда студентом, через 15 лет привел к логическому завершению его исследования. Этим человеком был Хаббл. Сегодня факт расширяющейся Вселенной носит название закона Хаббла.

Хаббл первым решил вопрос о существовании многочисленных галактик, отстоящих от нашей на миллионы световых лет, обнаружив сначала переменные звезды (*цефеиды*) в туманности Андромеды и доказав, что последняя представляет собой самостоятельную звездную систему. В 1929 году Хаббл сделал сообщение, в котором говорилось, что чем дальше находится галактика от нас, тем быстрее она удаляется. Это и есть сформулированный Хабблом закон: *галактики разбегаются с возрастающей скоростью, равной примерно 30 км/с на каждый миллион световых лет их расстояния от нас, то есть Вселенная расширяется. Закон расширяющейся Вселенной можно записать в виде*

$$V=H(t)r, \tag{4.1}$$

то есть скорость V возрастает прямо пропорционально расстоянию r до галактик. Коэффициент H был назван постоянной Хаббла. Этот коэффициент не зависит от расстояния между объектами, но меняется со временем.

Из закона Хаббла сразу следует вывод логически казался бы безупречный: если идти назад во времени, то галактики начнут сближаться и на очень большом отрицательном отрезке времени (если за ноль принять нашу эпоху) должны «схлопнуться». Именно так рассуждал Дирак, опубликовавший в 1937 году работу, цитату из которой мы приведем: «Вселенная возникла около двух миллиардов лет назад (по современным данным около 10-20 млрд. лет-М. А., С. К.), когда все спиральные туманности были как бы выстрелены из небольшой области пространства, возможно из одной точки!».

Но еще раньше были созданы математические модели Вселенной. Уравнение (4.1), связывающее характеристики Вселенной, имеет несколько классов решений, которые в конечном виде можно представить выражениями:

$$H=0, r=\text{const}; \quad (4.2)$$

$$H=\alpha, r=\rho_0 e^{Ht}, \alpha=\text{const} \neq 0, \rho_0=\text{const} \quad (4.3)$$

$$H=a/t, r=bt^\alpha, a=\text{const}, b=\text{const} \quad (4.4)$$

Решение (4.2), предложенное Эйнштейном, наделяет Вселенную статичностью, то есть ее параметры (r -расстояние между галактиками, ρ_0 -средняя плотность вещества и др.) не меняются с течением времени. Решение (4.3) было получено де Ситером. Это решение описывает уже не статический, а стационарный вариант Вселенной с постоянной средней плотностью и быстро (по экспоненте) меняющимся расстоянием между объектами. Наконец, решение (4.4), соответствующее динамической модели Вселенной, было получено Фридманом. В этой модели вместе с расстоянием r между объектами Вселенной изменяется и ее средняя плотность.

Первые две модели не выдержали проверку наблюдаемыми данными: модель Эйнштейна не описывала красное смещение в спектрах галактик, а вторая, как это уже следует из постоянства плотности при быстром увеличении радиуса, оказалась нереально пустой. В отличие от первых двух, решение Фридмана соответствует наблюдаемым данным, в частности, отвечает закону Хаббла. Кроме того, время существования Вселенной по модели Фридмана составляет $t = 1/H_0$, где H_0 - значение постоянной Хаббла в нашу эпоху. Наблюдаемые данные о постоянной H_0 дают величину $t = 10-20$ млрд. лет. Эта цифра согласуется с измерениями по радиоактивным распадам возраста Земли (4,5 млрд. лет) или звезд (10 млрд. лет). В этой модели существует некоторая критическая плотность ρ , превышение которой ведет к сжатию Вселенной, занижение - к бесконечному расширению. Таким образом, современная физика, опираясь на эмпирические и модельные данные о расширении Вселенной, ставит вопрос о начальном моменте этого расширения, постулируя мгновение «Большого взрыва». Успехи фридмановской космологии оказали магнетизирующее влияние на ученых, причастных к этой области науки. При всей своей привлекательности фридмановская модель не лишена ряда серьезных изъянов, на которые ее сторонники просто закрывают глаза, а надо признать, что приверженцев фридмановской модели достаточно много. Действительно, согласно (4.4) при $t=0$, соответствующем мгновению Большого взрыва, радиус Вселенной равен нулю. Последнее означает, что в нулевом объеме сконцентрировано невообразимое количество энергии. Это не смутило физиков, а для такого состояния они придумали специальный термин, обозначив его сингулярностью. Не смутило и то, что состояние сингулярности противоречит всему накопленному на сегодняшний день физическому опыту, хотя этот довод может оказаться не столь убедительным, ибо весьма вероятно.

что «накопление» еще очень мало. Чтобы представить массу Вселенной, сконцентрированную в одну точку, а вместе с ней и энергию этой точки, «достаточно» собрать сотни миллиардов галактик, в каждой из которых примерно до 100 млрд. звезд, а затем сжать их до размеров точки. По сравнению с такой точкой черная дыра, из которой не может вырваться даже излучение, по выражению Кэри, является «легкой пушинкой». Уже даже эти доводы ставят под сомнение гипотезу Большого взрыва.

Рассмотрим мнение известного австралийского геолога Кэри, чьи научные интересы распространяются далеко за рамки геологии. Научное кредо Кэри - описание концепции расширения Земли. Он не ограничился рамками одной планеты, а перенес свое кредо на всю Вселенную. В результате Кэри приходит к выводу, что возвращение к нулевому моменту времени должно включать убывание массы, так что «зародыш» Вселенной имел не такую уж немисливо большую массу, которую предполагали ряд известнейших физиков (Дирак, Фридман, Гамов и др.), а скорее очень малую или вообще нулевую. Он склонен считать, и нам представляется достаточно аргументировано, что Большой взрыв - просто вымысел, фантазия. Одна из аргументаций следующая: сырье для построения огромного количества галактик появилось мгновенно на «пустом месте». Это означает, что физические законы начали работать с нарушения фундаментальной аксиомы физики - закона сохранения. Законы физики появились вместе с Большим взрывом, то есть в момент рождения Вселенной. Это обстоятельство является основным доводом физической науки в вопросе, касающемся причины самого акта творения Вселенной. Здесь, однако, необходимо отметить, что в варианте модели замкнутой Вселенной ($\rho > \rho_k$) ее рождение рассматривается с точки зрения бесконечной пульсации.

Эйнштейн отмечал, что эквивалентность инертной и гравитационной масс (положенная им в основу ОТО) является одним из самых удивительных фактов в природе. Этот «удивительный факт» находит свое отражение в соотношении, которое включает гравитационную постоянную G , массу M , доступной для наблюдений Вселенной, и хаббловский радиус r :

$$GM/r = c^2, \quad (4.5)$$

где c - скорость света. Многих известных физиков и космологов поражало отсутствие причины, которая могла бы *a priori* указать на равенство (4.5). Впервые на очевидность этого равенства указал Кэри, разработав концепцию «Нулевой Вселенной». Согласно этой концепции масса и потенциальная энергия противоположны друг другу и взаимно уничтожаемы. Соотношение (4.5) означает, что энергия, соответствующая инертной массе (mc_2) любого тела во Вселенной, всегда равна потенциальной энергии Вселенной в поле этого тела (mGM/r). Из этого соотношения прямо следует, что добавление во Вселенной массы dm сразу приводит к уменьшению потенциальной энергии на величину dE , эквивалентную этой массе. По Эйнштейну

$$E_v = mc_2,$$

где E_v - внутренняя энергия частицы с массой m . Добавление этой частицы изменяет гравитационную потенциальную энергию E_p , обусловленную взаимодействием со всеми остальными частицами Вселенной:

$$E_p = - \sum Gmm_1/r_1,$$

где m_1 - масса частицы, находящейся на расстоянии r_1 от новой частицы m . Но

$$\sum Gm_1/r_1 = Gm/r.$$

Так как по эмпирическим данным $GM/r=c^2$ (4.5), то

$$E_p = -mc^2.$$

Следовательно,

$$E_p + E_v = 0.$$

Таким образом, любые добавки массы и энергии во Вселенной дают равный по величине, но противоположный по знаку вклад. Начиная от момента с нулевой пустотой, энергия и масса добавляется равными порциями, сумма которых на любом шаге развития Вселенной от первого момента до наших дней остается равной нулю. Масса Вселенной настолько точно уравнивается, что в равной степени исключает и бесконечное расширение Вселенной и предотвращает конечный коллапс. Этот отлаженный механизм указывает на какой-то руководящий замысел. Возвращаясь к модели де Ситтера, которая не выдержала проверку наблюдаемыми данными, с точки зрения «Нулевой Вселенной» наиболее реальна, ибо стационарное решение уравнений Эйнштейна имеет смысл только в одном случае, когда плотность массы - энергии равна нулю. В этом случае понятие «пустоты» применительно к модели теряет смысл.

4.2. Взаимодополняющий характер ньютоновского притяжения и хаббловского отталкивания

Кэри полагает, что если бы закон всемирного тяготения действительно имел статус универсального, то все галактики притягивались бы сколь далеки они ни были друг от друга. В глобальном масштабе времени эмпирический закон всемирного тяготения противоречит другому эмпирическому закону - закону Хаббла о разбегании галактик. Учитывая, что масштабы эмпирически полученных физических явлений, отвечающих обоим законам, несоизмеримы, экстраполяция первого из области солнечной системы за ее пределы строго представляет лишь формальную процедуру. Поэтому с большой вероятностью можно ожидать, что по этой причине закон всемирного тяготения не является универсальным. Положив за основу эти рассуждения, Кэри объединяет закон Ньютона и Хаббла в общее уравнение (аналогично тому, как Максвелл объединил законы упругой и вязкой деформации):

$$F = F_N \cdot F_x = Gm_1m_2(r^{-2} - ar^2 H^4 c^{-4}), \quad (4.6)$$

где G - гравитационная постоянная, m_1, m_2 - массы двух тел, H - скорость разбега-ния галактик (постоянная Хаббла), c - скорость света, a - безразмерный коэффициент, определяемый эмпирически. Величины H и c взяты в четвертой степени из соображений соблюдения размерности. Если в (4.6) $F_x=0$, то остается в чистом виде закон тяготения. Если же опустить член, содержащий r^{-2} , остается только разбегание Хаббла. Дробь H/c , возведенная в четвертую степень, дает чрезвычайно малую величину. В масштабах солнечной системы хаббловский «добавок» в (4.6) очень близок к нулю. При увеличении r начинает уменьшаться ньютоновская компонента и при $r \rightarrow \infty$ она стремится к нулю, то есть притяжение $F_N=0$. Из этого условия легко вычислить значение коэффициента a . Кэри, положив $a=1$ и вставив в уравнение (4.6) числовые значения для Вселенной, вычислил величину r . Она оказалась равной радиусу

познаваемой Вселенной. При наблюдаемой скорости разбегания галактик значение величины a равно 10^{20} . Отсюда Кэри вычислил то расстояние, на котором ньютоновское притяжение и хаббловское отталкивание уравниваются ($F=0$). Это расстояние $r_0=10^5$ световых лет Кэри назвал «нулем Ньютона-Хаббла». Поскольку величина c/H является радиусом познаваемой Вселенной (не только с точки зрения способностей разума, но прежде всего возможностей познания физических характеристик - массы, энергии, излучения), то четвертую степень этой величины можно рассматривать как объем Вселенной в четырехмерном пространстве - времени или гиперобъем. Таким образом, такие величины, как скорость уменьшения гравитационного притяжения с расстоянием, минимальное расстояние между галактиками и гиперобъем познаваемой Вселенной - внутренне взаимосвязаны.

За последние 20-25 лет астрономия столкнулась с многими загадками. Дело в том, что астрономы «рассматривали» Вселенную как нечто однородное. Последние два десятилетия внесли большие коррективы в эту картину в связи с обнаружением гигантских волоконподобных структур, состоящих из сверхскоплений и огромных пустот – «каверн» или воидов. Их структура подобна гигантским бусам. Наибольшая из таких нитеподобных структур находится в области созвездий Персей и Пегас с протяженностью свыше одного миллиарда световых лет. Теоретики пришли к выводу, что такая структура пространственного расположения галактик неслучайна. Построенные ими математические модели отвечают ячеистой структуре и находятся в порошам согласия с наблюдаемыми данными (рис. 29).

В свете «объединенного» закона Кэри, выраженного уравнением (4.6), ячеистая структура Вселенной находит четкое объяснение: при расстояниях меньших 10^5 св. лет, системы удерживаются гравитацией, образуя скопления, показанные на рис. 25. На расстояниях, превышающих 10^5 св. лет, начинает «работать» космологическое расширение. Таким образом, компоненты скоплений под действием ньютоновского притяжения стягиваются друг к другу, а системы в целом, находящиеся на расстояниях, превышающих 10^5 св. лет, удаляются друг от друга.

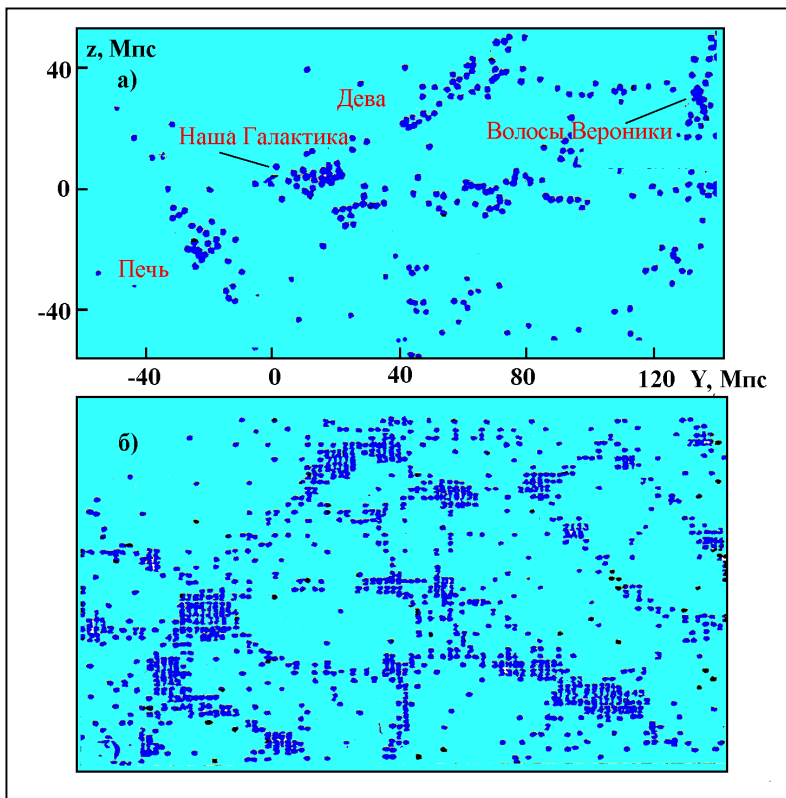


Рис. 29. Ячеистое распределение галактик.
а) в разрезе проходящем через сверхскопление в Волосах Вероники;
б) в численном исследовании гравитационной неустойчивости (по А. Г. Дорошкевичу).

4.3. Пульсирующая Вселенная и энтропия

Гипотеза Большого взрыва, удобная для физиков с точки зрения «сотворения Мира», как мы уже отмечали, имеет ряд серьезных возражений. Например, в рамках этой гипотезы невозможно объяснить наблюдаемую однородность пространства, происхождение галактик, сингулярность, о реальности которой, вообще говоря, с уверенностью не может ответить ни один физик. Тем не менее, большинство астрономов и физиков считают эту гипотезу справедливой. В рамках гипотезы Большого взрыва весьма привлекательна модель пульсирующей или многолистной Вселенной. Эта модель рассматривает «жизнь» Вселенной как периодическую смену расширения (до некоторой максимальной величины) сжатием до коллапса, а затем все сначала. При этом принято, что периоду сжатия, как и расширения, соответствует закон возрастания энтропии. Нам представляется, что это положение неверное. Действительно, в момент времени $t=0$, отвечающий сингулярной «точке», энтропия этой «точки», в которой сконцентрирована вся будущая Вселенная, минимальна и практически равна нулю. В последующее мгновение, начиная с Большого взрыва, она начинает возрастать. Таким образом, в рамках модели пульсирующей Вселенной энтропия, в соответствии с изменением знака «стрелы времени», также должна менять знак. Но это противоречит фундаментальному положению физики - второму началу термодинамики, то есть эпоха сжатия Вселенной знаменуется уменьшением энтропии(?). Признавая возможность пульсирующей Вселенной, как формы ее существования с бесконечно повторяющимся Большим взрывом, мы вынуждены признать, что фундаментальные законы физики, действующие в эпоху расширения Вселенной, теряют свое полномочие с момента ее смены эпохой сжатия. С точки зрения направленности времени Вселенную, соответствующую периоду сжатия, можно рассматривать относительно периода расширения как Мир с обратным ходом времени. Последний в причинной механике определяется знаком псевдоскаляра C_2 . С позиций физики сегодняшнего дня такое положение вещей невозможно, ибо ни одна физическая теория не учитывает возможности нарушения ее фундаментальных законов. В противном случае необходимо было бы знать, каким образом эти законы нарушаются. Причинная механика не исключает Мира с обратным ходом времени, указывая при этом на обязательное выполнение условия сохранения принципа причинности, но с исходом, отличным от Мира с прямым ходом времени. Действительно, в Мире с противоположным течением времени события должны развиваться так же закономерно, как и в Мире с прямым ходом времени. Если направленность времени влияет на материальные системы, то при изменении ее знака должно измениться и это влияние. Поэтому Мир, отраженный в зеркале, по своим свойствам должен отличаться от Мира с прямым ходом времени. Классическая же механика утверждает тождественность этих миров.

В разделе 1.8 мы говорили, что опыты Ву подтвердили гипотезу Янга и Ли о нарушении закона четности при слабых взаимодействиях, то есть физически был опровергнут принцип тождественности, принятый классической физикой. Кроме того, мы видели, что задолго до этих опытов Пастером в результате наблюдений над особенностями биологической жизни наглядно было показано отличие Мира от его зеркального отражения. Сейчас трудно утверждать о конкретном отличии законов Мира с прямым и обратным ходом времени. Ясно одно, что причинная механика, указывая на неизбежность этих отличий, методологически на сегодняшний день является наиболее общей физической теорией. Распространение причинного анализа на Мир с обратным ходом времени, по-видимому, должно приоткрыть занавес на общую тенденцию изменения физических законов в Мире с противоположным ходом времени.

В свою очередь, знание этой тенденции позволит подойти с более реалистических позиций к сюжету «сотворения Мира».

4.4. Вращение - фундаментальное свойство Мира?

Будучи еще студентом физического факультета, одного из авторов этой книги поразило всеобъемлющее свойство вращения, принадлежащее как к мельчайшим субъядерным частицам, имеющим свой момент вращения, так и планетам, вращающимся вокруг своих осей и обращающимся по своим орбитам, галактикам и спиральным туманностям. Квазары вращаются почти с суточным периодом, пульсары - с периодом около секунды. Что является определяющим в этом всеобъемлющем свойстве природы от микромира до масштабов галактик и Вселенной в целом? Неоднократные попытки как умозрительно (Лаплас, Кант), так и в результате физического эксперимента (Блэкетт) ответить на этот вопрос ни к чему не привели. Сегодняшняя физика также не может дать вразумительного ответа. Поэтому даже скептики вынуждены признать, что решения этого вопроса на базе известных нам физических законов исчерпаны, то есть необходим новый взгляд на природу вращения «всего» во Вселенной. Этот «новый взгляд» предоставляет нам причинная механика. Само существование Мира предполагает бесконечные причинно-следственные превращения в пространственно-временном континууме. Любые такие превращения связаны с материальными объектами. На основании накопленных за тысячелетия эмпирических данных о свойствах материи очевидно, что такое свойство как вращение (во вселенческом масштабе) не может быть внутренним, то есть присущим самой материи. Это свойство должно быть определено постоянно действующим на материальные тела некоторым механизмом, несвязанным с материей, а только с пространством и временем. Таким механизмом может быть введенное Козыревым понятие хода времени. Другими словами, время, обладая физическим свойством направленности, в причинно - следственных связях проявляется как некоторый поворот (вращение). Поскольку этот поворот связан с элементарным причинно-следственным звеном, то в силу аксиом 1 и 2 перенос действия из точки «причина» на точку «следствие» осуществляется с помощью хода времени в таком элементарном акте превращения. Сама возможность осуществления этого действия связана только с пространством и временем. Таким образом, механизм, лежащим вне материи и определяющим ее вращение в микромире и до масштабов Вселенной, может являться физической направленностью времени. Мы говорим «может» потому, что прямых экспериментов, позволяющих сделать однозначный вывод в отношении сказанного пока еще нет. Однако эксперименты, которые убедительно показали, что величина псевдодоскаляра C_2 связана только со свойствами пространства и времени, позволяют с большой вероятностью предположить вышесказанное.

Эмпирический закон всемирного тяготения Ньютона остается до сих пор одной из таинственных загадок свойств материи. Теоретическая физика связывает тяготение с геометрическими свойствами пространства и времени. Причинная механика указывает принципиальную возможность такой связи. Эту связь можно проследить, исходя из совершенно других соображений, а именно, используя объединенный закон Кэри. Действительно, размерность постоянной Хаббла [$M^0 L^0 T^{-1}$], то есть T^{-1} , такая же как и у угловой скорости, которая измеряется расстоянием, пройденным по окружности радиуса R , отнесенным к длине этого радиуса [L^0], деленным на время прохождения вдоль окружности [T^{-1}]. Имея одинаковые размерности, постоянная Хаббла и угловая скорость различаются векторными характеристиками: при движении по радиусу вращающегося тела от центра к краю вектор линейной скорости, направленный под прямым углом к радиусу, возрастает прямо пропорционально расстоянию от центра;

аналогично изменяется абсолютная величина вектора хаббловского расширения, но возрастание его происходит вдоль радиуса, а не перпендикулярно ему. Таким образом, вращение и хаббловское расширение, по-видимому, являются фундаментальными свойствами Вселенной. Об этом говорит и Кэри, проводя аналогию между соответствующими векторами и векторами магнитного и электрического полей. Мы далеки от мысли развить эту аналогию, так как козыревская теория времени позволяет сделать совершенно определенный вывод о паре векторов вращение-расширение Вселенной. Действительно, пара вращение-ход времени - это две стороны одной медали, совершенно аналогичной (в этом смысле) паре масса - потенциальная энергия-«Если во Вселенной добавляется новая масса, то добавляется и потенциальная энергия, в точности равная ее инертной массе, и наоборот», - пишет Кэри. Что касается первой пары, то как было установлено Козыревым в опытах с однородным диском (раздел 3.6.3), время может переносить не только две силы, которые, действуя на систему, создают в ней момент вращения, но уже в себе несет момент вращения. Этот вывод однозначно следует из того факта, что диск, подвешенный на нити, под действием отраженного в зеркале процесса поворачивается а сторону, противоположную той, в которую он поворачивался при прямом действии процесса - первое на макроскопическом уровне доказательство нарушения CP-инвариантности. Таким образом, диск поворачивается под действием момента, который несет в себе время. Этот момент - неотъемлемое свойство хода времени, независящее от материальных систем, то есть связанное только с пространственно-временным континуумом. Признавая, что вращение есть фундаментальное свойство Мира, по-видимому, следует признать что кривизна пространства должна быть всегда отличной от нуля, то есть наиболее вероятная геометрия реального Мира - геометрия Римана (раздел 1.6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы проследили развитие взглядов на время в рамках реляционного и субстанционального подходов, начиная с античных времен до наших дней. В отличие от многих теорий, которые на этом отрезке времени коренным образом пересматривались, разрушая одну за другой аксиомы, казавшиеся очевидной истиной, взгляд на проблему времени в современной физике остается практически неизменным. Реляционный подход к феномену времени - это догма, оставшаяся самой консервативной из всех догм, выдвигавшихся в процессе познания Природы. Мы знаем, что наступил момент, когда Пифагор, распознав тень Земли на Луне, разрушил догму о плоскости первой, Коперник «вывел» Землю из центра Мироздания на орбиту, вращающуюся вокруг Солнца, которое позже было выведено из ряда уникальных и поставлено в ряд «обыкновенных» среди миллиарда других солнц. Эти основные вехи познания Природы, к которым можно добавить еще десятки, не были признаны современниками творцов, ломающих догмы, основанные, казалось бы, на «здравом смысле». Зачастую с момента провозглашения революционной гипотезы проходили столетия, прежде чем она была признана. В связи с этим Планк как-то заметил: *«Великая научная идея редко внедряется путем постепенного убеждения и обращения своих противников... В действительности дело обстоит так, что оппоненты постепенно вымирают, а растущее поколение сразу осваивается с новой идеей»*. От себя добавим, что к сожалению, как правило, и авторы идеи не доживают до этого момента.

Современная физика, в частности, теория относительности, рассматривая время с точки зрения реляционного подхода, утверждает, что такие понятия как кривизна пространства и темп течения времени зависят от распределения масс и их взаимного движения (около большой массы, не меньшей массы Солнца, течение времени замедляется), то есть декларируя первичными характеристиками материи, современная физика

отводит времени совершенно нейтральную роль. Таким образом, догма реляционного времени превзошла своим консерватизмом аристотелевские догмы эпохи Ренессанса. Академические круги, а значит реальные люди, среди которых немало глубоких мыслителей, не могут перешагнуть за заколдованный круг шор своей веры – «наркоза, препятствующего познанию», по выражению Кэри. Действительно, обращаясь, например, к общей теории относительности, нельзя не видеть, что согласно ее положениям при предельном переходе материи и энергии (их устремлении к нулю) состояние пространственно-временного континуума описывается геометрией Минковского, то есть совершенно пустое пространство обладает строгой геометрией? Если это так, то как совершенно справедливо отмечено Л. С. Шихобаловым, отсюда следует прямо противоположный принятому современной физикой вывод, а именно, что пространство-время существуют независимо от свойств материи. В частности, время, представляя собой самостоятельную сущность, именно поэтому может взаимодействовать с материей, а значит иметь присущие только ему - времени физические свойства. Современные ученые в упор не хотят видеть прозрачайшего вывода, который прямо следует из общей теории относительности: время не представляло бы самостоятельной сущности только в том случае, если бы общая теория относительности при переходе к пустому пространству-времени приводила бы к абсурдным результатам (время исчезало бы вовсе или темп его становился бы бесконечно большим). Но происходит как раз обратное, то есть геометрия пространства-времени становится вполне определенной. Это пример того, как признанная теория сама указывает на особые свойства, которыми должно обладать время и которые с удивительным постоянством игнорируются современной наукой. Не менее убедительное доказательство особых свойств времени преподносит сама Природа. Сегодня термин «врачевание» в научных медицинских кругах считается почти порочным. Но в знаниях врачевания у древних были заложены глубокие возможности воздействия на организм человека, к которым сейчас просыпается интерес в связи с феноменом экстрасенсорики. Количество утраченных знаний, не в буквальном смысле их понимания, а заложенных в человеке самой Природой, не ограничивается рамками медицины. Сущность этих знаний нам не известна, а попытки «восстановить» их с позиций официальной науки неизбежно приводят к третированию их как мистики. Точные науки до мелочей могут описать сюжет развития событий, но только *post factum*. *A priori* это сделать возможно будет только после того, когда удастся выяснить и изучить причину жизни Вселенной. Тогда в органической связи с достигнутым благодаря современному научному уровню, откроется новая ступень прогресса, ведущая не к разрушению, а к усилению жизни природы. Эта мысль принадлежит Николаю Александровичу Козыреву, который завершает ее фразой, определяющей глубинную сущность человека: *«Тогда восстановится гармония человека с природой»*.

Закончим нашу книгу словами великого Бора: *«Все согласны с тем, что предлагаемая теория безумна. Вопрос в том, достаточна ли она безумна, чтобы оказаться еще и верной»*.

Используемая литература

- Арушанов М. Л., Коротаев С. М.* Поток времени как физическое явление. Деп. ВИНТИ, N7598-889.1989.-67с.
- Арушанов М.Л., Коротаев С. М., Хачай О. А., Шибелянский С. В.* Применение причинного анализа к естественным электромагнитным полям // Магнитное и электромагнитное поле твердой земли. - Владимир-Суздаль, 1991. -79с.
- Арушанов М. Л., Коротаев С.М.* Причинный анализ и его применение для изучения физических процессов в атмосфере //Метеорология и гидрология.-1994. -N6.-С. 15-22.
- Берке У.* Пространство-время. Геометрия. Космология. - М.: Мир,1985.- 289с. *Биррелл Н., Деви П.* Квантовые поля в искривленном пространстве- времени. - М.: Мир, 1984.- 21 Ос.
- Блохинцев Д. И.* Пространство и время в микромире. -М.: Наука, 1982.- 276с.
- Борн М.* Атомная физика. - М.: Мир, 1965. -204с.
- Бриллюэн Л.* Научная неопределенность и информация.- М.: Мир, 1966. -193с.
- Бриллюэн Л.* Новый взгляд на теорию относительности.-М.: Мир, 1972. -110с. *Боодин А. И., Буга и А. С.* Выдающиеся математики.-Киев: Радянська школа, 1987.- 107с.
- Бройль де Луи.* Соотношение неопределенностей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики. - М.: Мир, 1986.- 98с.
- Здовиченко Н. В.* Развитие фундаментальных принципов статистической физики в первой половине XX века. - М.: Наука, 1986. -210с.
- Вейль Г.* Математическое мышление. -М.: Наука, 1989.- 305с.
- Визгин В. П.* Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике. - М.:Наука, 1972.- 320с.
- Визгин В. П.* Единые теории поля в первой трети XX века. -М.: Наука, 1985. -130с. Вопросы физики и эволюции космоса.- Ереван: Изд. АН Армянской ССР, 1978.- 390с.
- Гейзенберг В.* Введение в единую полевую теорию элементарных частиц. -М.: Мир, 1968.- 136с.
- Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. -М.: Наука,1989.- 319с.
- Гельфер Я. М.* История и методология термодинамики и статистической физики.-М.: Высшая школа, 1981.-356с.
- Дадаев А. Н.* Первооткрыватель лунного вулканизма (к 75 - летию Николая Александровича Козырева) //Проблемы исследования вселенной.-1985.-Вып. 11.-С. 8-24.
- Дадаев А. Н.* Николай Александрович Козырев / В кн.: «Н. А. Козырев. Избранные труды».-Л.: Изд. ЛГУ, 1991.- С. 8-48.
- Гроотде С., Мазур П.* Неравновесная тфмодинамика.-М.:Мир,1964.-290с.
- Девис П.* Случайная Вселенная. - М.: Мир, 1985.- 317с.
- Драгунов В. И.* О транссибирской поперечной дислокации //Тр. ВСЕГЕИ. Материалы по геологии и полезным ископаемым Сибирской платформы.-1960.-Вып. 44.-С.12-21.
- Жарков В. Н.* Внутреннее строение земли и планет. -М.: Наука, 1983.- 219с. *Иоффе А. Ф.* О физике и физиках. - М.: Наука, 1985.- 139с.
- Кац В. Г., Козлов В. В., Полетаев А. И., Сулиди-Кондратьев Е. Д.* Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. - М.: Наука, 1989. -187с.
- Кибель И. А.* Введение в гидродинамические методы краткосрочного прогноза. - М.: Изд. технико-теоретич. лит., 1957. 290с.
- Клайн М.* Математика. Утрата определенности. - М.: Мир, 1984.- 309с.
- Козырев Н. А.* Избранные труды.-Л.: Изд ЛГУ,1991.- 441с.
- Козырев Н. А.* Внутреннее строение звезд на основе наблюдательных данных //ВестникЛГУ.- 1984.- N11.- С.18-39.
- Козырев Н. А.* Возможная асимметрия в фигурах планет//Природа.-1950.-N 8.

-С.16-26.

Козырев Н. А. Теория внутреннего строения звезд и источники звездной энергии //Изв. Крымск. астрофиз. обсерв.- 1951. -Т.6. - С.12-29.

Козырев Н. А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. -Л.: Пулковско, 1958. -107с.

Козырев Н.А. Астрономические наблюдения посредством физических свойств времени //Вспыхивающие звезды. Тр. симпозиума, приуроч. к открытию 2,6 м телескопа Бюроканской астрофиз. обсерв. Бюракан, 5-8 октября 1976 года. -Ереван, 1977.- С. 22-37.

Козырев Н.А., Насонов В. В. Новый метод определения тригонометрических параллаксов на основе измерения разности между истинных и видимым положением звезды // Проблемы исследования Вселенной.-М.,Л.-1987,- Вып.7.-С. 21-38.

Козырев Н. А. Описание вибрационных весов, как прибора для изучения свойств времени и анализ их работы // Проблемы исследования Вселенной.-М.-Л.-1978.-Вып. 7.- С. 10-24.

Козырев Н. А. Астрономическое доказательство реальности четырехмерной геометрии Минковского // Проблемы исследования Вселенной. -М.,Л.-1880.-Вып.9. -С.15-32.

Козырев Н. А. Время как физическое явление //Моделирование и прогнозирование в биологии.Сб. науч. трудов.-Рига, 1982.- С. 21-39.

Козырев Н. А. О воздействии времени на вещество //Проблемы исследования Вселенной. -Л.-1985.-Вып. 11.-С. 5-21.

Козырев Н. А., Насонов В. В. О некоторых свойствах времени, обнаруженных астрономическими наблюдениями // Проблемы исследования Вселенной.-1980.-Вып. 9.- С. 12-39.

Колесник В. Д., Полтырев Г. Ш. Курс теории информации.- М.: Наука, 1982.- 329с.

Куликов К. А. Вращение Земли. - М.: Недра, 1985.- 107с.

Кри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной.-М.; Мир, 1991.-235с.

Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика.-М.: Наука, 1986.-490с.

Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. -М.: Наука,1986. -320с.

Ли Дж. У. Классическая механика.- М.: Изд. иност. лит., 1961.- 310с.

Личков Б. Л. К основам современной теории Земли.- Л.: Изд.ЛГУ,1965.-110с. *Логунов*

А. А. К работам Анри Пуанкаре. О динамике электрона.- М.: Изд. МГУ, 19&8. -97с.

Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика земли.- М.: Недра, 1965.-215с.

Макки Дж. Лекции по математическим основам квантовой механики.-М.: Мир, 1963. - 103с.

Мартека В. Бионика.-М.: Мир, 1967. -110с.

Мандельштам Л. И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. - М.: Наука, 1972.- 280с.

Нелипа Н. Ф. Физика элементарных частиц.- М.: Высшая школа, 1977.-110С.

Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы.-Л.:Гидрометеоиздат, 1973.- 510с.

Пирс Д ж. Символы, сигналы, шумы.- М.: Энергоиздат, 1968.- 205с.

Планк М. Теория теплового излучения.- М. Гл. ред. общетехн. лит.,1935.-110с.

Пригожин И. От существующего к возникающему. -М.: Наука,1985.-240с. *Псковский Ч.*

П. Новые и сверхновые звезды. -М.: Наука, 1985.- 230с.

Пуанкаре А. О науке. -М.: Наука, 1983.- 315с.

Ройтенбер Г. Я. Н. Гироскопы. -М.: Наука, 1975.- 230с.

Роузвер Н. Т. Перегилей Меркурия. От Левелье до Эйнштейна. -М.:Мир, 1985.- 275с.

Сазонов А. А. Четырехмерный мир Минковского. -М.: Наука, 1988.- 208с.

- Сахаров А. Д.* Начальная стадия расширения Вселенной и возникновение неоднородности распределения вещества //Экспериментальная и теоретическая физика.- 1965.-№6.- С.5-19.
- Сахаров А. Д.* Топологическая структура элементарных зарядов и СРТ-симметрия // Сборник докладов, посвященный И. Е. Тамму.- 1971.- С. 16-37.
- Сахаров А. Д.* Многолистные модели Вселенной //Экспериментальная и теоретическая физика.- 1982.- №3.- С.12-28.
- Синг Дж.* Общая теория относительности. - М.: Изд. иностр. лит., 1963.-307с. *Седов Л. И.* Методы подобия и размерности в механике.- М.: Наука, 1967.-120с.
- Стейси Ф.* Физика Земли. - М.: Мир, "972.- 206с.
- Угаров В. А.* Специальная теория относительности.-М.: Наука, 1977.- 290с. *Удальцова Н. В., Коломбет, Шноль Е. Э.* Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы. – Пущино, 1987. -93с.
- Фундаментальная структура материи /* Под ред. Дж. Мала и.-М.: Мир, 1984.-91с.
- Хазен А. М.* О возможном и невозможном в науке. -М.: Наука, 1986.- 190с.
- Хакен Г.* Синергетика, Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. -М.: Мир, 1985.- 267с.
- Хармут Х.* Применение методов теории информации в физике. - М.:Наука, 1987.- 210с.
- Хейс Д.* Причинный анализ в статистических исследованиях. - М.:Наука, 1986.-209с.
- Хэллем Э.* Великие геологические открытия. -М.: Мир, 1985.- 289с.
- Храмов Ч. А.* Физики. Биографический справочник.- М.: Наука, 1983.- 312с. *Шкловский И. С.* Звезды: их рождение, жизнь и смерть.- М.: Наука, 1984. -208с.
- Эдер Р. К., Ф аулер Э. К.* Странные частицы. - М.: Атомиздат, 1966.- 120с.
- Юкава Х.* Лекции по физике. - М.: Энергоиздат, 1981.- 110с.
- Arushanov M. L. and Korotaev S. M.* Causal analysis and its application for study of electromagnetic induction in the sea. - EGS General Assemb., Wiesbaden, 1991.-P. 19-29.
- Hayasaka H. and Takeuchi S.* Anomalous weight reduction on giroscope right rotation around the vertical axis of the Earth // Phis. Rev. Letters.- 1990.-V. 63, No. 25.-P. 23-31.
- Kozyrev N. A.* On the possibility of experimental investigation of the properties of Time //Time in Scince and Philosophy.- Prague, 1971.- P.15-65.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Реляционная концепция времени	5
1.1. Возрение на время античных философов	5
1.2. Начало науки о времени	6
1.3. Абсолютное пространство, абсолютное время в ньютоновской механике	7
1.4. Преобразования Галилея	9
1.5. Релятивистские преобразования Лоренца	10
1.6. Неевклидовы геометрии	14
1.7. Пространство Минковского	17
1.8. Время - симметрия - энергия - жизнь	18
Глава 2. От реляционного времени к субстанциональному	25
2.1. Детерминизм и причинность	26
2.2. Энтропия, Вселенная и направленность времени	30
2.3. Термодинамическая вероятность и информационная энтропия	36
2.4. Соотношение неопределенностей и дополнителность	43
2.5. Время в квантовой механике	51
Глава 3. Субстанциональная концепция времени	54
3.1. Николай Александрович Козырев	54
3.2. Наблюдательные характеристики и проблема источника энергии звезд	70
3.3. Возможность исследования свойств времени в физической лаборатории	79
3.4. Теоретические основы причинной механики	83
3.5. Развитие исходных положений причинной механики	93
3.6. Экспериментальная база причинной механики	100
3.6.1. Измерение силы причинности в гироскопической системе	100
3.6.2. Измерения силы причинности, использующие гироскопический эффект Земли	104
3.6.3. Экваториальный сдвиг и S-образное деформирование структурных поясов с позиций причинной механики	116
3.6.4. Обоснование тепловой асимметрии полушарий и положения внутри-тропической зоны конвергенции с позиций причинной механики	119
3.6.5. Взаимовлияние процессов	123
3.6.6. Астрофизические исследования с помощью козыревских детекторов	126
3.6.6. Гипотеза мгновенного взаимодействия и ее проверка	128
Глава 4. Космология и время	133
4.1. Большой Взрыв и концепция «Нулевой Вселенной»	133
4.2. Взаимодополняющий характер ньютоновского притяжения и хаббловского отталкивания	137
4.3. Пульсирующая Вселенная и энтропия	139
4.4. Вращение - фундаментальное свойство Мира?	140
Заключение	141
Используемая литература	144

Арушанов Михаил Львович, канд. геогр. наук,
Коротаев Сергей Маратович, д-р физ. - мат. наук
От реляционного времени к субстанциональному

Редактор канд. геогр. наук С.И. Инагамова
Технический редактор Н.А. Шелаева

Набрано на компьютере в Издательском отделе.

Подписано к печати 26. 09. 95. Формат 60x84-1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 27•9. Уч. - изд. л. 9.9.

Тираж 200. Заказ 1007.

Издательский отдел САНИГМИ, Типография Главгидромета Руз
700052, Ташкент, Обсерваторская, 72.