ВРЕМЯ КАК ПРЕДМЕТ НАБЛЮДЕНИЯ

А.С. Карташов, к. ф.-м. наук, Санкт-Петербург

Время и пространство, как предметы наблюдения, это - далеко не одно и то же. Четырехмерная геометрия может быть только *гиперболической*. К *реальности* относится действительная часть, а мнимая часть, представляющая время, служит для вычисления *изменений*, происходящих с действительной частью - т.е. *в пространстве*. Поэтому время может иметь самостоятельный смысл только как *оператор изменений действительной части*.

Любое физическое тело испытывает *преобразование с течением времени,* поэтому *универсальный оператор*, вызывающий *направленное* преобразование действительной части четырехмерного мира, должен существовать среди имеющихся физических представлений, и его необходимо найти.

Особых поводов для поиска оператора времени физика не дает, следуя древнегреческой традиции приспосабливать *принципы статичности и равновесия безотносительно к наблюдателю* ко всем природным явлениям, не исключая движения. В принципе, любое уравнение классической физики устраняет время.

В одной из дискуссионных статей по этому поводу в журнале *«Science»* почти столетней давности написано: «Почти всюду из естественных наук удалены идеи однонаправленного времени и однонаправленной причинности, как будто физики сознавали, что эти идеи вводят посторонний «антропоморфный элемент» - сознание» (*Lewis Q. N.,», **71,** 1930, 569—577*).

Это высказывание указывает на *исходную точку проблемы времени* – отсутствие в картине мира *современного* наблюдателя как равноправного элемента системы, обладающего определенными *объективными* свойствами, которые должны *дополнять* свойства наблюдаемого объекта. Без такого дополнения мир *сам по себе* обречен на обратимость.

Равномерная ось времени в виде натурального ряда чисел, используемая в физике, не имеет *физически* определенного направления, - подобно тому, как в отсутствие силы тяжести теряют смысл понятия верха и низа. Скрытый характер оператора времени в естественнонаучных представлениях составляет основное содержание *проблемы времени* – во всяком случае, ее физический аспект.

Поиск оператора, представляющего время в физических системах, а также подтверждений его существования в тех или иных естественнонаучных дисциплинах, – таких как *геофизика, астрономия, термодинамика*, – составляют основное содержание работы.

Оператор времени
в специальной теории относительности и в космологии

Оператор времени может проявляться только в *наблюдаемом* пространстве, поэтому он должен быть *релятивистским*, - т.е. имеющим смысл только относительно *заданного наблюдателя*, как и инерция.

Преобразованию одного и того же вида подвергается не только *наблюдаемый* мир, но и сам *наблюдатель*, поэтому оператор времени должен иметь *всеобщий* характер.

Релятивизм и *всеобщность действия* указывают на два основных направления поиска оператора времени в физике – это *специальная теория относительности и нестационарная теория вселенной.*

1. Релятивизм (*специальная теория относительности*)

Специальной теорией относительности выявлена необходимость *преобразования* физических величин, вызванного относительным *движением* тела, - в том числе и *времени*.

Релятивистские функции преобразования *мер* δx *физических величин* $x(K)$, характеризующих наблюдаемое тело, можно представить как решение *задачи на собственные значения*:

$$\Omega(\delta x) = \omega(x) \cdot \delta x \,,$$

где $\Omega = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{d}{dK}$ - дифференциальный оператор

$\omega(x)$ - собственное значение рассматриваемой величины x в спектре оператора Ω

$K = \frac{v^2}{2}$ - кинетическая энергия, нормированная на массу тела.

Параметр $\varepsilon = \varepsilon(K)$ имеет смысл операционной функции энергии, варьируя которой можно получить спектр собственных значений ω

оператора Ω, соответствующий релятивистским преобразованиям СТО.

Положим собственное значение операционной функции $\omega(\varepsilon) = -2$, т.е. она представляет собой гиперболу

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{1 + 2\varepsilon_0 K},$$

где нулевой индекс обозначает *точку расположения наблюдателя*. Тогда меры деформации всех физических величин являются степенными функциями *фактора энергии* $f = \sqrt{1 + 2\varepsilon_0 K}$:

$$\delta x = \delta x_0 \cdot f^{\omega}$$

Деформации подвергаются только меры физических величин, поэтому собственное значение энергии $\omega(K)$ с мерой деформации $\delta K = v\delta v$ должно быть равно собственному значению скорости движения $\omega(v)$. Тогда инвариантность произведения $\varepsilon \cdot dK = v \cdot \varepsilon \cdot dv$, требуемая задачей на собственные значения, обеспечивается, если собственные значения скорости и операционной функции противоположны:

$$\omega(v) = -\omega(\varepsilon) = +2 \quad \Rightarrow \quad \delta v = \delta v_0 \cdot (1 + 2\varepsilon_0 K) = \frac{\delta l}{\delta t};$$

$$\omega(l) = +1 \quad \Rightarrow \quad \delta l = \delta l_0 \sqrt{1 + 2\varepsilon_0 K};$$

$$\omega(t) = -1 \quad \Rightarrow \quad \delta t = \frac{\delta t_0}{\sqrt{1 + 2\varepsilon_0 K}}.$$

При значении неопределенной константы $\varepsilon_0 = -C^{-2}$ преобразование основных мер длины и времени оператором Ω соответствует *релятивистскому преобразованию координат Лоренца*. Из закона сохранения энергии вещества

$$\frac{d(mC^2)}{dt} = 0$$

следует собственное значение массы $\omega(m) = \omega(t) = -1$:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{C^2}}}.$$

В релятивистском преобразовании *время опосредовано через пространство*, благодаря *соглашению* о существовании *предела скорости движения*, к которому классическая физика пришла под давлением электродинамики:

$$\delta v = \delta v_0 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{C^2}\right) \to 0 \,.$$

Установлением этого предела *наблюдатель* впервые со времен древних греков отчетливо *заявил о себе* как равноправный элемент наблюдаемой картины мира, в которой всякий предмет наблюдения должен быть каким-то образом *локализован в собственном поле зрения наблюдателя*.

Оператор релятивистского преобразования Ω, действующий на все *наблюдаемые* движущиеся тела, обладающие *тяжелой* массой m, позволяет *объять необъятное*, локализуя картину движения в поле зрения наблюдателя, *ограниченном энергией вещества* $E = mC^2$, - тем самым выявляется энергия вещества в *состоянии покоя* $m_0 C^2$.

Данный *способ локализации* охватывает *все наблюдаемое вещество*, но только в том случае, если *тяжелая* масса в полной мере эквивалентна *инертной* массе. При наличии каких-либо различий, специальная теория относительности теряет свое всеобъемлющее значение.

2. Всеобщность (*теория нестационарной вселенной*)

«Трудно удержаться от искушения попытаться описать физический мир так, как если бы мы не были частью его. Отстраненность позволила бы нам воспринимать сколь угодно большие, даже бесконечные *скорости распространения сигналов* и определять *начальные условия* со сколь угодно высокой точностью» (*И. Пригожин. От существующего к возникающему*).

В этом высказывании *И. Пригожина* поставлены в один ряд *два типичных заблуждения*, связанные с отсутствием *ограничений* в поле зрения наблюдателя. Первое из них было устранено специальной теорией относительности. Второе заблуждение живет и здравствует до сих пор. «Определять начальные условия со сколь угодно высокой точностью» (*Пригожин*) пытается сегодня *космология*, полностью игнорируя *современного наблюдателя*, для которого Большой взрыв это - не более чем *особая точка* динамических уравнений, нуждающаяся в *ограничении* точности наблюдений.

Оба заблуждения имеют одну и ту же причину – отсутствие наблюдателя. Поэтому оператор *релятивистского* преобразования Ω следует рассматривать как одно из проявлений действия *оператора всеобщего преобразования*, который отражает *влияние наблюдателя* на картину мира, *локализуя* определенным образом не только относительные скорости движения тел, как в специальной теории относительности, но и *любые изменения в поле зрения наблюдателя*, и устраняя тем самым любые особые точки.

Применительно к наблюдателю, как точке отсчета скоростей, оператор всеобщего преобразования приобретает смысл *оператора мирового времени*, преобразующего самого наблюдателя, а вместе с ним и весь наблюдаемый мир – т.е. *конвертера времени.* Формальная основа поиска такого конвертера – сопутствующая веществу система координат, используемая в теории нестационарной вселенной Фридмана. При этом вид найденного оператора должен соответствовать оператору релятивистского преобразования.

Основные динамические параметры наблюдаемой вселенной связаны между собой решениями уравнений гравитационного поля:

$$\frac{kC^2}{R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3} - H^2 + \frac{\Lambda C^2}{3},$$

$$\frac{kC^2}{R^2} = (2q-1)H^2 + \Lambda C^2 .$$

Здесь скорость света C – величина постоянная, а радиус кривизны R, плотность вещества ρ и параметр Хаббла $H = R'/R$ – функции мирового времени τ, которое рассматривается как *равномерное*; G - гравитационная постоянная; $q = -RR''/(R')^2$ - параметр ускорения вселенной; Λ - космологическая постоянная; k - показатель типа пространства

В специальной теории относительности собственное время движущихся тел деформируется таким образом, что *уравнения движения* остаются инвариантными. Последовательный релятивистский подход вызывает естественный вопрос: можно ли деформировать мировое время τ таким образом, чтобы оставались инвариантными *уравнения Фридмана*?

Преобразование времени формально сводится к непостоянству скорости света как весового множителя временного интервала $Cd\tau = CF(t)dt = c(t)dt$. Равномерную шкалу времени Фридман ввел подстановкой единичного весового множителя $F(t)=1$ на основе *идеологии ковариантности* уравнений гравитационного поля относительно любых подстановок, имея в виду, как он выразился, «большие удобства наших обычных представлений» (*А. А. Фридман «О кривизне пространства»*).

Сделанная Фридманом подстановка это - *дополнительное соглашение*, приводящее к *определенному* взгляду на вселенную, но при этом не исключающее и другой точки зрения. *Де Ситтер* еще до работ Фридмана показал в рамках теории *стационарной* вселенной (*В. Де Ситтер. «О теории тяготения Эйнштейна»*), что «обычный» равномерный ход времени это не единственная возможность в *ОТО*. Если преобразуется метрика пространства, то ничто не мешает преобразовываться и времени – в том числе, в *нестационарной* вселенной.

Наличие различных точек зрения на один и тот же предмет является *необходимым* условием объективности его физического описания. Всякий *локализованный* объект, как минимум, *двойственен* как предмет исследования, а для объектов *предельного* характера (например, квантов), этот критерий объективности, закрепленный в *принципе дополнительности*, становится *обязательным*. Различные точки зрения должны в чем-то соответствовать и в чем-то дополнять друг друга – подобно *дуализму* классической и квантовой физики.

Нестационарная вселенная, как *беспредельный* объект наблюдения, должна быть некоторым образом *локализована* как в пространстве, так и во времени, а без наблюдателя это сделать невозможно – точно так же, как невозможно без наблюдателя локализовать объекты микромира, беспредельные в своей малости.

Однако в отношении к наблюдателю теория Фридмана *непоследовательна*: если способ локализации бесконечной вселенной посредством искривления пространства наблюдателя не вызывает сомнений, то при локализации равномерной шкалы времени установлением некой *фиксированной даты сотворения мира самого по себе*, современный наблюдатель полностью устраняется – он *обезличен* в системе координат, сопутствующей веществу, как и любая другая точка пространства. Такой способ локализации во времени выглядит *архаично* и нуждается в *дополнении*, выражающем точку зрения *современного* наблюдателя, который может *существовать только во времени* – что принципиально отличает его точку зрения от *фиксированной во времени* сингулярной точки эволюции, являющейся началом отсчета сопутствующей системы координат.

Условие инвариантности уравнений Фридмана по отношению к преобразованию времени, приводящее к *неравномерному* ходу времени, представляется *дополнительным соглашением*, равноценным соглашению о *равномерном* ходе времени, но более последовательным с релятивистской точки зрения.

Неравномерность хода времени наблюдаемых объектов в нестационарной вселенной означает существование *перспективы* во времени, сходящейся к начальной точке эволюции - *горизонту времени,* которая естественным образом локализует наблюдаемую вселенную во времени в поле зрения современного наблюдателя.

Если среди многочисленных сценариев нестационарной вселенной найдется хотя бы один, обладающий свойством масштабной инвариантности, то *задача идентификации современного наблюдателя*, воспринимающего эволюцию вселенной как масштабно-инвариантный процесс, будет решена.

Такой уникальный частный случай имеет место, когда закон сохранения количества движения вселенной сводится ко *второму закону Ньютона* ($k=1$, $q=1$, $\Lambda=0$):

$$H=\frac{c}{R};\quad \rho=\frac{3H^2}{4\pi G}.$$

Его уникальность становится очевидной, если *деформировать время*. Тогда все параметры, включая скорость света $c=F(t)C$, оказываются решениями однородного уравнения:

$$SX=sX,$$

где число $s(X)$ представляет собой собственное значение параметра $X(t)$ в спектре *оператора времени*

$$S=\frac{1}{H}\frac{d}{dt}.$$

Линейные формы, вытекающие из теории нестационарной вселенной:

$$R'=HR \quad \text{и} \quad R''=-\frac{q(R')^2}{R}=-HR'=-H^2R.$$

$$H'=-2H\cdot H,\quad \rho'=-4H\rho.$$

$$c=HR=R';\ c'=R''=-Hc.$$

позволяют однозначно определить *собственные значения* параметров вселенной в спектре оператора времени S:

$$s(c)=-1,\ s(R)=1,\ s(H)=-2,\ s(\rho)=-4$$

Найденным собственным значениям соответствуют функции:

$$H=\frac{H_0}{1+2H_0t};\quad \rho=\frac{\rho_0}{(1+2H_0t)^2};\quad c=\frac{c_0}{\sqrt{1+2H_0t}};\quad R=R_0\sqrt{1+2H_0t}.$$

при которых решения уравнений гравитационного поля оказываются *масштабно-инвариантными* к преобразованию времени S, так как уравнения Фридмана в любой момент времени сводятся к соотношению между наблюдаемыми характеристиками в настоящий момент времени t=0:

$$H_0 = \frac{c_0}{R_0}; \quad \rho_0 = \frac{3H_0^{\ 2}}{4\pi G}.$$

Действие оператора времени не изменяет *отношения* наблюдаемых параметров вселенной, так что их *современные* значения оказываются *фундаментальными физическими постоянными.*

Преобразующаяся вселенная с ньютоновой динамикой выглядит *одинаково* - как для наблюдателя в глубоком прошлом, так и в поле зрения наблюдателя, удаленного от нас на миллионы мегапарсек; ее динамические свойства идентичны не только *везде*, но и *всегда* - несмотря на ход времени.

Ход мирового времени, в том числе и ход *любых часов*, вызван действием оператора времени S, имеющего всеобщий характер. Следовательно, это и есть тот самый механизм, который приводит в действие *маятниковые часы*, а значит именно он и создает *инерцию*, мерой которой, согласно классическому определению, является масса покоя вещества m_0. Отсюда можно сделать вывод, что работоспособность оператора мирового времени – т.е. ход времени - связана непосредственно с *энергией массы покоя* вещества.

Вид фактора времени $f = \sqrt{1+2H_0 t}$, - в котором время имеет *отрицательное* значение в прошлом и *отсчитывается от наблюдателя*, - идентичен по виду *Лоренц-фактору*. При перемене знака у времени симметрия физических величин, характерная для классической физики, этим фактором нарушается.

Необратимость вносится фактором времени непосредственно через физические величины, поэтому *все физические процессы должны быть необратимыми* независимо от того, какими уравнениями они описываются.

Очевидно, что операторы Ω и S это - один и тот же *оператор, локализующий поле зрения наблюдателя* для двух различных бесконечных объектов наблюдения, которые замыкаются фактором времени и Лоренц-фактором в сингулярностях физических величин. Константа операционной функции *оператора релятивистского преобразования* определяется скоростью света, опосредующей время через пространство, тогда как *оператор мирового времени* содержит время в чистом виде с постоянной Хаббла в качестве операционной константы, имеющей размерность обратную времени.

Относительным движением тел и эволюцией вселенной наблюдаемые физические процессы, содержащие те или иные сингулярности, далеко не исчерпываются. Поэтому следует ожидать, что тот же самый оператор предоставляет нам возможность обозревать и прочие бесконечные физические процессы как *локальные объекты* – например, рост народонаселения Земли или эволюцию биосферы. Различие должно быть только в используемых параметрах процесса и в операционной константе.

Обычно такое преобразование, с устранением сингулярностей посредством *квантования*, применяется к объектам *микромира* и называется *перенормировкой*. Более того, в современной физике существует *методологическое требование*: любая теория, оперирующая объектами наблюдения на пределе наблюдательных возможностей, должна быть *квантовой* и *перенормируемой*. Специальная теория относительности и теория Фридмана в терминах операторов Ω и S, с *дискретными* спектрами собственных значений, удовлетворяют этому требованию. Следовательно, *квантование и перенормировка* не являются специфическими инструментами микромира. Такие же инструменты необходимо использовать и для бесконечностей *макромира*.

Локальная система координат

Существование асимметричного оператора времени в рамках теории Фридмана показывает лишь *математическую* возможность масштабно-инвариантного представления космологической эволюции при параметре ускорения равном единице. Необходимо *дополнительно* указать, каким образом соотносится масштаб мирового времени (t), задаваемого оператором в *сопутствующей* системе координат, с масштабом времени по часам наблюдателя (τ) в его *локальной* системе. Только с точки зрения *заданного* наблюдателя параметры вселенной, преобразующиеся оператором времени, становятся *наблюдаемыми*, и только в том случае, если такая связь возможна, математические параметры приобретают *физическое* содержание.

Наблюдаемые параметры эволюции вселенной в *локальной* системе могут отличаться от собственных функций оператора времени в *сопутствующей* системе. Это отличие выражает *специфику наблюдателя* как активного участника картины мира, так как ее описание строится на основе наблюдений осуществляемых в определенных *условиях существования физического* наблюдателя (т.е. системе отсчета).

Пусть условия существования наблюдателя таковы, что *инвариантами* по отношению к преобразованию времени в его системе отсчета являются расстояния и скорость света

$$s(r) = s(c) = 0$$

при этом радиус кривизны пространства преобразуется так же, как и в сопутствующей системе $s(R) = 1$, а время τ определяется по часам наблюдателя. Для физической практики это - рутинная система координат, определяемая *эталонами мер и весов*, в которой все физические закономерности, как показывает опыт, должны быть *инвариантны* по отношению к преобразованию времени S.

Инвариантность уравнений Фридмана в заданной таким образом локальной системе обеспечивается только при собственном значении параметра Хаббла $s = -1$, при этом закон Хаббла принимает несколько иной вид

$$v = hr_0 = v_0 f^{-1}(\tau), \text{ где } h = H_0 f^{-1}(\tau).$$

Собственное значение плотности вещества уменьшается от -4 до -2, так как плотность пропорциональна квадрату параметра Хаббла. Вследствие инвариантности расстояний (объемов), собственные значения плотности и массы должны быть одинаковыми $s(m) = -2$.

Из сопоставления собственных функций для параметра Хаббла в локальной и сопутствующей системах $\sqrt{1 + 2H_0\tau} \approx 1 + 2H_0 t$, следует уравнение хода мирового времени:

$$2dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 + 2H_0\tau}}.$$

Введение постоянного множителя *2* в масштаб мирового времени t приводит в соответствие *динамический масштаб времени* $1/H_0$ теории Фридмана и *горизонт времени* $\tau_\infty = -1/(2H_0)$, налагаемый оператором. Это означает, что ход мирового времени $d2t$, наблюдаемого в локальной системе координат, имеет собственное значение $s = -1$, и доказывает, что собственные функции оператора мирового времени являются принципиально *наблюдаемыми*.

В *локальной* системе изменяется только *спектр* конвертера времени. Космологические уравнения позволяют определить собственные значения *основных размерностей* физических величин: длины ($s = 0$), времени ($s = -1$) и массы ($s = -2$). Собственные значения производных размерностей нетрудно определить по формулам размерностей физических величин.

Необходимо отметить, что если *оператором релятивистского преобразования* Ω, в котором время *опосредовано* через пространство, деформируются только *меры* величин δx, то *оператором космологической эволюции* S, в котором мировое время представлено *непосредственно*, деформируются сами величины x. Поэтому алгебра собственных значений s должна соответствовать *алгебре размерностей* физических величин.

Следовательно, все *физические величины* x в локальной системе координат можно рассматривать как собственные функции космологического оператора времени с *дискретным спектром* собственных значений: s=0, ±1, ±2..., - так что все переменные физические величины оказываются *необратимыми* во времени.

Приведенный способ введения локальной системы координат - не единственный; можно взять в качестве инвариантов и другие переменные. В частности, если масштаб времени рассматривать непосредственно как инвариант, определяемый в полной мере по часам наблюдателя и равный мировому времени ($dt=d\tau$ - абсолютное время), а расстояния r считать свободным параметром, то мы получим картину *расширения вселенной*. Оператор времени в такой локальной системе вырождается, так как фактор времени принимается постоянной величиной (f=1), – что и было сделано Фридманом.

Оба варианта системы координат есть, не более и не менее, как различные точки зрения на одну и ту же сущность - оператор мирового времени, которые не заменяют друг друга, а *дополняют*. Их дуальность отчетливо проявляется в двух возможных *интерпретациях* закона Хаббла:

$$v = H \cdot (r_0 f) = Hr \quad \text{и} \quad \frac{v}{r_0} = \frac{H_0}{f} = h\,.$$

Первая интерпретация придает скорости Хаббла кинематический характер *линейной скорости расширения* пространства, тогда как вторая - *угловой скорости вращения* (или, иначе, *частоты*) при *фиксированном* расстоянии от наблюдателя. Это не более чем различные *чувственные образы* одного и того же явления – действия конвертера времени.

Дуальность *интерпретации* наблюдаемых явлений становится существенным элементом вселенной лишь вблизи *горизонта*, где органы наших чувств попадают в область *неопределенности*. Это означает, что космологию *Большого взрыва* нельзя абсолютизировать и, тем более, *приписывать* сингулярной точке эволюции те или иные *физические* свойства из области предельно малых масштабов. Такая интерпретация особой точки эволюции вселенной подобна тому, как если бы мы, глядя на линию электропередачи, стали утверждать, что уменьшение столбов в перспективе связано, например, с увеличением силы тяготения.

Всякий объект наблюдения, как минимум, двойственен в физическом представлении, и только в этой двойственности он объективен в соответствии с *принципом дополнительности*. Представление о волнах-частицах и принцип неопределенности Гейзенберга являются образцами такой объективности в микромире. Этот же самый принцип, предполагающий наличие наблюдателя наряду с наблюдаемым объектом, спасает и телеграфные столбы от непомерной силы тяжести в наших представлениях. Однако в космологических представлениях здравый смысл почему-то отступает перед всевозможными физическими фантазиями.

С точки зрения здравого смысла (т.е. принципа дополнительности), к представлениям о *начале времен* и о *горизонте времени* нельзя подходить с позиций формальной логики по принципу исключенного третьего, а следует исходить из того, что *обратимые* уравнения динамики и оператор мирового времени, отражающий *необратимость* изменений наблюдаемых параметров, являются различными проявлениями «третьего» - т.е. объективной реальности. Оба способа описания вселенной должны в чем-то соответствовать и в чем-то дополнять друг друга - подобно тому, как квантовая механика соответствует классической по усредненным параметрам и дополняет ее в масштабах, где понятия классической механики неприменимы.

До полноценной *физической теории времени* тут еще, конечно, очень далеко. Использованная *методология наблюдения* за свойствами уже готовых решений и их обобщения в форме оператора, представляющего время, вполне достаточна на стадии поиска. Однако *онтология* необратимости остается неясной и залегает, по-видимому, где-то гораздо глубже специальной теории относительности и теории нестационарной вселенной, которые отражают лишь ее частные внешние проявления. Тем не менее, можно наметить некоторые ориентиры для развития *теории времени*.

Закон возрастания энтропии

Конвертером времени осуществляется *всеобщее релятивистское преобразование* или, иначе говоря, *превращение* всех физических систем в поле зрения заданного наблюдателя, – будь то наблюдаемая вселенная, движение отдельных тел или же термодинамические системы. За счет конвертации физической реальности, время, наряду с абсолютным смыслом, приобретает и относительные смыслы, причем, во всех своих аспектах – и в физическом, и в биологическом, и в космологическом, и в историческом. В связи с этим, целесообразно рассматривать все эти смыслы как действие *всеобщего эволюционного закона*, которому подчиняются *любые системы, включающие наблюдаемый объект и наблюдателя*. В качестве такого закона напрашивается в первую очередь *закон возрастания энтропии*. Однако для этого потребуется обобщенное представление об энтропии, далеко выходящее за рамки термодинамических систем.

Не претендуя на полноту, ограничимся *однопараметрическими* системами. Пусть x – *параметр* состояния такой *системы, включающей некий объект и наблюдателя*. Функцию $R(x)$, представляющую собой количественную величину, мера которой характеризует *реакцию* системы в той или иной форме на изменение параметра состояния, назовем *референтом x* в данной системе. Бесконечно малое количество референта обозначим δR, а его отношение к бесконечно малому изменению параметра системы $V = \delta R / dx$ (или, иначе говоря, количество референта, содержащееся в единице параметра) назовем *референтной емкостью системы* для данного параметра состояния.

Очевидно, что бесконечная малое изменение референта $\delta R = V dx$, помимо dx, зависит еще и от референтной емкости V, некоторым образом связанной с параметром x, и не является, таким образом, *функцией состояния* системы, которая должна быть *полным дифференциалом*. Поэтому необходимо ввести еще один параметр состояния η, *дополняющий* бесконечно малые приращения референта Vdx до полного дифференциала:

$$dy = x d\eta + V dx .$$

Реакция системы на изменение параметра x при таком дополнении может быть описана дифференциальными уравнениями посредством *двухпараметрической функции состояния* $y = y(\eta, x)$. При этом частные производные функции состояния определяются весовыми множителями полного дифференциала:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = V; \quad \frac{\partial y}{\partial \eta} = x .$$

Слагаемые количества должны быть *соизмеримы*, поэтому первое слагаемое функции состояния, как и второе, должно представлять собой бесконечно малое изменение референта. Отсюда следует *определение* дополнительного параметра η в дифференциальной форме как отношения бесконечно малого изменения референта к основному параметру состояния

$$d\eta = \frac{\delta R}{x}.$$

Если система находится в *равновесии*, то ее состояние при изменении параметра x не должно изменяться:

$$dy = 0, \qquad xd\eta = -Vdx = -\delta R.$$

Отсюда следует, что дополнительный параметр состояния системы η характеризует *потери референта вследствие превращения его в иные формы* реакции системы на изменение основного параметра dx (внутренние превращения) в состоянии равновесия. Такой параметр состояния в *термодинамических* системах, для которых основным параметром является *температура*, его референтом - *количество теплоты*, а иная форма реакции – это *работа*, называется *энтропией*.

Из вышеизложенного видно, что с формальной точки зрения область применения энтропии может быть распространена на *любые* системы, – и физические, и биологические, и даже общественные. Это дает принципиальную возможность изучать различные системы на *единой методологической основе*.

1. Функция состояния механической системы

Рассмотрим для примера простейшую механическую систему - *относительное движение тела*. Состояние такой системы, *состоящей из движущегося тела и наблюдателя*, представляет перемещение тела в пространстве относительно наблюдателя, определяемое дифференциалом пройденного пути $dl = vdt$. Параметром состояния является время t, а его референт представлен бесконечно малой величиной $\delta R = vdt$.

Если при движении тела происходит *потеря* референта времени, связанная с теми или иными силовыми воздействиями, то должно происходить его *перераспределение* между двумя бесконечно малыми величинами vdt и $td\eta$, так что каждая из них не является дифференциалом *в данной точке* пространства и времени (l, t). Но в сумме они составляют полный дифференциал функции состояния

$$dy = vdt + td\eta.$$

Этот дифференциал можно назвать *перемещением*, имея в виду, что изменение «места» тела происходит как в пространстве, так и во времени. Референтная емкость времени эквивалентна скорости движения тела, при этом должны строго выполняться соотношения для частных производных, при которых *пространственно-временное перемещение* становится полным дифференциалом:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = v; \quad \frac{\partial y}{\partial \eta} = t \; .$$

Первое соотношение - это классическое определение скорости движения, второе - определение самого времени *как производной функции состояния по энтропии системы*.

В роли частной производной функции состояния время приобретает смысл скорости *внутренних превращений* механической системы, мерой которых является изменение энтропии $\partial\eta$. Изменение времени ∂t при этом представляет *меру движения* (внешние изменения), как одну *из двух* составляющих функции состояния, характеризуемую скоростью тела, которая приобретает смысл *движущей* (или кинематической) *емкости времени*.

При постоянной энтропии $d\eta = 0$ и наличии силы, вызывающей изменение кинематической емкости времени v, возникает ускорение движения

$$a = \frac{dv}{dt} = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\right)_{d\eta=0} .$$

При этом в точке относительного покоя - т.е. в начале отсчета с нулевой емкостью времени $v = 0$ - происходит *ускоренное внутреннее преобразование механической системы, не прекращающееся никогда*

$$dt = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2}\right)_{v=0} d\eta \; .$$

Иными словами, *наблюдатель непрерывно преобразуется* (обновляется), а вместе с ним - и вся наблюдаемая картина движения. Это и есть *ход времени* в терминах функции состояния. В терминах ньютоновой механики, ускоренное преобразование предполагает наличие постоянно действующей *преобразующей силы* во вселенной – как ее *дополнительного свойства*.

Классическая механика не принимала во внимание внутреннего превращения механической системы *как референта времени* при перемещении тела и ограничивалась только очевидным референтом – *движением*. Поэтому время t как таковое выпало из системы научных представлений, фигурируя в них лишь в качестве дифференциала dt, представляющего собой только *меру* *движения* и ничего более. Образовался замкнутый логический круг: время определяется посредством движения (часы), а движение (т.е. расстояние, скорость, ускорение) – посредством времени.

Введение в кинематику *дополнительного* параметра - *энтропии*, имеющей универсальный смысл для всех физических систем как *меры внутренних превращений*, размыкает этот круг, так как в функции состояния механической системы, помимо *движения*, появляется еще один референт времени – преобразование системы в той или иной количественной форме. Частные случаи таких преобразований как раз и демонстрируют специальная теория относительности и теория нестационарной вселенной.

Энтропия механической системы как дополнительный параметр состояния приводит к расширению представлений не столько о движении, сколько о времени. Время, тем самым, освобождается от прокрустова ложа движения, а само движение, как референт времени, входит лишь составной частью в *изменение функции состояния* механической системы, включающей наблюдаемое тело и наблюдателя. Такое разделение понятий *движения* и *перемещения в пространстве-времени*, высвобождающее в понятийном пространстве механики место для *превращения*, дает возможность говорить о времени вообще - в отсутствие какого бы то ни было движения.

2. Логарифмическая шкала эволюции

От кинематического примера вернемся к обобщенному представлению функции состояния $y(x,\eta)$ и рассмотрим подробнее *эволюцию* однопараметрической системы в состоянии *равновесия*:

$$dy = xd\eta + Vdx = 0 .$$

Для этого введем в уравнение состояния время

$$\frac{dx}{x} = -\frac{d\eta / dt}{V} dt$$

и ограничимся следующими упрощающими условиями.

Пусть *скорость изменения энтропии пропорциональна референтной емкости*. Тогда эволюция должна описывается уравнением применимым, как известно, ко многим физическим системам, -

$$\frac{dx}{dt} = -\lambda x ,$$

- в частности, к процессу радиоактивного распада, в котором $\lambda = (d\eta/dt)/V$ - постоянная распада, а x - количество распадов атомов.

Кроме того, положим, что *время равномерно,* т.е. $t = n\Delta t$, где n - натуральный ряд чисел. Тогда, интегрируя уравнение при постоянном коэффициенте λ и заменяя производную энтропии на отношение *конечных* приращений при заданном дискретном шаге времени, получаем *логарифмическую шкалу эволюции* системы

$$\ln\frac{x_0}{x_n} = qn, \text{ где } \quad q = \frac{\Delta\eta}{V} = const.$$

Для температуры логарифмическую шкалу *экспериментально* обнаружил Ньютон (*И. Ньютон. «Шкала степеней теплоты и холода*). Измеряя *безразмерный* параметр q для различных металлов, он выявил его *постоянство* при беспредельном росте n и сформулировал в итоге закон охлаждения следующим образом: «*...если времена охлаждения понимать равными, то теплоты будут в геометрической прогрессии и могут легко быть найдены по таблице логарифмов*».

Это фундаментальное открытие в переводе на современный язык означает, что на каждом шаге n в равновесной системе происходит изменение энтропии, связанное с изменением основного параметра x *логарифмически*:

$$\Delta\eta = k\ln W, \quad W = \left(\frac{x_0}{x_n}\right)^{a/n}, \quad V = ak.$$

Величина W имеет смысл *вероятности перехода системы* в состояние n из предшествующего состояния $n-1$, числовой коэффициент a зависит от свойств системы, а постоянная k имеет размерность референтной емкости. Переход может осуществляться определенным количеством способов, поэтому *вероятность перехода* должна быть пропорциональна *количеству способов*.

Суммирование логарифмов по натуральному ряду чисел от единицы до n приводит к выражению для энтропии

$$\eta(P) = k\ln\left(\prod_n W_n\right) = k\ln P,$$

При этом вероятность P будет пропорциональна *общему количеству способов*, которыми система может перейти от *начального* состояния к *конечному*.

Для термодинамической системы, как известно, вероятность P была введена Больцманом. Отличие состоит лишь в том, что Больцманом, а впоследствии и Планком в спектре равновесного излучения, *дискретизировалась энергия*, тогда как в данном случае *дискретизирется непосредственно время*.

Изменение энтропии в термодинамической системе при дискретизации времени $\Delta\eta = qV$ не может быть бесконечно малой величиной при *ненулевом* значении теплоемкости V и постоянном значении коэффициента q. Следовательно, и для шага времени Δt, определяющем изменение энтропии, должно существовать *пороговое* значение – *квант времени*; в пределе – это планковский масштаб, от которого всего один шаг до *кванта энергии*.

Из выражения для вероятности W непосредственно следует, что если параметр состояния x_n имеет *ненулевой* предел при n стремящемся к бесконечности (это - обязательное математическое условие при возведении в степень), тогда *изменение* энтропии $\Delta\eta$ на заданном промежутке времени Δt неуклонно стремится к нулю, но никогда его не достигнет. Это означает, что равновесная система, в которой скорость изменения энтропии пропорциональна референтной емкости, может *неограниченно долго* находиться в состоянии равновесия *при равномерном ходе времени*.

В случае абсолютной температуры, сдвигая шкалу Кельвина на постоянную величину T_E, подлежащую определению, -

$$W = \left(\frac{T_0 + T_E}{T_n + T_E} \right)^{\frac{a}{n}},$$

- получаем, что предел температуры достигается при абсолютном нуле $T_n \to 0$. Замедление роста энтропии на бесконечности равносильно *второму* началу термодинамики, а существование предела для параметра состояния - *третьему*. Таким образом, второе и третье начала термодинамики оказываются взаимосвязанными – обстоятельство, которое в свое время оспаривалось Нернстом, настаивавшем на независимом характере третьего начала.

Не исключено, что температурная константа T_E при сопоставлении с больцмановой энтропией окажется равной температуре равновесного излучения вселенной $2.7^o K$, приобретающей в таком случае смысл *фундаментальной физической постоянной*, что соответствовало бы абсолютному нулю температур, который, вообще говоря, и следует ожидать на границе мира, откуда приходит к нам равновесное излучение.

Непосредственное *квантование времени*, в отличие от квантования энергии, представляющей собой *инвариант* во времени, имеет методологическое преимущество, так как снимает возражения оппонентов Больцмана (в том числе и современных) о *фундаментальности* закона возрастания энтропии со временем в термодинамических системах. При квантовании энергии, без непосредственной связи со временем, это было неочевидно.

Ньютон первым пошел по пути непосредственного квантования времени, забежав вперед лет на двести пятьдесят. Поэтому его «преждевременное» открытие логарифмической шкалы температур, не уступающее по фундаментальности закону всемирного тяготения, не могло быть должным образом оценено наукой, и сегодня оно практически забыто. Но сама формулировка закона охлаждения свидетельствует о том, что представление об *абсолютном времени как о натуральном ряде чисел*, которое он ввел в механику в качестве постулата, сформировалось не на пустом месте, а имело глубокие, в том числе и экспериментальные теплофизические основания.

3. Гиперболический закон эволюции

Рассмотренный частный случай эволюции физической системы, когда скорость изменения параметра состояния пропорциональна самому параметру, представляет собой упрощенную модель, с некоторой точностью применимой к процессам охлаждения металлов и радиоактивного распада. Все разнообразие физических систем, этой идеальной моделью далеко не исчерпывается, но это не меняет существа дела. Если в простейшем случае действует закон возрастания энтропии, то он должен иметь силу и для более сложных систем – причем, независимо от их физической природы. Следовательно, дополнительный параметр η не только для термодинамической системы, но и в общем случае физической системы, имеющей внутреннюю структуру, можно рассматривать как *энтропию*, понимая под этим понятием *меру предрасположенности системы к внутренним превращениям,* определяемую соответствующей емкостью.

Но возникает естественный вопрос об эволюции системы в общем случае, когда скорость изменения параметра состояния представляет собой произвольную функцию:

$$\frac{dx}{dt} = f(x).$$

Следуя примененной выше схеме, запишем данное уравнение в эквивалентном виде

$$\frac{dx}{x} = \frac{f(x)\Delta t}{x} \cdot \frac{dt}{\Delta t} = q\frac{dt}{\Delta t}.$$

Положим далее, что отношение изменения энтропии на заданном шаге времени к референтной емкости - величина постоянная

$$q = \frac{\Delta\eta}{V} = \frac{f(x)\Delta t}{x} = const$$

и проинтегрируем:

$$\int_{x_0}^{x} \frac{dx}{x} = q \cdot \int_0^t \frac{dt}{\Delta t}.$$

Логарифмическую шкалу для параметра состояния *x*:

$$\ln\frac{x_0}{x_n} = nq,$$

- требуемую законом возрастания энтропии, - можно получить отсюда не только путем введения равномерного времени

$t = n\Delta t$, где $\Delta t = const$,

но и еще одним способом:

$$\int_0^t \frac{dt}{\Delta t} = \int_{\Delta t_0}^{\Delta t} \frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = -n \quad \Rightarrow \quad \Delta t = t_0 - t = \Delta t_0 e^{-n},$$

Следовательно, время не обязательно должно быть равномерным. Могут существовать и такие системы, в которых *само время эволюционирует* в поле зрения наблюдателя, подчиняясь все той же логарифмической шкале, в которой натуральный ряд чисел представляет *время наблюдателя*

$$\ln\frac{\Delta t_0}{\Delta t} = n = \frac{\tau}{\Delta\tau}.$$

Последовательные периоды *наблюдаемого времени* представляют собой разницу между конечным значением t и некоторой постоянной точкой временной шкалы t_0:

$$\frac{f(x)}{x} = -\frac{q}{\Delta t} = \frac{q}{t - t_0}.$$

Подставляя в формулу параметр состояния x из логарифмической шкалы эволюции системы

$$x = x_0 e^{-qn} = x_0 \cdot \left(e^{-n}\right)^q = x_0 \cdot \left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t}\right)^q,$$

получаем для функции f эквивалентное выражение:

$$f(x) = -\frac{qx^2}{x_0 \Delta t} \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_0}\right)^q.$$

Функция параметра состояния не должна содержать времени в явном виде, поэтому шкала наблюдаемого времени может быть согласована с логарифмической шкалой параметра состояния системы только при значении показателя степени равном единице $q = 1$, что однозначно определяет вид функции f:

$$f(x) = -\frac{x^2}{x_0 \Delta t_0}.$$

При этом реализуется *гиперболический закон эволюции* системы:

$$x = \frac{x_0 \Delta t_0}{(t_0 - t)}.$$

Гиперболическим законом описывается эволюция многих систем, имеющих то или иное *ограничение во времени*, - т.е. *локализованных во времени*. Это - и закон роста народонаселения, и закон роста массы используемых ресурсов, да и в физике найдется немало примеров систем эволюционирующих подобным образом. Для всех таких систем, в отличие от систем неограниченных во времени, основополагающим является условие $q = 1$, устанавливающее знак равенства между изменением энтропии системы и референтной емкостью: $\Delta\eta = V$. Правая часть логарифмического закона эволюции системы при этом представлена только натуральным рядом чисел *n*, поэтому можно утверждать, что *естественная эволюция любой системы, локализованной во времени*, *безусловно необратима*. Время в данном случае, становясь собственным референтом, как бы берет ответственность на себя за *необратимость* гиперболического закона эволюции, который сам по себе явных признаков необратимости не обнаруживает.

Справедливость условия $q = 1$ подтверждается натурными исследованиями ускорения времени в ходе эволюции *биосферы*. Рядом исследователей (*Г. Д. Снуксом, И. М. Дьяконовым, С. П. Капицей, А. Д. Пановым*) было установлено, что эволюция биосферы происходит путем смены достаточно длительных *фаз* стабильного состояния биосферы, разделяемых относительно быстрыми переходами к следующей фазе - *биосферными революциями*. При этом наблюдается ускорение смены фаз развития:

$$\Delta t_n = \frac{\Delta t_0}{\alpha^n} \quad \Rightarrow \quad \ln\frac{\Delta t_0}{\Delta t_n} = \ln a \cdot n.$$

Здесь $\Delta t_n = t_0 - t_n$, t_n – момент времени биосферной революции с номером n; t_0 – отсчетная точка; Δt_0 – рассматриваемый период эволюции биосферы; α – фактор ускорения.

Характеризуя эволюцию биосферы различными референтами, все исследователи сходятся в численном значении фактора ускорения. Например, *С.П. Капица* оценивает этот фактор в пределах $\alpha = 2.5 - 3.0$ за период времени, начиная с гоминид. *Г. Д. Снуксом* значение $\alpha = 3$ было определено, исходя из анализа биологических и технологических изменений биомассы. *А. Д. Панов* выявил за весь период существования биосферы *18* биосферных революций и оценил фактор ускорения значением $\alpha = 2.67 \pm 0.15$.

Биосферные революции по А. Д. Панову

Найденная исследователями *эмпирическая* закономерность ускорения эволюции биосферы, прологарифмированная по натуральному основанию, представляет собой логарифмическую шкалу равновесных периодов эволюции. Значение коэффициента $q = \ln\alpha$ по эмпирическим оценкам фактора ускорения должно быть близко к *единице* – в полном соответствии с излагаемыми системными представлениями о гиперболическом законе эволюции.

В гиперболическом законе эволюции, связанном, как выяснилось, с законом возрастания энтропии, начинает прорисовываться *онтология оператора мирового времени*, так как именно по такому закону изменяется операционная функция H. Полагая настоящий момент времени $t = 0$ конечной точкой эволюции $\Delta t_0 = t_0 = 1/H_0$ и делая подстановку времени наблюдателя $t = -2\tau$, обращенного в прошлое, получим гиперболический закон эволюции в виде, соответствующем параметру Хаббла как собственной функции оператора космологической эволюции с собственным значением $s = -2$:

$$H = \frac{x_0 \Delta t_0}{(t_0 - t)} = \frac{x_0 \Delta t_0}{t_0} \cdot \left(\frac{1}{1 + 2\tau / t_0} \right) = \frac{H_0}{1 + 2H_0\tau} \quad \Rightarrow \quad s(H) = -2 \ .$$

Постоянная Хаббла $H_0 = 1/t_0$ представляет собой величину обратную так называемому «возрасту» вселенной t_0 - в полном соответствии с современными космологическими представлениями.

Предположение о единстве природы космологического оператора S и оператора релятивистского преобразования Ω, получает веское подтверждение со стороны общесистемных представлений об энтропии. Похоже на то, что это - действительно различные проявления одного и того же *оператора эволюции*, который, *локализует во времени* всю картину мира в поле зрения современного наблюдателя и выстраивает ее в сходящиеся на горизонте временные ряды, создавая тем самым *истории эволюции различных систем*, в соответствии с теми или иными значениями параметров операционной функции. При этом операционная функция имеет в спектре оператора эволюции, одно и то же собственное значение равное – 2, поскольку этого требует *закон возрастания энтропии*.

Квантово-временные свойства вселенной

Эволюция вселенной, дополненная условием масштабной инвариантности уравнений Фридмана по отношению к преобразованию времени, является одной из таких историй наряду с эволюцией биосферы. Любая физическая величина в этой истории, помимо размерности, имеет собственное значение в *дискретном* спектре оператора мирового времени, - т.е. характеризуется определенным *квантовым числом*.

Квантовые числа основных размерностей определяются динамикой вселенной. Для производных размерностей квантование можно сделать исходя из анализа размерностей, с учетом условия инвариантности физических законов относительно преобразования времени. Теория размерностей в таком случае становится *квантовой теорией* (см. таблицу в приложении).

Благодаря преобразованию времени, современный мир *необратимо* преобразуется вполне определенным образом, в результате чего у картины *наблюдаемого* прошлого есть «*раньше*» и «*позже*». В этом смысле, *масштабно-инвариантную модель вселенной* можно назвать *квантовой эволюционной моделью мирового времени*, которая недвусмысленно свидетельствует, что *у мирового времени есть история* с точки зрения современного наблюдателя, и эта история *принципиально необратима*.

Квантово-временные различия физических величин s в спектре оператора мирового времени, являются *дополнительным физическим свойством*, которое должно проявлять себя в тех или иных физических эффектах.

Например, ход времени с собственным значением $s=-1$ *замедляется в прошлом*, и прямым индикатором этого эффекта является *рост скорости Хаббла*, имеющей такое же квантовое число. Вместе с тем, *линейная скорость* (т.е. относительная скорость движения тел), как производная расстояния по времени $s(v)=0-(-1)=+1$, а также *угловая скорость* астрономических объектов и *частота их излучения* уменьшаются пропорционально фактору времени, поэтому *наблюдаемая вселенная выглядит неподвижной, но при этом спектры излучения имеют красное смещение, возрастающее в ретроспективе, как и скорость Хаббла*.

В локальной системе координат *линейная скорость* отличается квантовым числом $s=+1$ как от скорости Хаббла $s=-1$, так и от скорости света $s=0$. Следовательно, спектр конвертера мирового времени выявляет *квантово-временные различия между величинами, имеющими одинаковое название и размерность*, но отличающимися по своей *темпоральной* природе. Подобные различия должны быть также между *инертной* и *тяжелой* массами, которые теория тяготения не различает.

Квантово-временные различия физических величин с одинаковой размерностью могут приводить к удивительным на первый взгляд и даже загадочным явлениям, но имеющим вполне банальное объяснение при данном способе задания локальной системы координат. В качестве примера можно привести явление *ускорения расширения Вселенной*, обнародованное в 1998 году *Солом Перлмуттером*, руководителем проекта «Сверхновые для космологии» (*Supernova Costmology Project, SCP*).

Это открытие повлекло за собой бум фантастических публикаций, посвященных различным толкованиям природы *антигравитационных сил*, якобы расталкивающих вселенную. Надо сказать, сам *Перлмуттер* был более осторожным с интерпретациями обнаруженного его группой явления, заметив, что «*это может оказаться и что-то совсем неожиданное, но похожее на ускорение*», - и был, по-видимому, прав.

Действительно, уменьшение *линейных скоростей* в *ретроспективе* не имеет отношения к динамике вселенной, а связано исключительно с оператором времени. Если *интерпретировать* красное смещение как показатель *линейной скорости* (как это и принято у астрономов), тогда за счет *прямой* пропорциональности относительных скоростей фактору времени $v=v_0 f$, расстояния до астрономических объектов (например, до сверхновых типа *Ia*) в настоящий момент r_0, должны быть *меньше*, чем ожидаемые по закону Хаббла. Отличие *наблюдаемого*

$$r_0 = \frac{v}{h} = \frac{v_0}{H_0} f^2$$

от *ожидаемого*

$$r_0 = \frac{v_0}{H_0}$$

будет тем больше, чем дальше в прошлое мы заглянем, так как фактор времени в ретроспективе стремится к нулю - что, собственно говоря, и было обнаружено в проекте «Сверхновые для космологии». В этом смысле открытие «ускорения вселенной» можно рассматривать как *прямое подтверждение существования оператора мирового времени*.

Энергия массы покоя, в силу инвариантности скорости света, преобразуется обратно пропорционально *квадрату* фактора времени, вслед за массой, при этом *кинетическая энергия* $mv^2/2$ не конвертируется временем $s = -2-(-2) = 0$. В связи с тем, что значение постоянной Хаббла *H_0* чрезвычайно мало, масса покоя резко возрастает в непосредственной близости от *временного горизонта наблюдателя* $\tau_\infty = -1/(2H_0)$, - где ход времени как бы останавливается, а энергия массы покоя устремляется к бесконечности, порождая *видимую картину взрыва*.

Рост энергии массы покоя вещества, в свою очередь, приводит к необходимости существования *равновесного фонового излучения* в силу закона *Стефана-Больцмана* $E = aT^4$. Энергия излучения обратно пропорциональна квадрату фактора времени, как и энергия массы покоя вещества, поэтому температура должна иметь собственное значение в спектре оператора времени равное $-1/2$:

$$\frac{T_0}{T} = (1 + 2H_0\tau)^{1/4},$$

Очевидно, что значение температуры излучения в настоящий момент времени $\tau = 0$ не может быть равно нулю с учетом фактора времени, поэтому должен существовать фон равновесного излучения с *ненулевой* температурой.

Как известно, фоновое излучение с температурой $T_0 = 2.7^0 K$ было обнаружено Пензиасом и Вильсоном и интерпретировано Гамовым как реликтовое излучение горячей вселенной, что дало повод для применения современных достижений в области физики высоких энергии к сингулярной точке эволюции (парадигма Большого взрыва). Наличие фактора времени, в свою очередь, дает повод говорить о *неоднозначности* такой интерпретации наблюдений.

Изменение энтропии определяется отношением количества теплоты к абсолютной температуре *T*. Из инвариантности количества теплоты, как формы *кинетической* энергии частиц, следует, что собственное значение энтропии должно быть прямо противоположным температуре $s(\eta) = +1/2$. Уменьшение энтропии $\eta = \eta_0 f^{1/2}$ в ретроспективе означает, что *с течением времени она может только возрастать*.

Космологическая необратимость термодинамических систем имеет чисто *физическое* происхождение и является *дополнением* к больцмановой *статистической* необратимости. На общую необратимость $\eta = k \ln P$ фактор времени может влиять только через постоянную Больцмана k - как единственный *размерный* параметр. Следовательно, постоянная Больцмана является собственной функцией оператора мирового времени с собственным значением $s(k) = +1/2$, как и энтропия.

Молекулярно-кинетическая теория, согласно которой *кинетическая энергия* молекул газа, не конвертируемая временем, должна быть пропорциональна kT, подтверждает это требование. Вообще говоря, из всех термодинамических параметров состояния, согласно формулам статистической физики, эволюционируют только *энтропия* и *теплоемкость*, пропорциональные постоянной Больцмана, тогда как *свободная энергия, внутренняя энергия, энтальпия* и различные *термодинамические потенциалы* представляют собой *инварианты во времени*, связанные, так или иначе, с произведением размерных величин kT.

Зависимость постоянной Больцмана от времени, требуемая оператором космологической эволюции, несмотря на свою *ничтожность*, имеет важнейшее значение, так как снимает возражения относительно фундаментальности второго начала термодинамики, основанные на *теореме Пуанкаре*. При наличии фактора времени у постоянной Больцмана, термодинамическая система не вернется к начальному состоянию *никогда*. Таким образом, возникает вполне определенная связь между космологической стрелой времени и термодинамической. При этом статистика молекул (т.е. *распределение Максвелла-Больцмана*), разумеется, не конвертируется временем.

Что касается *квантовой статистики*, то здесь, в области квантовой неопределенности настоящего, времени вообще нет, так что все формулы квантовой статистики не подвержены действию оператора времени, а все физические постоянные, входящие в них, в таких масштабах являются фундаментальными постоянными, определяемыми их значениями в настоящий момент времени t=0, - в том числе и постоянная Больцмана.

Появление *дробных* собственных значений у *термодинамических* величин, с одной стороны, расширяет представление о спектре оператора времени, а, с другой стороны, проводит принципиальное различие между *динамикой* и *термодинамикой* - подобно тому, как в квантовой физике, благодаря *спину*, проводится различие между *фермионами* и *бозонами*.

Ретроспективный рост *энергии излучения* должен иметь *предел* возможностей наблюдения. Этот предел определяется *энергией покоя наблюдаемого вещества*, так как никаких иных *источников излучения* в прошлом, кроме наблюдаемого в настоящий момент вещества, в масштабно-инвариантной вселенной нет, а все общие *эволюционные эффекты* вызваны *условиями наблюдения* в локальной системе координат, преобразующейся под действием конвертера времени.

Ограничение ретроспективного роста энергии равновесного излучения означает, что есть *физический предел* для замедления времени – *ход времени не может остановиться* в наблюдаемой картине мира. Следовательно, *наблюдаемый* временной горизонт должен быть меньше значения, устанавливаемого фактором времени, на величину пограничной *неопределенности времени* ($\Delta\tau_\infty$), в пределах которой наблюдаемые параметры становятся *неразличимыми*. Благодаря пограничной неопределенности *сингулярность устраняется из картины мира* современного наблюдателя – наблюдаемая картина, таким образом, *перенормируется*, превращаясь из математической в *физическую*.

Значение этого важнейшего параметра следует из *условия баланса* ретроспективной энергии излучения и актуальной энергии массы покоя наблюдаемого вещества:

$$\Delta t_\infty = \frac{4\pi G\sigma T_0^4}{3H_0^3C^3},$$

где G - гравитационная постоянная, σ – постоянная Стефана, и составляет около 80 тысяч лет при наблюдаемом значении температуры равновесного излучения $2.7^o K$.

Кроме неопределенности времени в *предельно больших масштабах*, существует, как известно, неопределенность времени в *предельно малых масштабах*, определяемая законами квантовой физики. Пограничная неопределенность $\Delta\tau_\infty$ на пять порядков меньше горизонта времени - примерно настолько же, насколько масштаб атома, с которого начинаются неопределенности микромира $\Delta\tau_0$, меньше миллиметрового масштаба ограничивающего визуальные наблюдения. Неопределенности времени $\Delta\tau_\infty$ и $\Delta\tau_0$ ограничивают с двух сторон область *прямого действия* оператора мирового времени на физические величины, в которой все *наблюдаемые процессы необратимы*, независимо от того какими уравнениями они описываются - обратимыми или необратимыми во времени.

Действие оператора времени распространяется не только на удаленные в пространстве объекты, но и на объекты в точке расположения наблюдателя. Если наблюдатель имеет *память*, - т.е. его природа такова, что окружающие физические процессы фиксируются его структурой на длительное время тем или иным способом, - то среди *реликтов* прошлого должны оставаться следы, позволяющие количественно оценить влияние на различные физические процессы фактора времени.

В частности, фактор времени должен непосредственно влиять на угловую скорость вращения Земли, замедляя ее в ретроспективе *дополнительно* к приливному влиянию Луны. Выявить этот эффект позволяют *ископаемые кораллы*, интенсивность роста которых в течение жизни зависела от освещенности и зафиксирована в виде внутригодовых ребер, позволяющих судить об эволюции *продолжительности года* (*Wells J. W. //Nature, v. 197, № 4871. - 1963. - p. 948, Scrutton C. T. //Paleontology, v. 7, № 4, 552-557, 1965, Beauvais L., Chevalier J. P. //Bul. Soc. Zool., France, v. 105, № 2, 301, 1980*).

Количество ребер роста ископаемых кораллов и продолжительность года

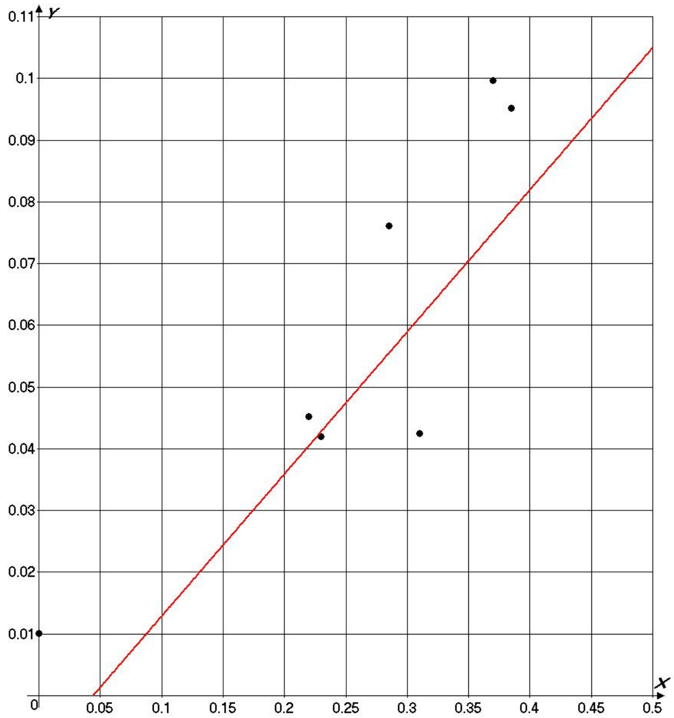
№	Метод	Возраст (млн. лет)	Продолжительность года (сутки)		
			кораллы	по Ньюкому	Разность
1	Уэллс (1963)	500	412	396	16
2	Скраттон (1965)	370-385	400	388-389	11-12
3	Скраттон (1965)	285-310	385-390	382-384	3-6
4	Бовэ и Шевалье (1980)	220-230	380	378-379	1-2
5	Уэллс (1963)	0	360	365	-5

Различие с формулой Ньюкома, характеризующей влияние Луны, существенна и вполне регулярна. Можно ожидать, что эта разность, как временная характеристика, изменяется в ретроспективе обратно пропорционально фактору времени f, так что формулу Ньюкома необходимо дополнить соответствующей собственной функцией оператора времени:

$$n = \frac{n_0}{\sqrt{1-2H_0N}} + 6.14\times10^{-8}N\,.$$

Первый член отражает влияние фактора времени, второй - не сохранение импульса в системе Земля-Луна. Обработка данных таблицы дает значение H_0=112 (*км/с*)/*Мпк* – достаточно близкое к астрономическим оценкам с учетом того, что точность самого метода подсчета ребер роста невысока.

График линейной регрессии данных подсчета внутригодовых ребер ископаемых кораллов



Другой след космологической эволюции - изменение линейных размеров Земли, которое становится возможным благодаря *симметрии массы в спектре оператора времени*, возникающей в связи с *инвариантностью сил гравитации* по отношению к оператору времени.

В законе всемирного тяготения масса *притягивающегося* тела представляет собой *тяжелую* массу этого тела, равную его *инертной* массе в соответствии с *принципом эквивалентности* гравитации и инерции. Вместе с тем, массу *притягивающего* тела следует считать *инертной* в данной тяготеющей системе, так как оно *сопротивляется* силовому воздействию притягивающегося тела. Тяжелая масса, согласно теории Фридмана, имеет собственное значение $s(m) = -2$. Чтобы обеспечить инвариантность сил тяготения в локальной системе координат *с постоянной мерой длины*, собственное значение инертной массы должно быть прямо противоположным $s(M)=+2$. Благодаря этому *квантово-временному* различию масс, все инертные массы в ретроспективе должны уменьшаться, а все тяжелые массы - увеличиваться.

Вселенная в предельно далеком прошлом предстает взору современного наблюдателя состоящей только из тяжелых неподвижных масс. Ретроспективное увеличение *тяжелой массы* естественным образом объясняет процесс *радиоактивного распада* вещества с течением времени; *инертная масса* при этом растет, наполняя окружающий нас мир движением и светом. Косвенным подтверждением уменьшения тяжелой массы с течением времени является факт постепенной потери Марсом своей атмосферы.

Расщепление массы в спектре оператора времени не противоречит *принципу эквивалентности масс*, поскольку отражает лишь то, каким с точки зрения настоящего представляется прошлое, в котором зафиксированные результаты опыта Этвеша ничем не отличаются от современных в силу *инвариантности физических закономерностей* по отношению к преобразованию времени.

Квантово-временное различие тяжелой и инертной *гравитирующих* масс в ретроспективе можно устранить *полностью*, если инертную массу связать с тяжелой массой через объем тяготеющих систем:

$$M=\rho V \text{, где } \rho=\frac{m}{V_0}.$$

Тогда принцип эквивалентности масс обеспечивается не только в настоящий момент времени, но и в ретроспективе - за счет изменения *объемов гравитирующих систем* в прошлом. Это означает, что при использовании наблюдателем *постоянной меры длины* радиус тяготеющих систем, в том числе и радиус Земли, должен изменяться:

$$r=r_0\cdot(1+2H_0\tau)^{2/3}.$$

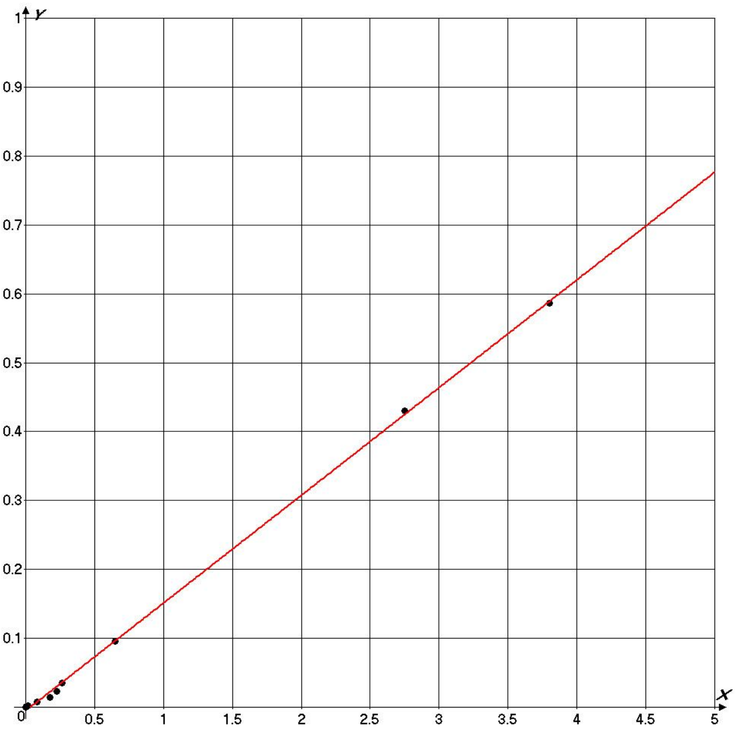
Существует ряд геофизических явлений, рассматриваемых как *признаки* расширения нашей планеты (таблица). Можно ожидать, что эти явления *согласуются между собой*, отражая зависимость от времени радиуса Земли вида $r=r_0\cdot(1-2H_0T)^{2/3}$. Стандартный регрессионный анализ таблицы дает значение постоянной Хаббла по *геофизическим* данным $H_0=76.5$ *(км/с)/Мпк*, практически не отличающееся от современных *астрономических* оценок

Изменение линейных размеров Земли по геофизическим данным

(*У. Кэрри. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. - М: Мир. - 1991*)

№	Способ оценки	Параметр оценки	Время млн. лет	Значе-ние пара-метра	Относительный радиус Земли	
					оценка	аппрок-симация
1	Отклонение местоположения намагниченных пород от магнитного полюса Земли	Полярный угол отклонения (град)	1 3.5 14.5 84 176 226 265	1.5 3.5 6 12 16 20 25	0.9999 0.9995 0.9986 0.9945 0.9903 0.9848 0.9763	0.9999 0.9993 0.9984 0.9894 0.9822 0.9771 0.9732
2	Исследование докембрийских складчатых поясов	-	650 2750	- -	0.9355 0.6875	0.9327 0.6708
3	Соотношение общих размеров материков и Мирового океана на Земле	Относительная площадь материковой коры	3800	0.3085	0.5551	0.4900

График линейной регрессии данных о размерах Земли



Интересно, что на границе области временной неопределенности τ_∞-$\Delta\tau_\infty$ при H_0=75 (*км/с*)/*Мпк*) наша планета представляется телом с радиусом всего около 250 *км*. Это - критический размер для твердых тел, состоящих из льда и лунных пород, при котором они могут сохранять *шарообразную* форму под действием силы тяжести и сдвиговых напряжений. Следовательно, планетная система в целом предстает *дезинтегрированной* на временном горизонте - вроде *облака Оорта*, которое мы и наблюдаем в Солнечной системе как один из древнейших реликтов.

Наряду с геофизическими данными, интересен еще один эффект эволюции гравитирующих систем - *астрономического* масштаба. Вселенная в целом представляет собой гравитирующую систему, ограниченную радиусом кривизны R_0. Дважды дифференцируя формулу для ретроспективных размеров гравитирующих систем применительно к радиусу кривизны, при $\tau = 0$ получаем эффект ускорения:

$$R_0'' = -\left(\frac{8}{9}\right)H_0^{\,2}R_0 = -\left(\frac{8}{9}\right)H_0 C \,.$$

Закон инерции требует учитывать этот эффект как *универсальную силу торможения*, действующую одинаково на любое движущееся тело независимо от расстояния до него. Реальное существование такой силы подтверждается странностями свободного полета космических аппаратов «*Пионер-10*» и «*Пионер-11*», а также ряда других аппаратов, движущихся в пределах Солнечной системы. Как показали измерения, «Пионеры» испытывают воздействие силы неизвестного происхождения, которая сообщает им ускорение $g = (8.74 \pm 1.33)\cdot 10^{-10}$ *м/с²*, направленное в сторону Солнца (*Anderson John D., Laing Philip A., Lau Eunice L., Liu Anthony S., Nieto Michael Martin, Turyshev Slava G. Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and 11 //Physical Review D. - 2002, T. 65, N 8*), - что в точности равно значению торможения, вычисленному по формуле при $H_0 = 75.5$ *(км/с)/Мпк*.

Важно подчеркнуть, что квантово-временное различие инертной и тяжелой масс, послужившее предпосылкой вывода формулы, это - *единственное* различие между ними, и только благодаря оператору времени становится понятным, в чем именно это различие состоит. Ни теория Ньютона, ни теория гравитации Эйнштейна, как известно, инерцию и гравитацию не различают. Оператор времени выявляет различие между ними, при этом оказывается, что обычную массу, с которой имеет дело теория гравитации, характеризует свойство *симметрии массы в спектре оператора времени*.

В связи с этим возникает вопрос: если все *тяжелые* физические тела, подчиняющиеся теории Эйнштейна, должны обладать одновременно и *инертной* массой, то, может быть, в природе существуют тела или частицы, которые тяжелой массой вовсе не обладают и поэтому не подчиняются теории Эйнштейна? Иными словами, это должны быть такие частицы, у которых *нарушена зеркальная симметрия массы* в спектре оператора времени, и масса которых, вследствие этого нарушения, имеет собственное значение $s = +2$ и не может иметь значения $s = -2$.

Если нарушение симметрии массы действительно имеет место в природе, то должны существовать частицы, инертные в состоянии покоя, но обладающие своеобразной массой, которая не реагирует на силы гравитации и, следовательно, они *могут проходить через инертные массы* (например, через Землю) как через пустоту. Кроме того, их скорость может и *превышать скорость света*, так как при отсутствии *тяжелой* массы это ограничение теории Эйнштейна не действует. Такие частицы могут взаимодействовать с веществом и, следовательно, быть зарегистрированными, но только - на атомном уровне.

По всем признакам первыми кандидатами в такие частицы являются *нейтрино*. Недавно в эксперименте *OPERA* было обнаружено, что пучок нейтрино действительно заметно опережает скорость света (*Dario Autiero. New results from OPERA on neutrino properties. Доклад на специальном семинаре в ЦЕРНе 23 сентября 2011 года*). Это открытие можно рассматривать как прямое *доказательство нарушения симметрии массы* в спектре оператора времени для нейтрино и, следовательно, существования самого явления как такового.

К *локальному* подтверждению квантово-временного различия инертной и тяжелой масс в пределах Солнечной системы необходимо добавить следующее. Если сделать подстановку радиуса кривизны вселенной из формулы для ретроспективных размеров тяготеющих систем в выражение для параметра ускорения вселенной

$$q = -\frac{R \cdot R''}{(R')^2}$$

то этот параметр становится равным $1/2$ для локальной системы отсчета, - в отличие от сопутствующей системы, в которой он равен *единице*. Следовательно, вселенную с параметром ускорения q=1, в которой фаза расширения должна сменяться фазой сжатия, *физический* наблюдатель в своей преобразующейся локальной системе координат воспринимает как вселенную с параметром ускорения q=1/2, при котором плотность вещества равна *критической*, и никакой цикличности быть не может. Современные астрономические оценки плотности вещества вселенной подтверждают этот вывод. Это свидетельствует о том, что роль наблюдателя имеет действительно *решающее* значение в картине мира.

Важнейший подтверждающий факт существования фактора времени - феномен *темной материи*. Наблюдаемая материя составляет лишь небольшую долю массы, которая определяет наблюдаемую динамику вселенной - это обычное видимое вещество (5%), нейтрино (от 0.3 до 3%) и барионная темная материя (от 4 до 5%). Остальная часть гравитационного баланса массы (*небарионная* темная материя - от 20 до 25%), а также темная энергия - от 65 до 70%, которая выявляется по красному смещению сверхновых, составляют вместе 7/8 всей материи. Возникает естественный вопрос: каким образом такая огромная масса оказалась за пределами возможностей современной *всеволновой* астрономии?

Ответ достаточно прост, если учитывать фактор времени. Горизонт времени в *два* раза меньше динамического масштаба мирового времени. Следовательно, часть массы, оказывающей влияние на динамику вещества (в том числе и на динамику Солнечной системы, и на галактики, и на другие скопления вещества), мы не можем наблюдать принципиально, поскольку она - *за пределами временного горизонта* локальной системы координат.

Запредельную часть массы нетрудно оценить, полагая, что *половина* радиуса действия гравитации находится за пределами временного горизонта, и она предстает в наблюдаемой динамике вселенной только как темная материя, которую ни в один телескоп не увидишь за горизонтом времени, - а это как раз 7/8 всей массы сферы. Ничего мистического в этом нет при наличии временного горизонта, как нет ничего мистического в том, что невозможно из России увидеть Австралию, не имея средств передвижения.

Во вселенной, подверженной преобразованию времени, *каждый момент времени уникален*, что является обязательным атрибутом исторического времени. Это – исключительно релятивистская и по-своему квантовая интерпретация наблюдаемой физической картины мира. В ней нет места ни «тепловой смерти», ни полному хаосу, так как эта картина непрерывно *транслируется в будущее* вместе с наблюдателем, представляя собой *его собственную* естественнонаучную парадигму, в которой любая «*инфляция*» преодолевается *конвертацией*.

Собственные значения физических величин
в спектре оператора времени

Физическая величина	*Обоз-значение*	*Размер-ность*	*Собственное значение*	*Основание*
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ				
Длина	l	L	0	Уравнения Фридмана
Угол		*б/р*	0	
МЕХАНИЧЕСКИЕ				
Скорость света	C	LT^{-1}	0	Уравнения Фридмана
Сила	F	MLT^{-2}	0	Размерность
Момент силы		ML^2T^{-2}	0	Размерность
Энергия и работа	W	ML^2T^{-2}	0	Размерность
Давление		$ML^{-1}T^{-2}$	0	Размерность
Модуль Юнга		$ML^{-1}T^{-2}$	0	Размерность
Коэффициент пов. натяжения		MT^{-2}	0	Размерность
Относительная скорость движения	v	LT^{-1}	1	Размерность
Мощность		ML^2T^{-3}	1	Размерность
Частота	f	T^{-1}	1	Размерность
Кинематическая вязкость		L^2T^{-1}	1	Размерность
Коэффициент диффузии		L^2T^{-1}	1	Закон Фика
Инертная масса	m	M	2	Уравнения Фридмана
Ускорение	a	LT^{-2}	2	Размерность
Удельный объем		L^3M^{-1}	2	Размерность
Параметр Хаббла	H	T^{-1}	-1	Уравнения Фридмана
Скорость Хаббла		LT^{-1}	-1	Закон Хаббла
Время	t	T	-1	Уравнения Фридмана
Импульс и количество движения	p	MLT^{-1}	-1	Размерность
Момент количества движения		ML^2T^{-1}	-1	Размерность
Динамическая вязкость		$ML^{-1}T^{-1}$	-1	Размерность
Тяжелая масса	M	M	-2	Закон всемирного тяготения
Плотность (тяжелой массы)	ρ	ML^{-3}	-2	Размерность
Момент инерции		ML^2	-2	Размерность
Молекулярный вес		ML^{-3}	-2	
ТЕПЛОВЫЕ				
Количество тепла		ML^2T^{-2}	0	Закон эквивалентности теплоты и работы
Внутренняя энергия		ML^2T^{-2}	0	Уравнения стат. физики
Энтальпия		ML^2T^{-2}	0	Уравнения стат. физики
Термодинамические потенциалы		ML^2T^{-2}	0	Уравнения стат. физики
Температура		*град*	-1/2	Закон Стефана-Больцмана
Энтропия	η	$ML^2T^{-2}град^{-1}$	1/2	Определение
Теплоемкость	C	$ML^2T^{-2}град^{-1}$	1/2	Определение
Удельная теплоемкость	c	$L^2T^{-2}град^{-1}$	5/2	Размерность
Удельная энтропия		$L^2T^{-2}град^{-1}$	5/2	Размерность
Постоянная Больцмана	k	$ML^2T^{-2}град^{-1}$	1/2	Уравнения стат. физики
Газовая постоянная	R	$ML^2T^{-2}град^{-1}$	1/2	
Коэффициент теплопроводности	K	$MLT^{-3}град^{-1}$	3/2	Закон Фурье
Коэффициент температуропроводности	χ	L^2T^{-1}	1	Размерность
Коэффициент теплоотдачи и теплопередачи		$MT^{-3}град^{-1}$	3/2	Размерность

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ				
Электрический заряд (количество электричества)	*q*	*AT=K (кулон)*	0	Закон Видемана-Франца
Электрическое смещение (индукция)	*D*	ATL^{-2}	0	Уравнения Максвелла
Поток электрического смещения		*AT*	0	Размерность
Напряженность электрического поля	*E*	$ML^2A^{-1}T^{-3}$ *(вольт- V)*	0	Определение
Разность потенциалов электрического поля, напряжение, ЭДС	*φ*	*V*	0	Определение
Электроемкость	*C*	$A^2T^4L^{-2}M^{-1}$*(фарада – Ф)*	0	Уравнение колебательного контура
Поляризованность (вектор поляризации)		ATL^{-2}	0	Размерность
Электрическая постоянная	ε_0	$ФL^{-1}$	0	Размерность
Электрический момент		*ATL*	0	Размерность
Сила тока	*I*	*A (ампер)*	1	Определение
Удельная электрическая проводимость		$Ом^{-1}L^{-1}$	1	Размерность
Электрическое сопротивление	*R*	$ML^2K^{-2}T^{1}$ *(Ом)*	-1	Закон Ома
Удельное электрическое сопротивление		*ОмL*	-1	Размерность
Импульс электрического поля/ вектор Пойнтинга	*g/P*	MLT^{1}	-1	Закон сохранения импульса
Индуктивность	*L*	ML^2K^{-2} *(генри – Гн)*	-2	Уравнение колебательного контура
МАГНИТНЫЕ				
Магнитодвижущая сила		*A (ампер)*	1	Размерность
Напряженность магнитного поля	*H*	AL^{-1}	1	Определение
Магнитный момент		AL^2	1	Размерность
Намагниченность		AL^{-1}	1	Размерность
Ток смещения	*j*	*A*	1	Уравнения Максвелла
Магнитное сопротивление		$АВб^{-1}$	2	
Магнитная индукция	*B*	$MA^{-1}T^{-2}$ *(тесла – Тл)*	-1	Закон Ампера
Магнитный поток		$ML^2A^{-1}T^{-2}$ *(вебер – Вб)*	-1	Размерность
Магнитная постоянная	μ_0	$LMT^{-2}a^{-2}$	-2	Закон Био-Савара-Лапласа
СВЕТОВЫЕ				
Световая энергия		*лмT*	0	Размерность
Количество освещения		*лкT*	0	Размерность
Сила света		ML^2T^{1} *(свеча – св)*	1	Размерность
Поток световой энергии	*Ф*	ML^2T^{1} *(люмен – лм)*	1	Определение
Светимость и освещенность		$лмL^2$ *(люкс – лк)*	1	Размерность
Яркость		$свL^{-2}$	1	Размерность