

НЕОДНОРОДНОСТЬ ВРЕМЕНИ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ВСЕЛЕННОЙ И ШКАЛА ВРЕМЕНИ ЭДУАРДА МИЛНА

Ю.С. Кудрявцев

PACS: 98.80.-k

1. Введение

Понятие времени отражает происходящие в природе изменения. Когда мы говорим о времени как о мере изменений, самым простым объектом являются изменения, последовательно происходящие с одним и тем же физическим объектом, т.к. в этом случае нет необходимости связывать время с пространственными переменными и оно входит в схему измерений в чистом виде. Наиболее простые примеры таких последовательных изменений - колебательные и вращательные периодические процессы.

Измерение времени, то есть происходящих с объектами изменений, может производиться только путем их сравнения с какими-то другими изменениями, взятыми за эталон. Чтобы мы могли пользоваться периодическим процессом как эталоном, он не должен быть подвержен заметным влияниям произвольных внешних факторов. Поэтому в качестве эталонов используются периодические процессы, в наименьшей степени зависящие от внешних воздействий. Исторически первыми были эталоны, связанные с периодами вращения планет, сегодня принят эталон, связанный с периодом электромагнитных колебаний спектральной линии излучения атома Cs-133. Очевидно, в качестве эталонов могут быть выбраны и другие периодические процессы, не зависящие от случайных внешних воздействий.

Прибор, который служит для сравнения исследуемых движений с эталоном - это часы. Выбирая эталон движения (или, что то же самое, единицу времени), рассмотрим, какими часами можно пользоваться на всем протяжении истории Вселенной? Астрономическими, т.е. связанными с периодами движения планет? Нельзя - когда-то планет просто не было. Атомными, т.е. связанными со спектральными линиями атомов? Нельзя - когда-то и атомов не было тоже. Что было всегда? Равновесное тепловое

электромагнитное излучение, период колебаний которого определяется средней температурой Вселенной.

Итак, можно рассматривать развитие Вселенной в разных системах координат, временные оси которых нормированы на разные периодические процессы:

а) период обращения Земли вокруг Солнца,

б) период электромагнитных колебаний спектральных линий атома,

в) период равновесного теплового излучения.

Все они имеют право на существование, т.к. в каждой из них исследование происходящих процессов производится путем сопоставления с эталонными периодическими процессами, практически не зависящими от случайных внешних влияний. Если мы возьмем два разных периодических процесса, не зависящих от случайных влияний, и обнаружим, что период одного из них постепенно изменяется по отношению к другому, мы не сможем определить, какой из них остается постоянным, а какой меняется - мы можем сказать только то, что один из них меняется по отношению к другому.

2. Время Милна

В 30х-40х годах прошлого века английский физик Эдуард Артур Милн предложил ввести для описания космологических явлений новую временную шкалу, в которой единица времени изменяется пропорционально возрасту Вселенной, используя ее одновременно с традиционной шкалой, «атомным» временем, естественным для описания явлений микромира. Милн писал: «не существует равномерного естественного масштаба, так как мы не можем сказать, что имеем в виду под словом "равномерный" в отношении времени; мы не можем схватить текущую минуту и поставить рядом с ней последующую. Иногда говорят, что равномерный масштаб времени определяется периодическими явлениями. Однако разрешите задать вопрос: может ли кто-либо нам сказать, что два следующие друг за другом периода равны?» [1]. Эта идея Милна была высоко оценена Дираком [2], однако не была в то время поддержана научным сообществом и практически забыта.

Но, говоря о принципиальной равноправности временных шкал, мы должны учесть, что эталоны систем «а» и «б» появляются во Вселенной только после появления планет и атомов и сопоставление с ними процессов на более ранних этапах развития может производиться лишь условно, в то время как эталон системы «в» существует и доступен для прямого сопоставления в течение всей истории Вселенной. В этом смысле его можно считать приоритетным. Кроме того, величина, относящаяся ко Вселенной в целом (температура равновесного теплового излучения), не зависит от случайных внешних воздействий и в этом смысле может считаться абсолютно стабильной, в отличие от двух предыдущих.

В настоящей работе делается попытка показать необходимость более внимательного рассмотрения временной шкалы Милна, т.к. она совпадает с временной осью, нормированной на период равновесного теплового излучения. Имеются основания полагать, что традиционная временная шкала, нормированная на «атомное» время, неадекватно описывает космологические явления в таком широком временном интервале, каким является весь срок существования Вселенной, а время, описываемое этой шкалой, оказывается неоднородным, что может приводить к парадоксальным результатам (показано ниже на примере парадокса Зенона) и существенно влиять на интерпретацию наблюдательных данных.

3. Понятие о неоднородности времени в нестационарной Вселенной. Формальное и натуральное время.

Ситуацию, описанную как парадокс Зенона, можно математически представить в двух вариантах. Вариант первый: движение двух тел (Черепашки и Ахиллеса) со скоростями, уменьшающимися по закону геометрической прогрессии таким образом, что их значения на каждом шаге преследования уменьшаются вдвое, а соотношение между ними остается постоянным и равным $1/2$. При таком характере движения они оба не смогут добежать до точки обгона, асимптотически приближаясь к ней - и Ахиллес не догонит Черепашку. Но если эту ситуацию перевести из сферы математики в область физики, придется признать, что она требует введения добавочной силы, необходимой для торможения тел, т.е. не эквивалентна ситуации с постоянными скоростями движения, сравнение с которой рождает парадокс Зенона.

Вариант второй: равномерное движение, при котором торможения не происходит и добавочные силы не требуются. Но в этом случае переменной должна быть единица

времени (время, требуемое Ахиллесу, чтобы преодолеть расстояние до точки, в которой в данный момент находится Черепаха). Эта единица времени также должна уменьшаться в геометрической прогрессии, причем так быстро, что расстояние, преодоленное Ахиллесом, движущимся с постоянной скоростью, через бесконечное количество этих единиц будет меньше, чем расстояние до точки обгона - и Ахиллес снова не догонит Черепаху. Таким образом, парадокс Зенона показывает наглядный пример того, как введение переменной единицы времени может создать парадоксальную ситуацию.

Если мы посмотрим на горячую модель рождения Вселенной, то увидим, что имеет место картина, аналогичная парадоксу Зенона. Эта аналогия ярко проявляется в тех временных интервалах, которыми оперирует космология, рассматривая начальный период существования Вселенной: ее состояния через тысячные и миллионные доли секунды после начала отсчета (Большого Взрыва) существенно отличаются друг от друга и представляют собой разные этапы развития. Одна секунда тогда и одна секунда сегодня имеют совершенно разное значение в развитии мира - налицо явная ситуация переменной единицы времени. Это видно и из самого смысла понятия времени как меры происходящих в мире изменений. В течение секунды в сегодняшней Вселенной и в молодой Вселенной, разогретой до многих миллиардов градусов, происходят несоизмеримые количества последовательных элементарных движений. Это позволяет утверждать, что используемая нами в настоящее время единица времени "секунда", определенная через периоды вращения небесных тел или электромагнитных колебаний спектральных линий атомов, не выполняет функции адекватной меры изменений в таком большом временном интервале, каким является весь срок существования Вселенной. С этой точки зрения время, используемое нами для рассмотрения развития Вселенной, является переменным временем, что, возможно, приводит к парадоксальному результату, представляющемуся нам как Большой Взрыв.

Какая единица времени смогла бы выполнять роль более адекватной меры количества последовательных изменений в течение всего периода развития Вселенной? Естественно предположить, что она должна быть связана с температурными характеристиками. Возьмем в качестве естественной единицы времени период равновесных тепловых колебаний, соответствующей средней температуре Вселенной, или определенное количество этих периодов для приведения к привычной нам секунде. Введем понятие "натуральной" секунды, пропорциональной этому периоду с коэффициентом пропорциональности, обеспечивающим ее привязку к секунде,

используемой в настоящее время (для отличия от натуральной секунды назовем ее "формальной").

В соответствии с законом смещения Вина, частота максимума излучения абсолютно черного тела прямо пропорциональна абсолютной температуре. Отсюда интервал времени в натуральных секундах определится выражением:

$$\delta t_n = (T/T_0) \cdot \delta t; \quad (1)$$

Здесь: T - равновесная температура Вселенной в рассматриваемый период ее развития, T_0 - равновесная температура Вселенной в настоящий момент (около 3К), δt - интервал времени в формальных секундах, δt_n - интервал времени в натуральных секундах.

Рассмотрим зависимость T от масштабного фактора. На современной стадии развития справедливы известные космологические соотношения [2,3]:

$$1 + Z = a_2 / a_1; \quad (2)$$

$$T = T_0 (1+Z); \quad (3)$$

a_1 и a_2 значения масштабного фактора в моменты времени, соответствующие испусканию (a_1) и получению (a_2) светового сигнала от объекта, находящегося на расстоянии, соответствующем красному смещению Z , T - текущая равновесная температура, T_0 - равновесная температура в настоящее время (2,7⁰К).

Отсюда

$$T \cdot a_1 = T_0 \cdot a_2. \quad (4)$$

Это соотношение справедливо для любого a_1 , т.е. эквивалентно условию:

$$T \cdot a = \text{const} \quad (5)$$

Таким образом на сегодняшнем этапе развития Вселенной $T \sim 1/a$.

Ранний этап ($a \rightarrow 0$) соответствует уравнению состояния $p = \varepsilon/3$ [3] и соотношению:

$$\varepsilon \cdot a^4 = \text{const}; \quad (6)$$

При t_{g0} объемная плотность энергии ε в основном определяется интегральной объемной плотностью излучения ρ , связанной с равновесной температурой по закону Стефана-Больцмана:

$$\varepsilon = \rho = \text{const} * T^4; \quad (7)$$

Из (6,7) $T^4 * a^4 = \text{const}$ и для этого случая также справедливо соотношение (5).

Таким образом, соотношение (5) оказывается справедливым для всей истории Вселенной (при классическом рассмотрении). Подставив в (1), получим:

$$\delta t_n = (a_n/a) * \delta t; \quad (8)$$

где $a_n = \text{const}$ - значение масштабного фактора в настоящее время.

Введение натуральной единицы времени при сохранении неизменными других используемых единиц приводит к тому, что некоторые из входящих в это выражение мировых констант становятся переменными. Рассмотрим, как будет изменяться в натуральном времени скорость света. Если считать, что при неизменной единице длины расстояние L , которое свет пробегает за формальную секунду, сохраняется постоянным, то скорость света (как и любая другая скоростная характеристика) в натуральном времени, то есть расстояние, пробегаемое светом за одну натуральную секунду, будет пропорционально ее отношению к формальной секунде:

$$c(t_n) = L/dt_n = (L/dt) * (dt/dt_n) = c_n * (a/a_n); \quad (9)$$

Здесь и далее a_n, c_n - постоянные значения, соответствующие настоящему моменту.

Расстояние, пробегаемое светом за натуральную секунду, пропорционально масштабному фактору, т.е. размеру Вселенной, что эквивалентно постоянству размера Вселенной в длинах волн равновесного теплового излучения.

Проверим, каким образом в натуральном времени изменяется период равновесного теплового излучения τ . Из закона смещения Вина

$$\tau = b / (c * T); \quad (10)$$

Подставляя (5,9) и учитывая, что постоянная Вина имеет нулевую размерность по времени, получим:

$$\tau(t_n) = b/[c_n \cdot (a/a_n) \cdot T_n \cdot (a_n/a)] = b/(c_n \cdot T_n) = \text{const.} \quad (11)$$

Таким образом, единица натурального времени на любом этапе развития Вселенной постоянна по отношению к периоду равновесного теплового излучения, а следовательно и к характерным длительностям других событий, таким же образом связанных с энергетическими характеристиками. При этом единица формального времени существенно непостоянна. Ее использование при исследовании ранней Вселенной нарушает основной принцип измерений - сравнение с эталоном, поскольку производится сравнение величин, измеряемых в одну эпоху, с эталоном из другой эпохи, в которой значение эталона оказывается существенно иным (а физическая основа этого эталона просто отсутствует, т.к. ни атомов, ни планет в ранней Вселенной не существует). Налицо переменность используемой единицы времени и неоднородность основанной на ней временной шкалы, связанная с расширением Вселенной.

Поскольку при переходе к натуральному времени период равновесного теплового излучения оказывается постоянной величиной, момент Большого Взрыва в натуральном времени отодвигается в бесконечность. Развитие ранней Вселенной оказывается не взрывом, а плавным эволюционным развитием, включающим **бесконечное число реальных последовательных событий** (периодов равновесного теплового излучения). Реальная история Вселенной бесконечна.

4. Заключение

Взгляд на историю Вселенной с точки зрения временной шкалы Милна приводит к пониманию необходимости более внимательного отношения к одной из фундаментальных основ - понятию времени. Прошлое включает в себя бесконечное число реальных последовательных движений (периодов равновесного теплового излучения) и таким образом оказывается реально бесконечным, что вступает в противоречие с представлением о конечном возрасте Вселенной на используемой нами временной оси. При введении эталона времени, пропорционального периоду колебаний равновесного теплового излучения и переходе на основанную на нем "натуральную" временную шкалу момент Большого Взрыва отодвигается в бесконечность. Переход к натуральному времени устраняет сингулярность естественным образом, не требуя введения таких искусственных величин как мнимое время Стивена Хокинга [3]. До Большого Взрыва не

могло происходить никаких физических событий, т.к. любое такое событие должно предшествовать бесконечному количеству других реальных событий, что невозможно по самому смыслу понятия бесконечности. Эти рассуждения относятся к классической модели, но могут повлиять и на представления, лежащие за пределами классического подхода, т.к. в их фундаменте должна быть заложена непротиворечивая классическая модель (например, на инфляционные модели Вселенной, представления о которых существенно зависят от динамики развития).

Хотелось бы надеяться, что приведенные результаты помогут по-новому оценить идею Милна, которая позволяет взглянуть на развитие Вселенной с несколько иной точки зрения и возможно окажется способной объяснить некоторые наблюдательные данные без введения дополнительных «сущностей сверх надобности» - только за счет устранения противоречий в системе понятий о времени.

Литература

1. Milne E.A. Kinematic Relativity. Oxford, 1948, p. 5.
2. Дирак П.А. Собрание научных трудов. Т. IV. Гравитация и космология. Воспоминания и размышления (лекции, научные статьи 1937-1984 гг.) М. - ФИЗМАТЛИТ (2005) с. 359, 430, 440.
3. Хокинг С. Краткая история времени: От большого взрыва до черных дыр. - СПб. Амфора (2005) с. 196.

Санкт-Петербург,

октябрь 2007 г.