

Время, энтропия и Вселенная

(Обновлено: 01.03.2011)

Аннотация

Обсуждается гипотеза, согласно которой наша Вселенная представляет собой гипермассивную черную дыру во внешнем мире, недоступном для обычного наблюдателя внутри космического горизонта событий. Подобно рабочему телу тепловой машины, Вселенная получает извне энергию от “нагревателя” при относительно высокой температуре и отдает энергию “охладителю” - галактическим черным дырам в центрах галактик - при относительно низкой температуре. Поскольку и ЧД, и сформировавшиеся звезды обладают *отрицательной* теплоемкостью, различие температур и удаленность от равновесного состояния в галактиках в течение миллиардов лет не уменьшается, а нарастает.

1. Введение

Термодинамические процессы являются определяющими как в эволюции жизни на Земле, так и в эволюции Вселенной. При этом на всех уровнях мы наблюдаем процессы, далекие от нарастания теплового равновесия.

Э. Шредингер, рассматривая в своей знаменитой работе **[Шредингер, 1972]** функционирование живого организма, говорит о том, что не обмен веществ или энергии важен сам по себе, так как любой атом или калория имеют ровно такую же ценность, как и другой атом того же элемента или другая калория. Далее Шредингер справедливо указывает, что живой организм непрерывно увеличивает свою энтропию, или, иначе, производит положительную энтропию и, таким образом, приближается к опасному состоянию максимальной энтропии, представляющему собой смерть. Он может избежать этого состояния, то есть оставаться живым, только постоянно извлекая из окружающей его среды отрицательную энтропию, выполняя работу и рассеивая тепло в окружающую среду¹. Отрицательная энтропия - это то, чем организм питается.

Когда мы переходим к космологическим масштабам, применение второго начала термодинамики к миру как к *замкнутой* системе приводит к разительному противоречию между теорией и опытом. Вселенная должна была бы находиться в состоянии полного физического равновесия, однако реально наблюдаемые свойства природы убеждают нас в том, что свойства природы (всей наблюдаемой части Вселенной) не имеют ничего общего со свойствами равновесной системы. Более того, сегодняшнее состояние Вселенной должно было возникнуть из состояния с более низкой энтропией, и т.д. Следовательно, исходное ее состояние должно было иметь крайне низкую энтропию, т.е. иметь крайне малую вероятность реализации, что пока не имеет никакого объяснения, пишут авторы классического учебника **[Ландау и Лифшиц, 1976]**.

Целью настоящей работы является описание модели Вселенной, позволяющей примирить ее наблюдаемую эволюцию с законами термодинамики. Эта модель близка к концепции своего рода тепловой машины, в которой рабочее тело получает энергию от нагревателя при относительно высокой температуре и

¹ Можно представить себе и искусственного робота, который извлекает энергию с помощью солнечной батареи (либо из внешних батареек). Далее робот тратит полученную энергию на работу (и выделяет тепло), хотя бы частично связанную с поиском новых батареек, и таким образом поддерживает свою “жизнедеятельность”.

отдает энергию охладителю при относительно низкой температуре. Таким образом, рабочее тело оказывается открытой системой, в которой *выходной* поток энтропии оказывается *больше, чем входной*, в результате чего оказывается возможным *уменьшение* энтропии тела и прогрессивная эволюция. При этом процесс отбора части энергии и преобразования ее в работу оказывается стационарным, что было бы невозможным в отсутствие охладителя.

2. Вселенная как открытая система

Такая модель работает на уровне системы “Солнце-Земля-Космос”. Действительно, фотоны покидают поверхность Солнца при температуре порядка 6000 К, а затем после ряда трансформаций переизлучаются Землей в космическую среду с температурой, близкой в настоящее время к 3 К. В отличие от обычной тепловой машины, в данном случае условный термодинамический цикл каждый раз завершается в точке с отличным от начального, более низким значением температуры. Заметим, что энергия фотонов, поступающих от Солнца, частично потребляется живыми организмами, частично преобразуется в работу природных сил, а частично – в потенциальную энергию органических и неорганических природных ресурсов.

Наша основная задача – показать, что модель тепловой машины применима и для Вселенной в целом. На первый взгляд эта задача выглядит неразрешимой, так как трудно себе представить, что является для нее нагревателем, а что – охладителем. Чтобы ответить на эти вопросы, нам понадобятся два радикальных предположения, которые я постараюсь развить и обосновать.

Первое предположение состоит в том, что наша Вселенная не является замкнутой системой, а представляет собой гипермассивную растущую черную дыру (ЧД)² в некотором “материнском” мире, который принципиально недоступен обычному наблюдателю. Как известно, рост массы электрически нейтральной и невращающейся ЧД пропорционален увеличению ее размера. Если для такой ЧД ввести “параметрическое” время³ путем простого деления ее радиуса на скорость света, то можно [Шульман, 2009] получить для нее решение уравнений Эйнштейна-Фридмана, отвечающее изначально предположенному росту массы, причем это “параметрическое” время оказывается принципиально одним и тем же и снаружи, и внутри ЧД. Рассмотренная ЧД оказывается именно расширяющейся Вселенной, причем ее расширение обусловлено исключительно ростом массы, поступающей в нее извне.

Поглощение внешней материи и энергии связано с ростом “внешней” энтропии ЧД (т.е. поверхности ее горизонта событий). Таким образом, “материнский” мир вполне может играть роль *нагревателя* для нашей Вселенной.

Второе предположение связано с выбором кандидата на роль *охладителя*. В этой связи полезно вспомнить, что в центре галактик, как правило, размещаются сверхмассивные черные дыры с массой порядка 10^6 солнечных масс. Как известно [Bekenstein, 2003], температуру горизонта событий черной дыры можно оценить по формуле $T_{чд} \sim 10^{26}/M$, где M – масса ЧД в граммах, а температура выражена в Кельвинах. Поскольку масса Солнца составляет 10^{33} г, то температура сверхмассивных ЧД не превышает ничтожных долей Кельвина, т.е.

² Если гипотеза верна, то Большой Взрыв следует отождествить с гравитационным коллапсом, в результате которого возникла наша Вселенная. Анализ динамики этого события позволил бы уточнить детали первых мгновений ее эволюции.

³ Концепция параметрического времени как меры изменчивости объекта произвольного типа сформулирована в работах А.П. Левича [Левич, 1989, 2003, 2004].

очень близка к абсолютному нулю и обеспечивает весьма высокую эффективность работы такого охладителя для своей галактики.

Недавно появилась работа [Egan and Lineweaver, 2009], в которой приведена подробная оценка вклада в энтропию Вселенной различных компонент. “Внешняя” энтропия, т.е. энтропия космического горизонта событий, составляет порядка $10^{123} k$ (где k – постоянная Больцмана), тогда как “внутренняя” энтропия не превышает $10^{103} k$. Основной вклад во внутреннюю энтропию вносят именно крупнейшие сверхмассивные ЧД в центре галактик, тогда как ЧД со звездной массой обладают энтропией порядка $10^{95} k$, фотоны и реликтовые нейтрино – порядка $10^{88} k$, и т.д.

Различие между “внешней” и “внутренней” энтропией для нашей Вселенной составляет приблизительно 20 порядков. Любопытно, что на те же 20 порядков отличается энтропия Солнца от энтропии ЧД с такой же массой [Bekenstein, 2003]. При таком различии величин можно предположить, что и тенденции изменения этих двух типов энтропии при определенных условиях могут оказаться противоположными, т.е. что при росте суммарной энтропии космического горизонта событий и внутренних ЧД энтропия остальной материи во Вселенной может и убывать. Заметим, что формирование звезд и накопление в них термоядерной энергии удивительно напоминает процессы формирования запасов органического и минерального топлива на нашей планете.

Укажем в заключение, что как ЧД, так и сформировавшиеся звезды галактики, являясь сильно гравитирующими физическими системами, обладают отрицательной теплоемкостью. Иными словами, звезды излучают свою энергию и *нагреваются*, а ЧД поглощают эту энергию и *охлаждаются*. Таким образом, различие температур и удаленность от равновесного состояния в галактиках в течение миллиардов лет должны не уменьшаться, а нарастать.

Ссылки:

[Bekenstein, 2003] Jacob D. Bekenstein. Black holes and information theory. ArXiv:quant-ph/0311049v1 9 Nov 2003

[Egan and Lineweaver, 2009] Ch. Egan and Ch. Lineweaver. A larger estimate of the entropy of the universe. ArXiv:0909.3983v1 [astro-ph.CO] 22 Sep 2009. См. русский перевод “Увеличенная оценка энтропии Вселенной” по ссылке

http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_translation/Universe_entropy.pdf

[Ландау и Лифшиц, 1976] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Статистическая физика, ч. 1. Москва, Наука, 1976.

[Левич, 1989] Левич А.П. Метаболическое время естественных систем. Академия наук СССР. Всесоюзный НИИ системных исследований. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1988. Издательство “Наука”, М., 1989. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_sistemnye.djvu

[Левич, 2003] Левич А.П. Метаболический и энтропийный подходы в моделировании времени. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_metabolichesky/levich_metabolichesky.htm

[Левич, 2004] Левич А.П. Почему выполняются экстремальные принципы для энтропии и времени? В сб.: Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. М.: КЦ “Акрополь”. 2004. С. 87-94. Доступно по ссылке:

http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_pochemu.htm

[Шредингер, 1972] Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. М., Атомиздат, 1972.

[Шульман, 2009] Шульман М.Х. Время и черные дыры. Доступно по ссылке:
http://timeorigin21.narod.ru/rus_time/Time_and_BH_rus.pdf