

© М.Х. Шульман

(20.08.2021, исправлено 14.09.2021)

(timeorigin21@yandex.ru , www.timeorigin21.narod.ru)

Время и необратимость (сущность необратимости)

Аннотация

В статье проблема возможной необратимости физических процессов увязывается с нестандартной единой концепцией времени и представлением об открытости Вселенной в термодинамическом смысле.

1. Статистическая механика и альтернативная модель времени,

Традиционно в основу статистического обоснования термодинамики кладется допущение, что за достаточно большой промежуток времени выделенная подсистема побывает достаточно много раз во всех возможных для нее состояниях, так что при неограниченном увеличении полного времени наблюдения мы и получим в пределе (если этот предел существует) вероятность (по времени) нахождения подсистемы в этом состоянии. При этом исходная полная система должна быть термодинамически замкнутой, а ее полная энергия должна сохраняться.

Для определения параметров системы можно долго наблюдать за поведением одного её элемента, а можно за достаточно короткое время рассмотреть все её элементы (или достаточно много элементов). Если система обладает свойством *эргодичности*, то в обоих случаях получатся одинаковые результаты, т.е. среднее по времени совпадает со средним по конфигурационному пространству.

При соблюдении указанных условий возникает возможность использовать понятие энтропии и представление о ней как о мере упорядоченности состояния системы, например, об энтропии Вселенной в целом, поскольку принято считать Вселенную термодинамически замкнутой, а полную массу и энергию Вселенной – неизменными во времени.

Мы, однако, этого предположения не разделяем. В работе [1] и цитируемых там других наших работах мы развиваем альтернативную космологическую модель Вселенной (теорию шаровой расширяющейся Вселенной – ТШРВ). В этой модели наша Вселенная рассматривается как 3-мерная оболочка некоторой 4-мерной черной дыры во внешнем гиперпространстве. Из этого внешнего гиперпространства поступают энергия и вещество, вследствие чего радиус черной дыры и ее оболочки расширяется. Именно этот радиус мы отождествляем с текущим возрастом нашей Вселенной и, следовательно, не “внутренняя” энергетика Большого Взрыва, а “внешний” баланс между гравитационным радиусом и массой такой черной дыры определяет эволюцию размера Вселенной. Отсюда также следует необратимость расширения самой Вселенной. В нашей модели т.н. “планковские” величины (10^{-33} см, $2.1 \cdot 10^{-5}$ э) интерпретируются как первоначальные размер и масса Вселенной, их соотношение не изменяется в течение всего времени эволюции (за которое обе эти величины возросли в $\sim 10^{60}$ раз).

Наш подход унифицирует представление о времени, чего, вообще говоря, не делается в стандартной статистической механике, не позволяя, тем самым, достаточно строго анализировать и проблему необратимости. Более того, вероятность и энтропия перестают быть в общем случае основными

характеристиками поведения систем, а на первое место выходит непосредственная связь эволюции со временем.

2. Проблема необратимости при потерях энергии

Как пишет Хайтун [2], при всем разнообразии существующих точек зрения на проблему необратимости все они, за редчайшими исключениями, сходятся в одном: *гамильтонова (обратимая!) механика полагается действующей и в области необратимых процессов.* </...> На первый план выдвигается принадлежащая Вильяму Томсону формулировка второго начала термодинамики, согласно которой в ходе необратимых процессов происходит обесценивание (диссипация) механической энергии с превращением в другие виды энергии. Обращается внимание, соответственно, на то, что теория необратимых процессов должна быть направлена на изучение процессов превращения механической энергии в немеханические виды энергии, а получаемые ею количественные выражения должны характеризовать интенсивность и скорость этого превращения.

Этот аспект современной теории, как считает Хайтун, связан с тем, что она отталкивается от (обратимой) гамильтоновой механики. Чтобы включить процессы обесценивания механической энергии в статистическую теорию необратимых процессов, делает вывод, есть только один выход — сознательно отказаться в области необратимых процессов от гамильтоновой механики, ограничив ее действие обратимыми процессами.

3. Превращение немеханической энергии в механическую

Между тем физика имеет дело не только с процессами “обесценения” механической энергии, и было бы естественно ожидать и противоположных эффектов, которые могут дать противоположную картину необратимости. Например [3, 4], ускоренная (т.е. получающая механическую энергию) и заряженная частица еще и теряет энергию на излучение, что можно интерпретировать действием силы, равной *2-й производной по времени от ускорения, деленной на утроенный куб скорости света в вакууме.* Понимание полной природы этой силы не столь полно, сколь достоверно подтверждено ее существование. Таким образом, в теории электромагнитного излучения, помимо механической инерции, существует также и сила “радиационного трения”. Если пробная частица несет электрический заряд, то сила радиационной инерции примет вид

$$F_{\text{rad}} = 2e^2q'''/3c^3$$

где e – электрический заряд частицы, q – координата частицы, c - скорость света.

4. Силовое (негамильтоново) представление взаимодействия

Если в случае отсутствия потерь механической энергии уравнение Ньютона может быть записано в виде (m – масса частицы):

$$F(t) = m q'',$$

то, переходя от гамильтонового (энергетического) взаимодействия к силовому, баланс сил для частицы в достаточно общем виде мы, например, имеем право записать

$$F(t) = A_0q + A_1q' + A_2q'' + \dots + A_nq^{(n)} + \dots$$

где правая часть описывает характерные свойства системы¹.

Очевидно, что слагаемые правой части меняют или не меняют свой знак при обращении времени в соответствии с тем, какой индекс им соответствует – нечетный или четный. Именно нечетные индексы отвечают необратимым, т.е. диссипативным (с рассеянием и/или поглощением энергии) процессам, именно они связаны с передачей во внешнюю среду так называемой *активной* энергии и, возможно, с передачей информации в другие системы, т.е. с *причинностью*. При обращении времени эти слагаемые оказались бы необратимыми *источниками* энергии, а причины и следствия поменялись бы местами.

5. Нестатистический подход к обратимости. Примеры

Теперь мы не можем более опираться исключительно на вероятностные соображения, а основная роль переходит именно к конкретному виду правой части характеристического уравнения системы. Рассмотрим несколько ярких примеров, описывающих явно прогрессирующую эволюцию физических систем.

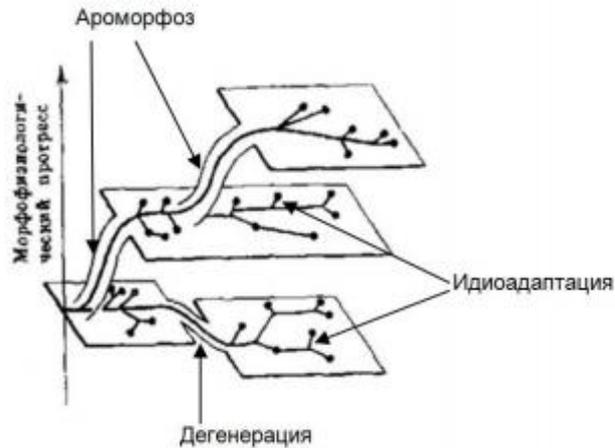
Пусть, во-первых, речь идет о происхождении все более сложных атомов в рамках модели Менделеева. Законы построения таких атомов достаточно исследованы, поэтому возникающую “двумерную” структуру свойств физико-химических свойств элементов несложно описать. Таким образом, логика эволюции этих свойств (в процессе роста энергии) может быть предсказана еще до реального появления самих этих атомов.

Пусть, во-вторых, речь идет о законе гомологических рядов Вавилова: виды и роды, генетически близкие, связанные друг с другом единством происхождения, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости. Зная, какие формы изменчивости встречаются у одного вида, можно предвидеть нахождение аналогичных форм у родственного ему вида. В основе закона гомологических рядов фенотипической изменчивости у родственных видов лежит представление о единстве их происхождения от одного предка в процессе естественного отбора. У родственных видов, имеющих общее происхождение, возникают и сходные мутации.

Закончим наши примеры моделью эволюции в морфофизиологии по А.Н. Северцову [5]: он выделил три главных направления эволюционных преобразований: 1) идиоадаптация – развитие частных приспособлений, не изменяющих общий уровень организации 2) прогресс (ароморфоз) – повышение общего уровня организации, ее усложнение; 3) регресс (дегенерация) – понижение и упрощение общего уровня организации;. Понятие идиоадаптаций объединяет очень широкий круг эволюционных изменений организмов – от самых незначительных частных приспособлений к специфическим условиям существования и образу жизни отдельных видов до адаптаций общего значения, создающих предпосылки для значительного расширения среды обитания или освоения качественно новой адаптивной зоны. Ароморфозы – это такие изменения строения и функций органов, которые имеют общее значение для организма в целом и поднимают энергию его жизнедеятельности на новый

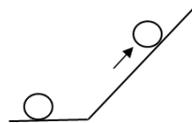
¹ В квантовой механике вместо эволюции силы рассматривается эволюция энергии и волновой функции от одного стационарного состояния к другому. Так, свойства электрона в атоме описываются уравнением Шрёдингера, решение которого зависит от конкретного уровня приобретенного атомом внешней энергии.

качественный уровень. Дегенерация приводит к упрощению структуры или редукция отдельных органов и целых систем.



6. Общий подход к концепции прогресса, стабильности и регресса

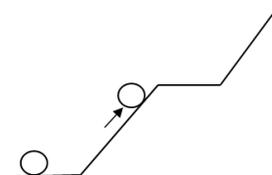
Положение системы в фазовом пространстве в состоянии равновесия сопоставим с шариком, лежащим у подножия горы (минимум энергии, максимум энтропии).



Если шарик регулярно “подталкивается” внешней энергией (как показывает стрелка), и средняя величина этой энергии достаточно велика, то он начнет взбираться на “энергетическую” гору, при этом потенциальная энергия системы будет возрастать, а ее энтропия - уменьшаться. Очевидно, характер (случайный или систематический) и необратимость подъема зависят от параметров процесса поступления энергии извне.

Таким образом, регулярный прирост отрицательной энтропии решает проблему удаления открытой системы от “тепловой смерти”, от состояния статистической однородности. Но достаточно ли этого для повышения уровня *организованности*, упорядочения структуры материи?

На вышеприведенном рисунке связь между приращением потенциальной энергии системы и приращением ее энтропии оказывается линейной, а эволюция системы – обратимой. Стоит уменьшить энергию, накопленную системой, как эволюция пойдет вспять. *Для организованных же систем характерно наличие устойчивых состояний*, при отклонении от которых система так или иначе сопротивляется этой тенденции. При изменении потенциальной энергии энтропия таких систем (вследствие возникающих механизмов обратной связи) изменяется существенно *нелинейным* образом. Ниже приведена простая графическая иллюстрация такой возможности с *одним* промежуточным устойчивым состоянием в виде горизонтальной “полочки”, однако в действительности их может быть сколь угодно много, и форма их может быть существенно более сложной. Стабильность состояний может поддерживаться благодаря возникновению многообразных контуров обратной связи.



Смысл рассмотренной ситуации состоит в том, что нарушается основное допущение об априорной *равновероятности всех микросостояний*, вследствие чего основанная на таком допущении численная оценка вероятности некоторых особо важных *макросостояний* оказывается *неверной*.

В частности, представленные на вышеприведенном рисунке “ступеньки” на профиле потенциальной горы на самом деле могут иметь не строго горизонтальный вид, а некоторую более сложную извилистую форму с чередованием локальных “подъемов” и “спусков”, а значит – локальных максимумов и минимумов. Минимумы представляют собой ловушки, случайное отклонение от которых возвращает систему на дно ловушек, создавая петли отрицательной обратной связи (как, например, при торможении за счет трения при скатывании с наклонной поверхности), тогда как максимумы порождают петли положительной обратной связи (как, например, при возникновении снежной лавины), выводящие систему из неустойчивого состояния. Могут возникать сложные и нелинейные контура смешанных обратных связей с участием диссипативных и резонансных процессов.

Заключение

Таким образом, предлагаемая космологическая модель не только дает ясное и прозрачное понимание сущности времени (а также, как описано в [1], отвечает на ряд практических вопросов), но и, на основе представления о термодинамически открытой Вселенной, позволяет дать (негамильтоново) описание необратимых физических явлений.

Ссылки

- [1] М.Х. Шульман. Альтернативная космология.
http://www.timeorigin21.narod.ru/rus_time/Alt_cosmology.pdf
- [2] С.Д. Хайтун. Механика и необратимость.—М.: «Янус», 1996.- ISBN 5-88929-011-8. 448 с.
- [3] J. A. Wheeler, R. Ph. Feynmann. Interaction with Absorber As the Mechanism of Radiation. Review of Modern Physics, Vol. 17, numb. 1 and 3, 1945.
- [4] В.Г. Левич. Курс теоретической физики, том 1, Стр. 116.
- [5] См. А.С. Северцов. Теория эволюции: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению “Биология”. М. : Гуманитарное изд., центр Владос, 2005 г. 380 с.