

МРНТИ 29.17.43

В.М. Сомсиков Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан.  
[vmsoms@rambler.ru](mailto:vmsoms@rambler.ru)

## СТРУКТУРНОСТЬ МАТЕРИИ И ЕЕ ЭВОЛЮЦИЯ

**Аннотация.** Предлагается метод описания динамики тел с учетом связанного с движением изменения их внутренних состояний. Будем называть его методом полного описания динамики. Благодаря тому, что метод строится на основе уравнения движения, в котором вместо модели бесструктурного тела, как в классической механике, используется модель тела в виде **структурированного тела (СТ)**. В результате метод объединяет классическую механику и термодинамику. В его основе лежит **принцип дуализма симметрии**, согласно которому динамика СТ определяется симметриями как самих тел, так и симметрией пространства. Учет этого принципа выполняется путем представления энергии тела в микро- и макропеременных, определяющих энергию в виде суммы его внутренней энергии и энергии движения соответственно. Уравнение движения тела следует из представленной таким образом энергии. Уравнение позволяет учитывать работу диссипативных сил, определяющих трансформацию энергии движения во внутреннюю энергию. Учет роли структурности в динамике тел приводит к возможности описания процессов эволюции материи. Эволюция обусловлена нарушением симметрии времени при движении тела в неоднородном пространстве, а нарушение симметрии времени обеспечивается диссипативными силами. Из уравнения движения следует понятие Д-энтропии, определяемую, как относительное изменение внутренней энергии. Д-энтропия позволяет анализировать эволюционные процессы в движущихся объектах, например, во Вселенной. Из условия эволюционного происхождения Вселенной следует вывод о бесконечной делимости материи. Обосновывается, что элементом материи являются открытые неравновесные динамические системы. Показывается, как существование механизма необратимости в рамках механики СТ устраняет противоречие между механикой, термодинамикой и статистической физикой.

**Ключевые слова:** необратимость, эволюция, энтропия, формализмы механики.

V.M. Somsikov

Al-FarabiKazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

[vmsoms@rambler.ru](mailto:vmsoms@rambler.ru)

## STRUCTURE OF MATTER AND ITS EVOLUTION

**Annotation.** A method for the complete description of the dynamics of bodies together with a change in their internal states is proposed. The method combines classical mechanics and thermodynamics. It is built based on the equation of motion, in which, instead of a model of a structureless body, as in classical mechanics, a body model in the form of a structured body (ST) is used. It is shown how taking into account the role of structure in the dynamics of bodies leads to the possibility of describing the processes of evolution of matter within the framework of the fundamental laws of physics. Moreover, the dynamics of the body is determined by the principle of symmetry dualism. According to this principle, the dynamics of ST is determined by the symmetries of both the bodies themselves and the symmetry of space. This principle is taken into account by representing energy in micro- and macro-variables, which determine energy as the sum of its internal energy and energy of motion, respectively. It is shown how the equation of motion of a body follows from energy. Due to this division of energy, this equation allows one to take into account the work of dissipative forces that determine the transformation of the energy of motion into internal energy. It is shown how evolution is caused by the violation of the symmetry of time when a body moves in an inhomogeneous space, and dissipative forces provide the violation of the symmetry of time. The concept of D-entropy, defined as a relative change in internal energy, is discussed. D-entropy allows you to analyze evolutionary processes in moving objects, for example, when studying the evolution of the Universe. The difference between the D-entropy and the thermodynamic concept of entropy is considered. The nature of the infinite divisibility of matter is discussed. It is substantiated that open nonequilibrium dynamical systems are an element of matter. It is shown how the existence of the irreversibility mechanism within the framework of ST mechanics eliminates the contradiction between mechanics, thermodynamics and statistical physics.

**Key words:** irreversibility, evolution, entropy, formalisms of mechanics.

В.М. Сомников

Атындағы Қазақ ұлттық университеті Әл-Фараби, Алматы, Қазақстан.

[ymsoms@rambler.ru](mailto:ymsoms@rambler.ru)

## ЗАТТЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ ЭВОЛЮЦИЯСЫ

**Аннотация.** Ішкі күйлерінің өзгеруімен бірге денелер динамикасын толық сипаттау әдісі ұсынылады. Бұл әдіс классикалық механика мен термодинамиканы біріктіреді. Ол қозғалыс теңдеуіне негізделген, онда классикалық механикадағыдай құрылымсыз дене моделінің орнына құрылымдалған дене (ҚД) түріндегі дене моделі қолданылады. Сонымен қатар, дененің динамикасы симметрия дуализм принципімен анықталады. Осы Қағидаға сәйкес, ҚД динамикасы денелердің өздері де, кеңістіктің симметриялары арқылы да анықталады. Бұл принципті есепке алу энергияны микро және макро айнымалы түрінде ұсыну арқылы жүзеге асырылады, ол энергияны сәйкесінше оның ішкі энергиясы мен қозғалыс энергиясының қосындысы түрінде анықтайды. Дененің қозғалыс теңдеуі энергиядан қалай шығатыны көрсетілген. Энергияның осы бөлінуінің арқасында бұл теңдеу қозғалыс энергиясының ішкі энергияға айналуын анықтайтын диссипативті күштердің жұмысын ескеруге мүмкіндік береді. Денелер динамикасындағы құрылымның ролін есепке алу материя эволюциясы процестерін сипаттау мүмкіндігіне қалай әкелетіні көрсетілген. Эволюция дененің гетерогенді кеңістіктегі қозғалысы кезінде уақыт симметриясының бұзылуынан туындағаны және уақыт симметриясының бұзылуы диссипативті күштермен қамтамасыз етілгені көрсетілген. Ішкі энергияның салыстырмалы өзгерісі ретінде анықталған д-энтропия ұғымы талқыланады. Д-энтропия қозғалатын объектілердегі эволюциялық процестерді, мысалы, ғаламның эволюциясын зерттеуде талдауға мүмкіндік береді. Д-энтропияның энтропияның термодинамикалық тұжырымдамасынан айырмашылығы қарастырылады. Материяның шексіз бөлінуінің табиғаты талқыланады. Материяның элементі ашық тепе-тең емес динамикалық жүйелер екендігі негізделген. ҚД механикасы шеңберіндегі қайтымсыз механизмнің болуы механика, Термодинамика және статистикалық физика арасындағы қайшылықты қалай жоятыны көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** Қайтымсыздық, эволюция, энтропия, механиканың формализмі.

**Введение**

Фундаментальные законы природы должны отображать картину мира. Но пока этого не удается осуществить. Одна из причин состоит в том, что картина мира немыслима без эволюции, без стрелы времени, определяемой эмпирическим вторым законом термодинамики [1, 2]. В то же время фундаментальные физические законы, например, законы классической механики, в отличие от феноменологических законов термодинамики, обратимы. Поэтому в их рамках не удается описывать эволюционные процессы возникновения, развития и распада систем. Не устранив это противоречие, нельзя построить эволюционную картину мира. Чтобы его устранить, нужно, как минимум, найти возможность описания необратимых процессов в рамках законов физики. Причем такое описание не должно противоречить фундаментальным или эмпирическим законам физики. То есть, необратимость должна следовать из

фундаментальных законов физики без использования статистических законов или каких-либо дополнительных гипотез.

В этой статье мы обсудим ограничения классической механики, которые исключают возможность построения эволюционной картины мира. Предложим, как выполнить такое расширение механики Ньютона, которое снимает противоречие между вторым законом термодинамики и законами классической механикой, тем самым позволяет описывать процессы эволюции природы в рамках фундаментальных законов физики. Это расширение строится на основе уравнения движения, в котором в качестве модели вместо **материальной точки** (МТ), как в уравнении движения Ньютона, используется модель **структурированного тела** (СТ). В нем учитывается роль структуры тел в их динамике в изменении их структур. Покажем, как получить такое уравнение. Опишем его отличительные особенности от

уравнения движения МТ. Обсудим свойства динамики систем, обусловленные их структурой, а также то, что дает учет структурности для физики в целом. Определим ряд проблем, решение которых необходимо для дальнейшего развития, как самой физики, так и эволюционной картины мира.

## Методы

### Обоснование необходимости объединения разделов физики

Методы и подходы к изучению объектов окружающего мира можно условно разделить на два класса, которые существенно отличаются друг от друга. К первому классу отнесем изучение динамики тел. Ему посвящена классическая механика Ньютона. Она изучает законы движения тел под действием внешних сил вне зависимости от их структур и внутренних свойств. Ко второму классу отнесем изучение внутренних состояний объектов. Этому, прежде всего, посвящены такие дисциплины, как термодинамика, статистическая физика, кинетика. Такое разделение возникло естественным образом, так как движение тел для многих природных процессов не зависит от их структур, а закономерности поведения структур объектов не зависят от их движения.

Классическая механика, которую мы отнесли к первому классу, строится в рамках представлений о симметрии пространства и времени [3]. Эти представления, как, впрочем, и современные представления о самой физике, берут начало с рождения механики Ньютона. Практика показывает, что в общем случае движение различных тел в неоднородном пространстве зависит от их многочисленных внутренних свойств и свойств пространства. Ньютон, при построении механики, смог избавиться от зависимости движения тел от их частных свойств и установить для них общий закон динамики. Он доказал существование универсального параметра, определяющего характер движения тела вне зависимости от многочисленных его свойств. Таким параметром является масса. Задав тело в виде МТ, он установил, что **в однородном пространстве масса однозначно связывает**

**ускорение тела и внешние силы.** Таким образом, второй закон Ньютона получен благодаря исключению из рассмотрения структуры тела [4-6].

В результате использования МТ, механика Ньютона, включая ее формализмы, построена при требовании голономности связей и потенциальности коллективных сил. Она утверждает об обратимости динамики, что исключает возможность описания на ее основе эволюции материи, неотъемлемым свойством которой является диссипация и необратимость [7]. Но материя немыслима без эволюции. Кругом мы наблюдаем возникновение, развитие и исчезновение тех или иных систем. Кроме того, второй закон термодинамики свидетельствует о существовании стрелы времени. Несмотря на многочисленные попытки обосновать второй закон термодинамики, не выходя за рамки фундаментальных законов физики, это удалось сделать только благодаря использованию статистических гипотез, чуждых детерминизму фундаментальных законов. Это способствовало зарождению глубоких сомнений в возможности создания детерминированной картины мира [8-10].

Термодинамика, которую мы отнесли ко второму классу, возникла в связи с необходимостью понимания коллективных процессов внутри тел. Поэтому в ее основе лежат структурные модели тел [11,12]. Структура тел обуславливает наличие внутренней энергии. Задача термодинамики состоит в определении закономерных связей между коллективными характеристиками тел, такими, как давление, плотность, температура и других, при изменении внешних условий. Как и в классической механике, в основах термодинамики лежат законы сохранения энергии и понятие работы, осуществляемой над телом внешними силами. При этом существует принципиальное отличие понятия работы в термодинамике и в классической механике. Оно состоит в том, что в термодинамике рассматривается работа внешних сил, которая идет только на изменение внутреннего состояния системы, но не на ее перемещение в пространстве, как это имеет место в случае механики. Однако, при изучении

некоторых процессов разделение на классы невозможно. Например, при изучении трения, когда энергия движения переходит во внутреннюю энергию тел. Более наглядным примером является эволюция объектов Вселенной, которая происходит во многом благодаря их относительному движению.

Объединение двух разделов физики невозможно без снятия противоречий между эмпирическими законам термодинамики и фундаментальными законам физики. Возможность обоснования термодинамики в рамках законов классической механики появилась в связи с развитием молекулярно-кинетической теории. Основные трудности такого обоснования связаны с огромным количеством атомов и молекул внутри тел, а также с противоречием между обратимостью динамики тел и необратимостью второго закона термодинамики. В результате обоснование термодинамики было построено в рамках статистической физики и кинетики на основе модели материи в виде статистических ансамблей, элементом которых являются равновесные подсистемы элементарных частиц [11]. Это позволило обосновать второй закон термодинамики, опираясь на статистические законы [13].

Второй закон термодинамики обусловлен процессами диссипации. Они, в свою очередь, обуславливают процессы эволюции. Под понятием эволюции здесь будем понимать процессы возникновения, развития и распад систем. Действительно, без диссипации не возникают аттракторы [7]. А их возникновение - необходимый фактор эволюционных процессов. Поэтому **нельзя строить картину мира, не связав законы динамики тел с закономерностями, определяющими их внутренние процессы. То есть, при описании процессов эволюции необходимо принимать во внимание роль структур тел в их динамике, а также роль динамики тел в изменениях их внутренних состояний.** Но для этого вначале нужно снять противоречия между механикой и термодинамикой. Как уже было отмечено, одним из важней-

ших таких противоречий является обратимость движения тел, и необратимость термодинамических процессов.

Проблемы, с которыми приходилось сталкиваться при обосновании второго закона термодинамики, указывали на возможность существования ограничений формализмов механики Ньютона, которые приводят к обратимости динамики тел. Многочисленные попытки объяснить необратимость, опираясь на эти формализмы, позволяли предположить, что существование этих ограничений связано с гипотезами о голономности связей и потенциальности коллективных сил, используемых при их получении. Проверка подтвердила эти предположения [14, 15]. Для дальнейшего успешного развития физики требовалось снять эти ограничения. Только после этого можно было строить расширенную механику, описывающую процессы эволюции. Термодинамика подсказывает, что для снятия ограничений классической механики, скорее всего, требуется надлежащим образом учесть роль внутренних свойств тел в характере их движения. Также нужно учесть роль движения тел в изменении их состояний и структур. Проверить и обосновать это предположение мы решили с помощью получения такого уравнения движения тел, которое учитывает роль их структуры в динамике и роль движения в формировании их структур. Очевидно, что это уравнение должно удовлетворять, как формализмам классической механики в случае бесструктурной модели тела, так и термодинамическим закономерностям поведения, в случае учета структуры [14, 15].

#### ***О построении уравнения движения структурированного тела***

Согласно современным представлениям, все динамические процессы, так или иначе, определяются симметриями пространства и времени [16]. Из условия однородности времени следует закон сохранения энергии. Тело в уравнении движения Ньютона не обладает внутренней энергией. Поэтому его полная энергия совпадает с энергией движения. То есть, уравнение движения Ньютона следует из инвариант-

ности полной энергии, которой является энергия движения. Поэтому движение МТ симметрично относительно обращения времени, а ее координаты однозначно определяют энергию.

Уравнение движения СТ, как и уравнение движения Ньютона для МТ, тоже должно следовать из понятий симметрий. В простейшем случае в качестве СТ можно взять систему потенциально взаимодействующих МТ. Такая модель тела позволяет учесть роль внутренней энергии в его динамике. При этом для каждой МТ можно пользоваться уравнением движения Ньютона, что позволяет выполнять численные расчеты динамики систем для изучения особенностей механики СТ.

Согласно теореме Нетер, тот или иной тип энергии определяется соответствующим типом симметрии. В свою очередь тип энергии определяет характер движения тел. Поэтому при получении уравнения движения СТ, в отличие от процесса вывода уравнения движения Ньютона для МТ, следует учитывать, как симметрию пространства, так и симметрию СТ, которая определяет его внутреннюю энергию. То есть, динамика СТ должна следовать из **принципа дуализма симметрии (ПДС)**, который утверждает, что **движение тел определяется как симметриями пространства, так и симметриями структуры тел** [14].

Наличие внутренней энергии у СТ – главное ее отличие от МТ. Очевидно, что это должно приводить к отличию динамики СТ от МТ. То, как наличие структуры влияет на характер движения СТ, наглядно видно на примере задачи о соскальзывании бруска по шероховатой наклонной поверхности. Опыт показывает, что в этом случае тело нагревается из-за трения. То есть, его внутренняя энергия увеличивается за счет энергии движения. Причем, при достаточной протяженности поверхности, тело достигает предельной скорости. Отметим, что это было известно еще Аристотелю. Отсюда он пришел к выводу, что скорость, а не ускорение, как утверждал Ньютон, пропорциональна силе. Понятно, что при этом он не рассматривал интервал времени, в течение которого тело достигало предель-

ной скорости. Но только этот этап движения, когда трением можно пренебречь, описывается вторым законом Ньютона. Поэтому второй закон напрямую нельзя использовать ни для подтверждения, ни для опровержения вывода Аристотеля. Иначе бы не было проблемы стрелы времени, обусловленной диссипацией энергии движения. Но подтверждение закона Аристотеля существует в рамках статистической физики. Оно строится на основе диссипативного уравнения движения [11]. Однако это уравнение получено статистическим образом. Поэтому оно не может использоваться для доказательства необратимости, поскольку статистические законы не относятся к детерминированным законам природы.

Другим важным примером, демонстрирующим роль изменения внутренней энергии в динамике тел, является задача с подвешенным на веревке мешком песка, в который влетает пуля. Здесь нужно определить угол отклонения веревки. Эту задачу нельзя решить с помощью уравнения движения Ньютона, так как сохраняется полная энергия песка и пули, но не энергия движения пули. Однако задача решается из условия сохранения импульса.

Как видно из приведенных примеров, существуют принципиальные различия между динамикой МТ и СТ. Они заключаются в том, что МТ обладает только энергией движения, эквивалентной полной энергии тела. То есть, сохранение полной энергии эквивалентно сохранению энергии движения МТ, что и приводит к обратимости уравнения движения МТ.

Полной энергии СТ соответствует сумма внутренней энергии и энергии движения **центра масс (ЦМ)**. Причем внутренней энергии соответствует сумма энергий движения элементов тела относительно ЦМ. Поэтому **сохранение полной энергии СТ не означает сохранение энергии движения, что необходимо для обратимости.**

Если возьмем так называемый статистический ансамбль, состоящий из СТ [11], то в соответствии с принципом Галилея, импульс всех входящих в него СТ должен сохраняться, если сумма действующих на ансамбль внешних сил равна нулю. Но им-

пульс статистического ансамбля также будет сохраняться и при наличии внешних сил, когда эти силы равны силе трения. Таким образом, **динамика СТ определяется законами сохранения импульса и полной энергии, равной сумме энергии движения и внутренней энергии.** Следовательно, **нарушение симметрии времени обусловлено переходом энергии движения во внутреннюю энергию при условии сохранения их суммы.**

Для достаточно больших равновесных систем внутренняя энергия соответствует тепловой энергии. Согласно молекулярно-кинетической теории, тепловая энергия является энергией движения атомов или молекул относительно ЦМ тела. Суммарный импульс их движения относительно ЦМ равен нулю. Их суммарная энергия соответствует внутренней энергии. Поэтому в соответствии с принципом Галилея импульс тела не может измениться за счет внутренней энергии. То есть, **тепловая энергия не может возвращаться в энергию движения СТ из-за закона сохранения импульса.**

В лабораторной системе координат вектор скорости каждого элемента СТ является суммой скорости элемента, равной скорости ЦМ, и скорости элемента относительно ЦМ. Поэтому **в лабораторной системе координат нельзя однозначно задать энергию движения СТ, поскольку работа внешних сил тратится как на движение тела, так и на изменение его внутренней энергии.** Поэтому для описания динамики СТ необходимо разделить скорости ее элементов на составляющие скорости ЦМ и на скорости движения относительно ЦМ. Составляющая скорости частицы вместе с ЦМ определяет ее вклад в энергию движения тела, а скорость относительно ЦМ определяет внутреннюю энергию. Отсюда полная энергия СТ распадается на энергию движения ЦМ, определяемой суммарной скоростью всех его элементов, и внутреннюю энергию, определяемую скоростями элементов относительно ЦМ и их взаимодействиями. Отсюда **энергия движения СТ соответствует**

сумме потенциальной и кинетической составляющих энергий его ЦМ. Внутренняя энергия соответствует потенциальной и кинетической энергии, обусловленными взаимодействиями элементов СТ и их движением относительно ЦМ СТ.

Представление энергии СТ в виде суммы энергии движения и внутренней энергии реализуется с помощью двух групп переменных: микропеременных, определяющих внутреннюю энергию, и макропеременных, определяющих энергию движения СТ. Это следует из равенства [15]:

$$N \sum_{i=1}^N v_i^2 = N M_N V_N^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N v_{ij}^2 \quad (1)$$

Вектора  $v_i$  определяют скорости МТ в лабораторной системе координат;  $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$  - номера взаимодействующих МТ;  $i, j$  пробегает значения от 1 до  $N$  и  $i \neq j$ ;  $v_{ij} = v_i - v_j$ ;  $V_N = (\sum_{i=1}^N v_i) / N$  скорость ЦМ СТ;  $r_{ij} = r_i - r_j$ ;  $M_N = Nm$ ;  $m = 1$ , и  $M_N = N$ ;  $U_N^{ins}(r_{ij}) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N U_{ij}(r_{ij})$  - потенциальная энергия взаимодействия МТ.

Согласно уравнению (1), пространства микро – и макропеременных ортогональны. Иначе и не может быть, так как в противном случае было бы невозможно раздельное описание динамики тел и их внутренних состояний.

Уравнение (1) отражает связь структуры тела, его энергии и геометрии пространства. Первый член в правой части (1) соответствует мере «Порядка». Он определяет энергию движения тела. Второй член определяет внутреннюю энергию. Он соответствует мере «Хаоса» [3]. Первый член максимален, а второй равен нулю, когда все векторы скорости МТ равны и совпадают по направлению. Этот случай имеет место для синхронного движения всех МТ. Наоборот, когда сумма всех векторов скоростей МТ равна нулю, то есть, когда имеет место хаотическое движение, первый член равен нулю и хаос максимален. Этот случай соответствует телу, заданному в виде ансамбля неподвижных относительно друг друга равновесных СТ.

Таким образом, решение задачи о расширении классической механики можно строить путем использования модели тел в виде СТ, представленных системой потенциально взаимодействующих МТ. В этом случае механику СТ можно строить на основе уже используемых подходов к построению механики МТ, опираясь на понятия симметрии инвариантов.

### Уравнение движения СТ

Механику Ньютона можно строить, опираясь на понятия симметрии. Из симметрии пространства следует уравнение движения МТ, а из него следуют формализмы [4, 14]. Отсюда естественно вытекает идея, опираясь на понятия симметрии, найти уравнение движения СТ. Но между моделью тела в виде МТ и ее моделью в виде СТ существует ключевое отличие. Дело в том, что СТ также обладает свойствами симметрии, подобными симметрии пространства, поскольку, как и в пространстве, так и между элементами системы существуют потенциальные силы. Это привело к ключевой идее построения механики СТ на основе учета симметрий тела и пространства, то есть, на основе **принципа дуализма симметрии** (ПДС) [14]. Как оказалось, в соответствии с ПДС энергия СТ, заданная в микро- и макропеременных, распадается на внутреннюю энергию и энергию движения соответственно. Это обусловлено тем, что каждый элемент СТ одновременно участвует в движении относительно ЦМ и вместе с ЦМ. То есть, правомерность использования ПДС подтверждается еще и естественным разделением полной энергии СТ на внутреннюю энергию и энергию движения. Если бы такое разделение было невозможно, то было бы невозможным описание движения тел в пространстве без учета внутренних движений их элементов. Это бы исключало возможность использования методов термодинамики, так как в таком случае законы термодинамики были бы несправедливы без учета движения системы в целом. Более того, не было бы справедливым уравнение движения Ньютона для МТ, поскольку все тела обладают структурой. Это также подтверждается еще и математически, поскольку энергия в соответствии с уравне-

нием (1), в микро- и макропеременных автоматически распадается на внутреннюю энергию и энергию движения. Равенство (1) является доказательством ортогональности микро- и макропеременных, однозначно определяющих динамику СТ. То есть, для описания динамики СТ надо задать энергию СТ в виде суммы энергии движения и внутренней энергии. Насколько автору известно, такое представление энергии с целью описания динамики тел ранее не использовалось.

Полная производная по времени от представленной таким образом энергии должна быть равной нулю. Отсюда следует уравнение движения СТ. Важно, что это уравнение выводится без гипотез о полноте связей и потенциальности коллективных сил, которые исключают возможность описания диссипативных процессов. Уравнение имеет вид [15]:

$$M_N \dot{V}_N = -F_N^0 - \mu V_N \quad (2)$$

где  $F_N^0 = -\sum_{i=1}^N F_i^0$ ;  $F_i^0$  - внешние силы, действующие на  $i$ -ю МТ;  $\mu = \dot{E}_N^{\text{int}} / (V_N^{\text{max}})^2$ ;  $F_{ij}$  - силы между  $i$  и  $j$  МТ;  $F_{ij}^0 = F_i^0 - F_j^0$ ;  
 $V_N^{\text{max}} + \dot{E}_N^{\text{int}} / F_N^0 = 0$ ;  $\dot{E}_N^{\text{int}} = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \tilde{v}_{ij} (m \tilde{v}_{ij} + F_{ij}^0 + N F_{ij}^0)$

Согласно (2), внутренняя энергия СТ может меняться только в том случае, когда СТ движется в неоднородном поле сил. Инвариантность энергии движения СТ возможна в случае бесструктурного тела или при движении СТ в однородном пространстве. В этих случаях уравнение (2) переходит в уравнение движения Ньютона.

При наличии градиентов внешних сил, в уравнении (2) появляется билинейный член, зависящий от микро- и макропеременных. То есть, возникает «зацепление» микро- и макропеременных. Этот член был назван «**эволюционной нелинейностью**» [14]. Он обуславливает нарушение симметрии времени из-за диссипации энергии движения СТ во внутреннюю энергию. Фактически возникает взаимосвязь групп переменных, определяемых внутренними симметриями тел и определяемых пространственными симметриями. В квантовой механике подобное зацепление, которое переводит бозоны в фермионы, описывается в рамках теории суперсимметрии

[17]. То есть, нарушение симметрии времени возникает только при преобразовании энергии движения во внутреннюю энергию. Физическая сущность нарушения симметрии времени заключается в изменении внутренних состояний СТ из-за перехода энергии движения во внутреннюю энергию.

Таким образом, учет роли структуры тела в его динамике обуславливает возможность преобразования энергии движения СТ во внутреннюю энергию. Отсюда второй закон Ньютона для СТ можно сформулировать так: **ускорение СТ определяется суммарной внешней силой за вычетом диссипативных сил.**

Уравнение движения СТ, входящий в него член эволюционной нелинейности, натолкнули на необходимость ввести в механику понятие Д-энтропии [14, 18]. Она определяется, как отношение приращения внутренней энергии СТ к ее полной величине. Д-энтропия характеризует изменение полной внутренней энергии в результате движения системы в неоднородном поле сил и определяется динамическими параметрами системы. То есть, она существенно отличается от термодинамического понятия энтропии. Действительно, Д-энтропия определяется приращением всей внутренней энергии открытой неравновесной системы в результате ее движения в неоднородном поле сил. Это приращение может быть связано, как с увеличением объема системы, так и изменением ее температуры. Общность Д-энтропии в том, что она приемлема для описания процессов в движущихся системах, когда нет понятия температуры.

Д-энтропия справедлива как для больших, так и малых систем. Причем для малых систем она может быть отрицательной. Для больших, равновесных систем при определенных ограничениях Д-энтропия переходит в энтропию Клаузиуса. В целом, Д-энтропия является важной характеристикой процессов эволюции **открытых неравновесных динамических систем (ОНДС)** [15]. ОНДС, по сути, являются статистическими ансамблями, которые мо-

гут быть заданы совокупностью перемещающихся относительно друг друга СТ. Важным свойством Д-энтропии для статистического ансамбля является то, что Д-энтропия больше суммы Д-энтропий, входящих в ансамбль СТ. Причем, внутренняя энергия статистического ансамбля определяется не только суммой внутренних энергий СТ, но и их относительными движениями.

Главное достоинство Д-энтропии, в том, что она характеризует ОНДС в процессе ее движения и взаимодействия с окружением. Поэтому она незаменима при описании объектов Вселенной, внутренние свойства которых и состояния неразрывно связаны с их относительными движениями и взаимодействиями. Для этого сложно использовать термодинамику, так как объекты Вселенной неравновесны.

### Результаты.

#### **О механизме необратимости динамики структурированных тел**

Поясним механизм необратимости для ОНДС, состоящей из равновесных СТ [19]. Для систем обоснование необратимости можно свести к доказательству того, что приток внутренней энергий СТ, входящих в ОНДС, больше, чем ее отток. Механизм формирования прямых и обратных потоков энергии между СТ, входящих в ОНДС, связан со взаимным преобразованием энергий относительных движений СТ и их внутренних энергий.

Пусть  $\Delta E''$  энергия относительного движения равновесной СТ, преобразуемая в его внутреннюю энергию. То есть, внутренняя энергия является энергией тепла. Согласно уравнению (2),  $\Delta E''$  определяется билинейным членом второго порядка малости. То есть,  $\Delta E'' \sim \chi^2$ , где  $\chi$  малый параметр и  $\Delta E'' / E^{\text{int}} \ll 1$ . В этом случае нарушение равновесия СТ пренебрежимо мало. Но преобразование энергии тепла СТ в энергию ее движения невозможно.

Если величина  $\Delta E''$  достаточно велика, то равновесие СТ может быть нарушено. Неравновесная СТ может быть пред-

ставлена ансамблем равновесных подсистем. В этом случае получим:

$$\Delta E^{tr} = \Delta E_{ins}^{tr} + \Delta E^h,$$

где  $\Delta E_{ins}^{tr}$  - приращение энергии относительного движения подсистем в СТ, а  $\Delta E^h$  приращение тепла подсистемы. То есть,  $\Delta E_{ins}^{tr} < \Delta E^{tr}$ . В этом случае только их энергия относительных движений, которую обозначим  $\Delta E_{ret}^{tr}$ , может вернуться в энергию движения СТ, но тепловая энергия подсистем не может перейти в их энергию движения. И в этом случае согласно уравнению (2), величина  $\Delta E_{ret}^{tr}$  определяется билинейным членом второго порядка малости.

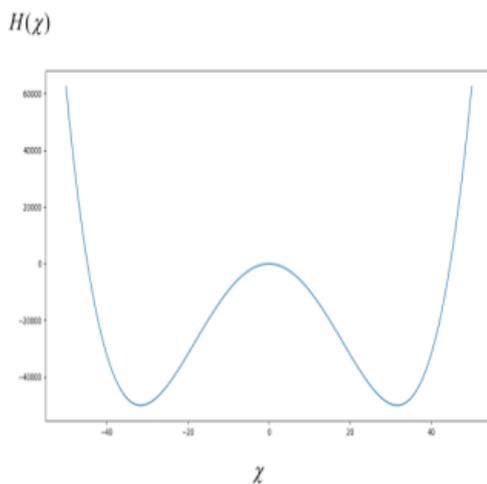


Рисунок 1 - График формулы (3)

Но поскольку  $\Delta E^{tr} \sim \chi^2$ , то  $\Delta E_{ret}^{tr} \sim \chi^4$ . Таким образом, уменьшение энергии движения СТ определяется следующим уравнением:

$$\Delta E_{dec}^{tr} = \alpha \chi^2 - \beta \chi^4 \quad (3)$$

Здесь  $\alpha, \beta$  константы, определяемые уравнением (2).

На рис. 1 отображен график уравнения (3). Он соответствует форме «мексиканской шляпы». Величина  $|\chi| < \chi_0$ , где  $\pm \chi_0$  - корни уравнения (3), для которых имеет место необратимость. В общем случае для  $N \gg 1$ , будем иметь:  $\Delta E_{dec}^{tr} > 0$ . Это соответствует второму закону термодинамики.

Стационарность СТ имеет место при условии:  $\Delta E_{dec}^{tr} = 0$ . Это точка бифуркации, в

которой состояние системы определяется микро – переменными.

Формула (3) совпадает с потенциальной функцией для фазового перехода при спонтанном нарушении симметрии [20]. Очевидно, что это далеко не случайное совпадение, поскольку оно определяется законами преобразования различных типов энергии тел, определяемых различными типами симметрий. Отметим, что формула (3) лежит в основах существующих теорий фазовых переходов и возникновения вещества, связанных с нарушениями симметрий [21, 22].

Таким образом, учет структурности тел в описании процессов нарушения симметрии позволяет снять особенность в точке бифуркации, определяющей спонтанное нарушение симметрии. Это расширяет область детерминированного описания процессов эволюции.

Согласно предлагаемому механизму, необратимость обусловлена нарушением симметрии времени. Причем, нарушение симметрии времени только необходимое условие для выполнения второго закона термодинамики, но не достаточное. Так, при движении осциллятора через потенциальный барьер, то есть, для систем из малого количества элементов, согласно уравнению движения (2), внутренняя энергия может, как нарастать, так и убывать [14]. Только для достаточного количества элементов в системе выражение (3) не может быть отрицательным [15]. Следует подчеркнуть, что этот вывод следует из свойств динамики систем, которые находятся в согласии с ее статистическими свойствами. Действительно, уравнение (2) имеет тот же вид, что и диссипативное уравнение движения, полученное статистическим образом [11].

Важным выводом, вытекающим из механики СТ, является бесконечная делимость материи [14]. Она следует из того, что эволюция материи невозможна без необратимости, а значит она невозможна для бесструктурных тел. Следует подчеркнуть и то, что только при условии бесконечной делимости материи возможна конечность скорости передачи информации наряду с выполнением законов сохранения импуль-

са и полной энергии СТ. Только для СТ возможно возникновение аттракторов, которые эквивалентны новым системам. То есть, бесструктурные объекты не эволюционируют и не могут возникать. Таким образом, **структурность материи - ее неотъемлемое свойство.**

Теперь можно объяснить популярный пример, почему разбившееся яйцо при падении на пол в принципе не может вернуться в первоначальное состояние. Согласно предложенному механизму необратимости, при разбиении яйца происходит необратимое преобразование энергии его движения во внутреннюю энергию его новой структуры. Раньше это объяснялось маловероятностью обратного процесса. Однако маловероятность является следствием механизма необратимости. Более того, вероятностное объяснение оставляет возможность возврата яйца в первоначальное состояние, а физическое объяснение нет. Подчеркнем, что объяснение физического механизма необратимости невозможно в рамках классической механики, поскольку в ней не учитывается роли структуры тела в его динамике.

### Обсуждение

Изучение процессов эволюции в природе требует создания универсального метода, объединяющего описание взаимозависимых процессов динамики тел в пространстве и изменения их внутренних состояний. Построение такого метода было реализовано на основе уравнения движения, в котором вместо модели тела в виде МТ, как в механике Ньютона, используется модель тела в виде СТ. Только учет роли структурности тел в динамике и в изменении их внутренних состояний привел к возможности описания процессов эволюции материи. Описание динамики тел построено на основе **принципа дуализма симметрии**. Согласно этому принципу динамика определяется не только симметрией пространства, как в случае МТ, но и симметриями самих тел. Согласно принципу дуализма симметрии, энергия тела была представлена в микро- и макропеременных,

определяющих **полную энергию** в виде суммы его внутренней энергии и энергии движения соответственно. Из представленной таким образом полной энергии следует уравнение движения СТ. Благодаря разделению энергии на энергию движения и внутреннюю энергию, это уравнение позволяет учитывать диссипативные силы, определяющие трансформацию энергии движения во внутреннюю энергию. Диссипативные силы пропорциональны градиентам внешних сил. Таким образом, эволюция обусловлена нарушением симметрии времени при движении тела в неоднородном пространстве, а нарушение симметрии времени обеспечивается диссипативными силами.

Уравнение движения СТ позволяет ввести понятие Д-энтропия в рамках механики. Она определяется, как относительное изменение внутренней энергии. Д-энтропия учитывает роль движения тела в изменении его внутреннего состояния. То есть, она применима для изучения эволюционных процессов. Поэтому Д-энтропия перспективна для изучения Вселенной, поскольку определяется через динамические параметры системы и характеризует взаимосвязь динамики тел с их внутренним состоянием и эволюцией.

Из анализа уравнения движения СТ следует бесконечная делимость материи, а отсюда следует ее иерархичность. Элементом материи являются ОНДС. Бесконечная делимость материи и ее иерархичность свидетельствуют о тесной взаимосвязи материи и поля [23].

Учет роли структурности тел в их динамике и эволюции является необходимым этапом развития механики после создания механики бесструктурных тел. Если механика бесструктурных тел открыла возможности построения динамических моделей стационарных тел, то учет структуры в моделях тел открыл возможность изучать эволюционные процессы возникновения, развития и распада систем. Тем не менее, использование модели СТ в виде совокупности МТ является следующим приближением, которое необходимо уточнять при

развитии модели материи, к примеру, при построении единой теории частиц, поля и сил.

Безусловно, что перечисленные здесь закономерности поведения материи не исчерпывают все многообразие свойств материи, которые обусловлены ее структурой. Но уже приведенный список этих закономерностей свидетельствует о необходимости построения картины мира на основе уравнения движения СТ.

Развитие механики путем учета роли структуры и ее элементов в динамике тел открывает возможности пересмотреть подходы к решению ключевых для физики проблем, связанных с динамическими коллективными свойствами материи. Например, проблемы описания процесса передачи тепла в рамках Лоренц инвариантных уравнений [24]. Предложив объяснение необратимых процессов в рамках детерминированных законов физики, механика СТ, тем самым, устранила противоречие между классической механикой, термодинамикой и статистической физикой, и подтвердила возможность построения физики на единой фундаментальной основе [25].

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан грантового проекта AP09259554.

### Литература.

1. Prigogine I. From Being to Becoming, Nauka, Moscow, 1980.
2. R. Penrose. The path to reality or the laws governing the universe. Full guide. Moscow, Izhevsk, 2007.
3. Владимиров Ю. Основание физики, Бинном, Москва, Лаборатория знаний, 2008.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, Наука, Москва, 1973.
5. Lanczos C. The variational principles of mechanics, Mir, Moscow, 1962.
6. Goldstein H. Classical Mechanics, Nauka, Moscow, 1975.
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику, Наука, Москва, 1990.

8. Hooft G. W't. Free will in the theory of everything arXiv:1709.02874v1[quant-ph]8 Sep 2017.

9. Weinberg S. *Dreams of a Final Theory*, Vintage, New York, 1982.

10. Werner & Farrelly T. Uncertainty from Heisenberg to Today, *Foundations of Physics*, 2019, <https://doi.org/10.1007/s10701-019-00265-z>

11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, Наука, Москва, 1976.

12. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамик. Стат. Физика и Кинематика, Наука, Москва, 1977.

13. Zaslavsky G. M. Stochasticity of dynamical systems, Nauka, Moscow, 1984.

14. Сомсиков В.М. Основы физики эволюции, Алматы, Каз.Ну им. аль Фараби, 2021.

15. Somsikov V. M. Transition from the mechanics of material points to the mechanics of structured particles, *Modern Physics Letters B*, 4, 2016, pp. 1-11.

16. Вигнер Е. События, законы природы и принципы инвариантности, УФН, Т. 85, вып. 4, 1965, сс. 727-736.

17. Генденштейн Л. Э., Криве И.В. Суперсимметрия в квантовой механике, УФН, Т. 146, вып. 4, 1985, pp. 553-590.

18. Somsikov V.M. D-Entropy in classical mechanics, CHAOS 2021, Book of Abstracts, <http://www.cmsim.org/chaos2021.html>

19. Somsikov V.M. Deterministic Irreversibility Mechanism and Basic Element of Matter. (2020) In: Skiadas C., Dimotikalis Y. (eds) 12th Chaotic Modeling and Simulation International Conference. CHAOS 2019. Springer Proceedings in Complexity. Springer, 2019, pp. 245-256.

20. Shirkov D.V. 60 years of broken symmetries in physics (From Bogolyubov's theory of superfluidity to the Standard Model), UFN, V.179, No 6, 2009, pp. 581-589.

21. Wigner E. Symmetry and conservation laws. UFN 84(4), 1964; Events, laws of nature and principles of invariance. UFN 85(4), 1965; Violation of symmetry in physics, UFN 89(3), 1966.

22. Wilchek F. The origin of mass, *Mod. Phys. Lett. A* 21(9), 2006.

23. L. Alexeyeva A. Newton's Laws for a Biquaternionic Model of Electro-Gravimagnetic Fields, Charges, Currents, and Their Interactions, Journal of Physical Mathematics, 1, 2009. Article ID: S090604. <https://doi.org/10.4303/jpm/S090604>

24. Митюгов. Деревопарадокса, УФН, Т.163, №8, 1993, сс.103-114.

25. Markus F. Can a Lorentz invariant equation describe thermal energy propagation problems? Heat conduction – basic research, 2017, pp. 155-176.

***Принята к печати 21.01.21***