


**B.M. Сомсиков**

НИИЭТФ, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
e-mail: profsoms@gmail.com

## СТРУКТУРНОСТЬ МАТЕРИИ В ФИЗИКЕ

Работа посвящена изучению роли структурности материи в процессах ее эволюции, а также в физике в целом. Доказана необходимость учета ее роли при создании картины мира с учетом его эволюции, а также при построении нового раздела физики – физики эволюции. Показано, почему и как можно построить физику эволюции, опираясь на уравнение движения, учитывающего влияние структурности тела на характер его движения в неоднородном пространстве сил. Дано краткое объяснение выводов уравнения движения, учитывающего роль структурности тела в его динамике. Предложено объяснение, почему это уравнение следует выводить из условия сохранения полной энергии, и почему ее следует представлять в виде суммы энергии движения, а также внутренней энергии. Такое представление полной энергии необходимо в соответствии с принципом дуализма симметрии. Показано, как учет роли структурности элементов материи в их динамике приводит к устранению противоречия между механикой, статистической физикой и термодинамикой. Демонстрируется, как из данного уравнения следует второй закон термодинамики, а также бесконечная делимость материи. Рассмотрено, как из условия бесконечной делимости материи следует возможность построения эволюционной картины мира. Выполнен анализ существующих физических проблем, для решения которых необходим учет структурности материи. В частности, рассмотрено, как условие бесконечной делимости материи может отразиться на интерпретации некоторых фундаментальных положений квантовой механики. Рассмотрено уравнение движения квантовой частицы с учетом ее структурности и определены свойства этого уравнения. Показано, что для элементарной структурированной квантовой частицы квантово-волновой дуализм обусловлен наличием внутренней энергии, обеспечивающей внутреннее колебание частицы, и энергии движения, обеспечивающей движение колеблющей частицы в пространстве.

**Ключевые слова:** эволюция, механика, термодинамика, энтропия, энергия.

V.M. Somsikov  
IETP, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: profsoms@gmail.com

### Structure of matter in physics

The work is devoted to the study of the role of the structure of matter in the processes of its evolution, as well as in physics in general. It demonstrates the necessity of taking this role into account when constructing a picture of the world that takes its evolution into account, as well as when constructing a new branch of physics—the physics of evolution. It demonstrates why and how evolutionary physics can be constructed based on an equation of motion that accounts for the influence of a body's structure on the nature of its motion in a heterogeneous force space. A brief explanation of the derivations of the equation of motion, which takes into account the role of a body's structure in its dynamics, is provided. An explanation is offered for why this equation should be derived from the condition of conservation of total energy and why it should be represented as the sum of the energy of motion and the internal energy. Such a representation of the total energy is necessary in accordance with the principle of dualism of symmetry. It is shown how taking into account the role of the structure of elements of matter in their dynamics leads to the elimination of the contradiction between mechanics, statistical physics, and thermodynamics. It is demonstrated how the second law of thermodynamics follows from this equation, as well as the infinite divisibility of matter. It is considered how the possibility of constructing an evolutionary picture of the world follows from the condition of infinite divisibility of matter. An analysis of existing physical problems is performed, the solution of which requires taking into account the structure of matter. In particular, it is considered how the condition of infinite divisibility of matter can affect the interpretation of some fundamental principles of quantum mechanics. The equation of motion of a quantum particle is considered, taking into account its structure, and the properties of this equation are determined. It is shown that for an elementary structured quantum particle, quantum-wave duality is

determined by the presence of internal energy, which provides the particle's internal oscillation, and the energy of motion, which provides the oscillating particle's motion in space.

**Keywords:** evolution, mechanics, thermodynamics, entropy, energy.

В.М. Сомсиков

ҒЗИӘТФ, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан  
e-mail: profsoms@gmail.com

### Физикадағы материяның құрылымдылығы

Материя құрылымының оның динамикасындағы рөлін ескермей, дүниенің эволюциялық, картинасын құру мүмкін емес екені көрсетілген. Жүйелердің пайда болу, даму және ыдырау процесстерін сипаттайтын эволюция физикасын құру қажеттілігінің негізdemесі ұсынылған. Құрылымдық, дененің қозғалыс тендеуі негізінде эволюция физикасын неге және қалай құруға болатындығы көрсетілген. Бұл тендеуді қозғалыс энергиясы мен дененің ішкі энергиясының қосындысымен ұсынылған толық энергияның инварианттық жағдайынан қалай алуға болатындығы туралы қысқаша түсініктеме берілген. Толық энергияның мұндай көрінісі симметрия дуализм принципіне сәйкес қажет. Олардың динамикасындағы материя элементтерінің құрылымдық, рөлін есепке алу механика, статистикалық физика және термодинамика арасындағы қайшылықты жоюға қалай әкелетіні көрсетілген. Берілген тендеуден термодинамиканың екінші заңы, сондай-ақ заттың шексіз бөлінуі қалай пайда болатындығы көрсетілген. Материяның шексіз бөліну жағдайынан әлемнің эволюциялық, бейнесін құру мүмкіндігі қалай пайда болатындығы қарастырылады. Қолданыстағы физикалық проблемаларға талдау жасалды, оларды шешу үшін материяның құрылымын ескеру қажет. Атап айтқанда, материяның шексіз бөліну шарты кванттық механиканың кейбір негізгі ережелерін түсіндіруге қалай әсер етуі мүмкін екендігі қарастырылады. Құрылымдық, кванттық, бөлшектің қозғалыс тендеуі берілген және осы тендеудің қасиеттері анықталған.

**Түйін сөздер:** эволюция, механика, термодинамика, энтропия, энергия.

## Введение

Физика, как и природа, развивается от простого к сложному, решая новые задачи и новые проблемы, возникающие в процессе ее развития [1]. Среди этих проблем существуют ключевые, без решения которых дальнейшее развитие физики испытывает большие трудности [2]. Такой проблемой является обоснование второго закона термодинамики в рамках классической механики [3-8]. Как нами было показано ранее, классическая механика исключает саму возможность решения этой проблемы [9]. Это бы не мешало развитию физики, если бы использование статистических закономерностей для объяснения механизма необратимости не исключало возможности описания эволюции. Но мир возник в результате эволюции материи. А она немыслима без второго закона термодинамики. Поэтому без понимания второго закона термодинамики без *детерминированного механизма необратимости* (ДМН) невозможно создание эволюционной картины мира в рамках законов физики [3-6].

Если мир развивается от простого к сложному, если при этом его возникновение определяется принципом причинности, то ДМН

должен существовать. Все это подтверждает предположение о наличии ограничений классической механики, исключающих объяснение второго закона термодинамики.

Проблема изучения эволюции в рамках законов физики обострилась еще в связи с созданием квантовой механики. Квантовая механика содержит принцип неопределенности Гейзенберга, который исключает причинно-следственные связи в физике. Поэтому для дальнейшего развития физики эволюции необходимо найти расширить классическую и квантовую механику так, чтобы они позволяли объяснить ДМН. Здесь покажем, что такое расширения возникают при учете роли структур тел в их динамике.

## Методы

### *О понятии физики эволюции и проблеме необратимости*

Движение и взаимодействия тел, их эволюция являются неотъемлемыми свойствами материи. Однако современная физика не учитывает эволюцию, а отображает стационарное состояние окружающих объектов [3]. То, что эволюция также является неотъемлемым

свойством материи, подтверждается тем, что задача всей науки заключается по существующему в данный момент состоянию системы определить ее будущее состояние.

Концепция эволюции возникла в древней Греции. Она относится к биологии, физике и социологии. Современное представление об эволюции живой материи принято связывать с трудами Чарльза Дарвина и Грегора Менделя [7,8].

В настоящее время связь между эволюцией живой и костной материи мало изучена. Более того, и определения эволюции для костной и живой материи различны. Эволюция для живой материи, как правило, определяется, как адаптация организмов к изменяющимся условиям их существования. А под эволюцией костной материи понимают изменение картины мира во времени. Здесь мы под эволюцией предлагаем понимать необратимые и нелинейные процессы возникновения, развития и распада объектов природы.

Если исходить из условия единства природы и учитывать, что количество рождает качество, то принципы и законы эволюции живой материи должны иметь начало в законах эволюции костной материи. Поэтому, не поняв законы эволюции костной материи, нельзя понять более сложные законы эволюции живой материи. Следовательно, должна существовать причинно-следственная связь между эволюцией костной и живой материями. Поскольку мир развивался эволюционным путем от простого к сложному, то следует ожидать, что костная материя первична относительно живой материи. Следовательно, изучение эволюции необходимо начинать с изучения костной материи, то есть, строить эволюционную картину мира, двигаясь от простого к сложному. При этом костную материю следует изучать в рамках законов физики. Здесь основные задачи эволюции сводятся к изучению проблем возникновения систем материи, их развитию со временем и вопросов, связанных с распадом систем. Все эти задачи входят в новый раздел науки- «Физика эволюции».

Развитие «Физики эволюции» стало особенно актуальным в последние годы в связи с катастрофическими изменениями природы, климата, общества. Роль «Физики эволюции» для физики особенно четко видна на примере построения космологической эволюционной

теории Вселенной. Сегодня эта теория строится на основе классической механики, статистической физики, термодинамики, физики элементарных частиц. Но ее дальнейшее развитие столкнулось с проблемами, обусловленными ограничениями соответствующих разделов, их недостаточной согласованностью, фрагментарностью физики, нарушением принципа причинности. С этими проблемами столкнулось и создание единой физической теории [10]. Главным аргументом в пользу существования такой теории является единство законов природы, включая законы эволюции [11]. Для создания «единой теории всего» и построения физики эволюции, в частности, в первую очередь требуется устранение противоречий между классической механикой, термодинамикой, квантовой механикой.

Классическая механика, так или иначе, лежит в основах всех разделов физики. Поэтому естественно, что ее ограничения определяют ограничения всей физики. Пожалуй, главное ее ограничение, препятствующее изучению эволюции, это обратимость динамики тел, противоречащая второму закону термодинамики [12-14].

Первые попытки решить проблему необратимости принадлежат Больцману. Для поиска ее решения им была развита молекулярно-кинетическая теория вещества. На ее основе Больцман предложил решение проблемы необратимости, которое, по своей сути, является статистическим [3,4,15]. Сегодня это решение легло в основу общепринятого объяснения механизма необратимости. Оно опирается на положительность показателей Ляпунова для гамильтоновых систем и вытекающую отсюда экспоненциальную неустойчивость фазовых траекторий. Это неустойчивость при сколь угодно малых флуктуациях внешних параметров и приводит к необратимости [4-6]. И хотя этот механизм прекрасно описывает реальность, он не удовлетворяет принципу причинности, не позволяет ответить на вопрос, как рождаются новые свойства систем, которых нет у их элементов [16-18]. Поэтому это решение сложно использовать для построения эволюционной картины мира в рамках законов физики.

Таким образом, все предпринятые попытки найти ДМН в рамках классической механики не достигли цели. Проблема необратимости еще больше усугубилась в связи с появлением квантовой механики, которая в своей основе

содержит принцип неопределенности. Наличие этого принципа даже заставило предположить, что «стрела времени» имеет фундаментальный характер, а не просто является следствием законов физики [19, 20]. Но если исходить из того условия, что мир познаем и в нем существует принцип причинности, без которого мир не смог бы и возникнуть эволюционным путем, то «стрела времени» должна вытекать из фундаментальных законов физики. Все это может означать только одно – существующие формализмы классической механики имеют ограничения, исключающие принципиальную возможность объяснения ДМН. В этом случае для решения проблемы необратимости необходимо было найти и исключить существующие ограничения так, чтобы классическая механика содержала в себе ДМН [21,22]. То есть, следовало понять природу ограничений классической механики, которые исключают ДМН. Только определив эти ограничения можно найти способ их устранения. При этом необходимо, чтобы полученное расширение классической механики удовлетворяло принципу соответствия, поскольку любая новая научная теория должна включать, как частный случай, старую теорию [23]. Это означает, в частности, что из него должен следовать статистический механизм необратимости.

Проблема необратимости в значительной степени повлияла на то, что динамика тел и их внутреннее состояние изучаются раздельно. В результате сегодня физика распадается на два раздела. В одном из них, как правило, в рамках классической механики, решаются задачи динамики взаимодействующих объектов. Решение этих задач опираются на развитые в рамках законов Ньютона формализмы. Причем эти формализмы были построены при сильных ограничениях, которые исключают возможность учета роли диссипативных процессов в динамике тел. Но без диссиpации динамика тел обратима. То есть, она уже не содержит эволюцию. Поэтому существующую классическую механику невозможно использовать для построения физики эволюции [14].

В другом разделе изучаются законы поведения внутренних состояний тел без учета их взаимосвязи с динамикой. Для этого используются методы статистической физики. Но эти методы трудно использовать для описания процессов эволюции, поскольку они

не удовлетворяют принципу причинности [15]. Другая трудность описания эволюции обусловлена тем, что эволюция связана как с динамикой тел, так и с изменениями их внутренних состояний. Поэтому для построения «физики эволюции» необходимо снять противоречия между этими двумя разделами физики. Это означает, что статистические методы, которые достаточно хорошо описывают внутренние состояния систем, должны вытекать из детерминированных законов физики.

Относительно недавно был предложен необходимый ДМН [9]. Его существование служит ключевым аргументом в пользу возможности создания физики эволюции. Как было показано, ДМН является следствием уравнения движения тела, учитывающего его структуру. Главным достоинством полученного уравнения движения СТ, а также его отличительной особенностью от уравнения движения Ньютона для МТ, является то, что оно не исключает работу внешних сил, которая идет на изменение состояния самого тела, движущегося в неоднородном пространстве. Именно этот факт снимает противоречие между фундаментальными законами физики и эмпирическим вторым законом термодинамики. В результате открывается возможность описания процессов эволюции.

### ***Уравнение движения структурированного тела и детерминированный механизм необратимости***

Классическая механика построена на основе уравнения движения Ньютона для МТ. Это уравнение можно получить из полной энергии МТ при условии ее инвариантности [25]. Полная энергия для бесструктурной МТ состоит только из энергии движения, поэтому вся работа внешних сил идет на перемещение МТ.

Уравнение движения СТ в классической механике получают путем суммирования уравнений движения каждого элемента СТ [13]. При этом работа внешних сил по изменению внутренней энергии остается неучтеною, так как сумма внутренних сил равна нулю. Поэтому уравнение движения СТ в классической механике справедливо только тогда, когда вся работа внешних сил идет на перемещение СТ. Это верно для бесструктурных тел или при наличии однородных внешних сил. Но если действующие на СТ внешние силы

неоднородны, то может меняться не только энергия движения СТ, но и его внутренняя энергия [9, 24]. Это понятно на примере парашютиста, скорость которого со временем достигает максимального значения. В этом случае сила тяжести равна силе трения и вся работа внешних сил уходит на изменение внутренней энергии СТ. Поэтому в классической механике учет работы внешних сил по нагреву тел выполняется эмпирическим образом, путем определения коэффициента трения. Следовательно, ограничения классической механики связаны с тем, что в ней нельзя определить ту часть работы внешних сил, которая идет на изменение внутренней энергии тела. Эти ограничения исключают возможность описания эволюции, поскольку эволюция связана с работой внешних сил по изменению внутреннего состояния системы. То есть, для описания эволюции необходимо иметь уравнение, которое учитывает как работу внешних сил, изменяющую энергию движения, так и работу по изменению внутренней энергии. Обсудим, как получить такое уравнение.

Уравнение движения СТ в классической механике выводится в лабораторной системе координат. В ней радиус-вектор каждой МТ системы состоит из суммы радиус-векторов центра инерции и радиус-вектора МТ относительно центра инерции. Сила, определяющая работу по ускорению СТ, равна сумме сил, приложенных к каждой МТ. Но сумма внутренних сил равна нулю. А поскольку каждая МТ вносит вклад, как в энергию движения, так и во внутреннюю энергию СТ, то в лабораторной системе координат не удается определить работу по изменению внутренней энергии. Но ее можно определить в дуальной системе координат, заданной микро – и макропеременными. Причем микропеременные определяют движение каждой МТ относительно центра инерции, а макропеременные определяют движение центра интенции. В дуальной системе координат полная энергия имеет представление в виде суммы энергии движения СТ и его внутренней энергии. Дифференцируя полную энергию по времени, получим уравнение, которое определяет, как работу внешних сил по перемещению центра инерции, так и работу, осуществляющую ими по изменению внутренней энергии. Из этого уравнения можно найти уравнение движения СТ. В нем, в отличие от уравнения движения

МТ, в правой части появится второй член, определяющий силы, изменяющие внутреннюю энергию. Очевидно, что появление этого члена обусловлено учетом структурности тела.

Вывод уравнения движения СТ в дуальной системе координат эквивалентен тому, что мы расширяем классическую механику за счет дополнительных принципа [9]. К первому принципу относится утверждение о том, что существует два основных типа симметрии, которые диктуют динамику материальных объектов: это симметрии самого материального объекта, и симметрии пространства, в котором движутся эти объекты. Это утверждение было названо принципом дуализма симметрии. Данный принцип означает, что работа внешних сил в неоднородном пространстве обуславливает, как ускоренное движение тела, так и изменение его внутреннего состояния. Это естественно назвать дуализмом работы внешних сил.

Существует также второй принцип, который утверждает о единстве законов, определяющих эволюцию среды и движущихся в ней объектов. Этот принцип можно назвать принципом эквивалентности законов природы для его выделенных объектов и самой среды, в которой они перемещаются. Именно нелинейное взаимодействие среды и тел определяет их динамику и эволюцию. Важность этого принципа для физики эволюции заключается в том, что прямые и обратные потоки энергии, которые существуют между телом и средой, определяются общими фундаментальными законами. Причем эти законы диктуются симметриями тел и пространства, в котором они движутся.

Для физики эволюции также важен третий принцип. Он утверждает, что эволюция выделенного объекта характеризуется билинейностью связи симметрий объектов и пространства их движения. Ярким примером, подтверждающим этот принцип, является движение тел с трением по наклонной поверхности под действием гравитационных сил. Здесь силы трения определяются как характеристиками движущегося тела, так и характеристиками наклонной поверхности. При этом работа сил гравитации тратится, как на перемещение тела по поверхности, так и на нагрев, в общем случае, поверхности и самого тела. Из этого принципа однозначно следует, что характер динамики реальных тел определяется не законом сохранения энергии движения, как в

случае движения МТ, а законом сохранения полной энергии, которая состоит из энергии движения и внутренней энергии тела. То есть, для структурированных тел условие однородности времени, определяемое только законом сохранения энергии движения, как в случае классической механики, не выполняется. Отсюда также следует, что инвариантом, определяющим эволюцию тел, является полная энергия. Причем из-за взаимосвязи энергии движения и внутренней энергии, для описания эволюции тел полную энергию следует задавать суммой энергии движения и внутренней энергии.

Таким образом, невозможно определить эволюцию тел без учета взаимосвязи динамики тел и изменения их внутреннего состояния. Именно поэтому эволюцию невозможно изучать без устранения противоречий между классической механикой и термодинамикой.

Дифференцируя полную энергию по времени, представленную через независимые микро- и макропараметры в виде суммы энергии движения и внутренней энергии при условии ее инвариантности, после несложных преобразований, получим уравнение движения СТ [9, 24]:

$$M_N \dot{V}_N = -F_N^0 - \mu^d V_N, \quad (1)$$

Here  $M_N = Nm$  the mass of the SB;  $V_N = (\sum_{i=1}^N v_i) / N$ ;  $v_i$  is a velocity of MP;  $N$  is number of elements in the SB;  $m$  is mass of the elements SB which is equal one for all MP;  $F_i^0$  is external force acting on the  $i$ -th element of the SB;  $F_N^0 = \sum_{i=1}^N F_i^0$ ;  $\mu^d = \dot{E}_N^{\text{int}} / (V_N^{\text{max}})^2$ ;  $v_{ij} = v_i - v_j$ ;  $F_{ij}$  is the force of interaction of the elements of the SB;  $\dot{E}_N^{\text{int}} = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N v_{ij} (m \dot{v}_{ij} + F_{ij}^0 + NF_{ij})$ ;  $V_N^{\text{max}} = -\dot{E}_N^{\text{int}} / F_N^0$ ;  $F_{ij}^0 = F_i^0 - F_j^0$ .

Член, который лежит в левой части уравнения (1), и первый член в правой части, как и в уравнении движения Ньютона, определяют силу инерции и активную силу соответственно. Причем активная сила равна сумме сил, действующих на каждую МТ.

Но в правой части уравнения (1), в отличие от уравнения движения Ньютона для МТ, возник еще один член. Он обусловлен наличием сил диссиpации, определяющих трансформацию энергии движения во внутреннюю энергию. Как оказалось, такая трансформация возможна только при наличии неоднородностей пространства, обеспечивающих градиенты внешних сил. Причем необходимо выполнение условия соизмеримости характерных масштабов неоднородностей пространства с размерами движущегося объекта. Аналогичный член существует и в статистическом уравнении движения. Этот член следует из законов статистики [15]. Он исчез в уравнении движения Ньютона в силу использования бесструктурной модели тела. Он также не учитывается в формализмах классической механики, полученных из принципа Даламбера при условии голономности связей. Очень важно, что этот член невозможно исключить никакими преобразованиями независимых переменных, поскольку он определяется существующей взаимосвязью энергии движения и внутренней энергии. В приближении однородности внешних сил или при пренебрежении структурностью тел этот член исчезает.

При определенных скоростях тела возникает равенство нулю правой части. Тогда уравнение (1) сводится к следующему равенству:  $V_N^{\text{max}} = -\dot{E}_N^{\text{int}} / F_N^0$ . Именно при такой скорости справедливо утверждение Аристотеля о том, что скорость пропорциональна активной силе [27]. Для малых скоростей вторым членом уравнения (1) можно пренебречь, и мы приходим к уравнению движения Ньютона.

Таким образом, уравнение (1) является обобщением уравнения движения Ньютона, поскольку оно учитывает полную работу внешних сил по перемещению тела и изменению его внутреннего состояния. Поскольку уравнение (1) учитывает изменение внутреннего состояния системы при ее движении в неоднородном пространстве, то его логично называть «уравнением эволюции».

Как и в классической механике, используя уравнение (1), не сложно получить расширенные формализмы механики, которые принимают во внимание процессы диссиpации, характерные для движущихся тел в неоднородном пространстве. Эти формализмы позволяют изучать процессы эволюции.

Для определения меры работы, которая идет на изменение внутренней энергии, можно использовать параметр, который мы назвали Д-энтропией [9, 28]. Д-энтропия определяется величиной отношения увеличения внутренней энергии СТ, к полной величине внутренней энергии. Она существенно отличается от известных понятий энтропии. Это отличие, прежде всего, состоит в том, что Д-энтропия относится к движущемуся в пространстве телу. Кроме того, она полностью определяется динамическими параметрами СТ, что означает ее детерминированность. В соответствии с этими свойствами, она характеризует эволюцию любых систем, движущихся в неоднородных внешних полях сил.

Согласно расчетам зависимости Д-энтропии от количества элементов в системе, выполненных на основе уравнения (1), было получено, что если, в системе количество МТ меньше 100, то возможна трансформация внутренней энергии в энергию движения, но если частиц больше, то Д-энтропия всегда положительна, а при  $N > 1000$  она выходит на асимптотику [33].

Природу необратимости можно понять, изучая на основе уравнения эволюции характер взаимной трансформации энергии движения во внутреннюю энергию с учетом того, что такая трансформация подчиняется принципу эквивалентности. Согласно этому уравнению, прямое поглощение энергии движения определяется квадратичным членом, но тогда ее обратное преобразование энергии не может быть больше члена четвертой степени малости. Отсюда характер преобразования энергии движения в энергию тепла для малых параметров определяется следующей формулой [9]:

$$H = \alpha\chi^2 - \beta\chi^4 \quad (2)$$

Если  $N >> 1$ , то имеем  $\alpha\chi^2 \gg \beta\chi^4$ , что соответствует необратимости.

При условии  $H = 0$  имеет место стационарность систем. Это неустойчивое стационарное состояние определяет особую точку бифуркации. Такая особенность имеет место для макроописания. Она исчезает, если от макроописания динамики СТ перейти к микроописанию. То есть, в точке бифуркации динамика тела однозначно определяется динамикой его

элементов. Поэтому микроописание позволяет снять особенность в точке бифуркации [9].

Преобразование энергии движения во внутреннюю энергию и ее обратное преобразование для взаимодействующих систем по своей природе не симметрично. Нарушение симметрии следует из того, что происходит уменьшение относительных скоростей тел в системе координат их центра инерции, которое не запрещено законами сохранения энергии и импульса. Это и определяет природу детерминированной необратимости. Нарушение симметрии времени как раз и означает, что из уравнения движения СТ следует второй закон термодинамики. Таким образом, в результате учет роли структурности тел в их движении в пространстве исчезает противоречие между классической механикой и термодинамикой. То есть, уравнение эволюции устраняет противоречия между классической механикой и термодинамикой.

Из уравнения эволюции следует, что в рамках ограничений принятой модели системы, потенциально взаимодействующих МТ, если принять условие эволюционного происхождения мира, то материя должна быть бесконечно делимой. Действительно, диссипация, без которой нет эволюции, возможна только для структурных тел. То есть, если материя произошла эволюционным путем, то она должна обладать структурностью на всех ее иерархических уровнях [29]. Таким образом, согласно законам динамики систем *материя бесконечно делима и представляет собой иерархию вложенных друг в друга взаимосвязанных систем* [34]. Данный вывод обусловлен принципом дуализма симметрии и вытекает из условия сохранения полной энергии. А поскольку закон сохранения энергии является общим законом для всех разделов физики, то вывод о бесконечной делимости материи справедлив для всей физики и для всех материальных объектов. То есть, структурность материи следует учитывать на всех ее иерархических уровнях. Обобщим, что дает учет бесконечной делимости материи для классической физики.

## Результаты

### *Роль структурности материи для физики*

Проблемы с описанием процессов диссипации для энергии движения систем возникли одновременно с созданием классической

механики. Формализмы классической механики строили, опираясь на уравнение Ньютона и принцип Даламбера при выполнении условий голономности связей и потенциальности коллективных сил. Поэтому они описывают динамику систем, только когда можно пренебречь диссипацией, то есть, когда динамика систем не зависит от их внутренних состояний [25]. Но эволюция обусловлена взаимосвязью динамики системы с изменениями ее внутреннего состояния. А изменениями внутренней энергии при движении тел во внешних неоднородных полях сил в классической механике пренебрегается. Таким образом, возникла необходимость поиска такой теории, которая в рамках законов классической механики позволяет учитывать изменение внутренней энергии и, тем самым, описывать диссипативные процессы. Нам удалось доказать, что для построения такой теории необходимо учесть роль структурированности тел в их динамике. Такой учет осуществляется уравнением эволюции, полученным для системы МТ, опираясь на уравнения движения Ньютона для МТ.

Как оказалось, уравнение эволюции следует из требования инвариантности полной энергии путем ее дифференцирования по времени. Для СТ полная энергия, в соответствии с принципом дуализма симметрии, совпадает с суммой энергии движения и внутренней энергии. Полученное таким образом уравнение оказалось не симметричным относительно обращения времени. Это обусловлено тем, что внутренняя энергия не зависит однозначно от заданной точки в пространстве. То есть, при движении тела сколь угодно близко к исходной точке пространства, оно уже будет обладать другой энергией движения. Из этого уравнения также следует ДМН, обусловленный квадратностью эффекта трансформации энергии движения во внутреннюю энергию и обратной трансформации внутренней энергии в энергию движения, которая может иметь место для неравновесных тел. Но это означает, что для движения достаточно больших тел во внешних неоднородных полях сил выполняется второй закон термодинамики. Найденные с помощью уравнения движения СТ закономерности поведения тел являются необходимыми для построения физики эволюции.

Важнейшим выводом, который следует из расширения классической механики, является

вывод о бесконечной делимости материи. Этот вывод затрагивает все разделы физики, поскольку они, так или иначе, сформировались при изучении различных иерархических уровней и типов материи. Более того, из этого следует, что познание мира – процесс бесконечный. К этому заключению мы также приходим в связи с бесконечным многообразием процессов эволюции материи. Эту идею разделяют и другие исследователи. [30]. То есть, всегда будет существовать область непознанного, хотя в природе не существует такого явления, которое невозможно понять.

Детерминизм эволюции не означает ненужность статистических методов анализа систем. Действительно, поскольку процесс познания истины бесконечен, то это означает, что всегда существует область непознанного, которая вносит долю неопределенности в наши знания. Это оставляет место для статистики. Более того, использование статистических методов значительно упрощает решение многих задач по обработке и анализу данных экспериментов, что важно на начальном этапе изучения общих закономерностей поведения систем [35].

Естественно, что эволюционное развитие характерно для самой физики [31]. Это развитие, как и развитие знаний о матери, идет от простого к сложному [32].

В связи с расширением классической механики возникли вопросы, связанные с необходимостью построения функций распределения для неравновесных систем, поскольку статистики Гиббса, Максвелла, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна [15,35] получены только для близких к равновесию систем, когда можно пренебречь вторым членом в правой части уравнения (1). То есть, эти статистики неприемлемы для описания процессов эволюции.

Таким образом, расширение классической механики, в результате учета взаимной трансформации энергии движения и внутренней энергии, устранило ключевые проблемы физики, связанные с объяснением механизма необратимости, обоснованием эмпирических законов термодинамики на основе фундаментальных законов физики, к доказательству предположения о бесконечной делимости материи. Все эти проблемы, стоявшие в классической механике, исключали возможность построения теории эволюции. в рамках законов физики.

Разделом физики, без которого невозможно создание эволюционной картины мира, является еще и квантовая механика. Здесь зададим вопрос: как требование бесконечной делимости материи, условие взаимосвязи внутренней энергии и энергии движения, нелинейность процессов эволюции, могут отразиться на квантовой механике.

### **Проблемы квантовой механики**

Создание квантовой механики обеспечило небывалый прогресс в развитии физики. Она вскрыла проблемы, связанные, в основном, с детерминизмом и с принципом причинности [39-45]. Вайнберг утверждал, что до сих пор никто не смог придумать способ изменить квантовую механику таким образом, чтобы сохранить ее успехи, не приводя к логическим абсурдам [46]. Дираку принадлежит высказывание о том, что если мы собираемся возродить причинность, то нам придется заплатить за это, и сейчас мы можем лишь гадать, какая идея может быть принесена в жертву [47].

В основах квантовой механики лежит волновое уравнение Шредингера [36]:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = \left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(r, t) \right\} \Psi \quad (3)$$

Это уравнение линейно, поэтому оно удовлетворяет принципу суперпозиции. Квадрат модуля волновой функции –  $|\Psi|^2$  определяет вероятность частицы находиться в заданной области конфигурационного пространства  $dV = dx dy dz$ . Любая динамическая величина « $f$ » в квантовой механике, например, энергия и импульс, определяются волновой функцией  $\Psi$  с помощью соответствующего оператора:  $E \rightarrow i\hbar \partial / \partial t$  – кинетическая составляющая энергии движения,  $p \rightarrow -i\hbar \nabla$  – импульс. Величины « $f$ », характеризующие динамику частиц, определяются усреднением:  $\bar{f} = \int \Psi * f \Psi dq$ .

Шредингер получил уравнение (3), опираясь на формализм Гамильтона-Якоби [13, 25, 38]. Его также можно получить из волнового уравнения:  $(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}) \Psi = 0$ , заменив в нем параметры, характеризующие волны, параметрами:  $c \rightarrow v_f = \omega / k = \hbar \omega / p = \hbar \omega / \sqrt{2m(E-U)}$  [37].

Это означает эквивалентность свойств уравнения Шредингера и волнового уравнения. Для получения уравнения Шредингера необходимо полную энергию и импульс выразить через соответствующие им операторы:  $E \rightarrow i\hbar \partial / \partial t$   $p_i \rightarrow -i\hbar \nabla_i$ , где  $i$ -номера элементов системы [37].

Скобки Пуассона для координат « $q$ » и импульсов « $p$ » для квантовой частицы удовлетворяют соотношению неопределенности Гейзенberга:  $pq - qp = -i\hbar$ . Это означает невозможность одновременного определения координат и импульсов квантовой частицы. Физическая сущность принципа неопределенности следует из того, что для волнового пакета, определяемого волновой функцией, неопределенность энергии и времени следует из условия  $\Delta\omega = 2\pi / \tau$ . Здесь  $\Delta\omega = \omega - \omega_0$  – ширина участка спектра, где амплитуда фурье-гармоник значительно отличается от нуля,  $\tau$  – точность времени испускания гармоники.

Как оказалось, энергия, и другие динамические параметры частиц квантуются. Природа квантования было предложена Бором [39]. Согласно его гипотезе, классическое действие для устойчивых орбит электрона в атоме равно:  $\oint pdq = nh$ . Стационарные орбиты электронов в атоме определяются не их скоростями, а частотой, определяемой формулой Планка:  $E = h\nu$ .

Пытаясь решить проблему принципа причинности, Бом, опираясь на формализм Гамильтона-Якоби, построил систему уравнений для амплитуды и фазы волновой функции. Формально его предложение сводится к тому, чтобы от уравнения Шредингера для комплексной волновой функции  $\Psi = R \exp(iS(x, t)) / \hbar$  перейти к уравнениям для амплитуды –  $R(x, t)$  и фазы –  $S(x, t)$ . Идеи Бома исходят из утверждения Эйнштейна о существовании «скрытых переменных» в квантовой механике, однозначно определяющих состояние микромира. Бом утверждал, что должна существовать такая теория скрытых переменных, которая, если отбросить погрешность эксперимента, дает результаты, не противоречащие существованию причинно-следственных связей. В механике Бома эволюция конфигурационного пространства системы, определяемая функцией  $\Psi$ , детерминирована и непрерывна. В частности, когда частица

проходит двухщелевой экран, то ее состояние определяется начальным положением. При этом Бом отказался от идеи обменного взаимодействия, предполагая модель материи непрерывной. То есть в модели Бома частицы как-бы задаются сгустками поля [48]. Модель Бома согласуется с бесконечной делимостью материи, но противоречит условию неделимости квантовых частиц [37]. Согласно идеям де Броиля-Бома, можно предположить, что простейшая квантовая частица является осциллятором. Бом считал, что понятия волны и частицы сливаются на уровне атомных масштабов [48]. Тогда согласно уравнениям (3,4), роль «скрытых переменных» будут играть микропеременные.

Квантовая механика построена для бесструктурных частиц, поэтому она не включает в себя процессы эволюции. Действительно, процессы эволюции нелинейны, а уравнение Шредингера применимо для стационарных состояний и для линейных процессов.

Очевидно, что для достаточно больших энергий взаимодействия частиц условие неделимости будет нарушаться. Скорее всего,

критическая энергия взаимодействия для частиц должна определяться условием:  $E = mc^2$ , где  $m$  масса частицы.

Рассмотрим, каким образом структурность всех элементов материи, включая квантовые частицы, скажется в квантовой теории.

Из условия структурности частиц следует, что квантовая частица, помимо энергии движения, обладает внутренней энергией. Это значит, что оператор Гамильтона представляет собой сумму двух операторов. Один из них соответствует внутренней энергии частицы, а другой соответствует движению частицы в пространстве. Справедливость такого представления функции Гамильтона не вызывает сомнений, поскольку мы фактически записываем уравнение Шредингера в новых независимых переменных. Но это не тождественное преобразование. Оно позволяет определить связь энергии движения с внутренней энергией системы. Тогда, представив Гамильтониан системы из  $N$  частиц в виде такой суммы, из уравнения (3) получим расширенное уравнение Шредингера для квантового СТ [49]:

$$\{i\hbar \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2M} \nabla_R^2 - U(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_N, R, t) + \sum_{i=1}^N [\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_{\tilde{r}_i}^2 - W_{\text{int}}(\tilde{r}_i)]\} \psi(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_N, R, t) = 0 \quad (4)$$

Здесь переменные обозначены так же, как и в уравнении движения СТ.  $R$  – координаты центра инерции системы,  $\tilde{r}_i$  – координаты  $i$ -той частицы относительно центра инерции системы.

Уравнение (4), подобно уравнению (1), описывает эволюцию системы. Очевидно, что решения уравнений (3) и (4) отличаются тем, что уравнение (4) описывает процесс эволюции квантовых систем. Бесконечная делимость материи должна приводить к теории поля и ее

объединению с теорией конденсированных сред [50].

При движении такой частицы в неоднородном поле внешних сил энергия движения будет переходить во внутреннюю энергию, что эквивалентно диссипации. Простейшей моделью «флюктуирующего облака» является осциллятор. Рассмотрим уравнение (4) для случая  $N=2$ , то есть, для осциллятора.

Для квантового осциллятора из уравнения (4) в стационарном случае получим:

$$\left\{ \frac{\hbar^2}{2M} \nabla_R^2 - U(r, R) + \frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla_r^2 - W_{\text{int}}(r) + E_R + E_r \right\} \psi(r, R) = 0 \quad (5)$$

Здесь  $E = E_R + E_r$  – кинетические составляющие энергии движения осциллятора и его внутренней энергии;  $M = 2m$ ;  $m_1 = m_2 = m = 2\mu$ ;  $r = \tilde{r}_1 - \tilde{r}_2$ .

В уравнении (5), как и в уравнении (1) в общем случае микро и макропеременные зацепляются из-за неоднородности внешнего потенциала. Это означает, что энергия движения и внутренняя энергия квантового осциллятора,

как и для классического осциллятора, в неоднородном поле внешних сил могут трансформироваться друг в друга.

Если изменением внешнего поля на масштабах системы можно пренебречь, то есть  $U(r, R) \approx U(R)$ , то волновую функцию можно записать так:  $\psi(r, R) = \phi(r)\phi(R)$ , а уравнение (5) распадается на два уравнения:

$$\left\{ \frac{\hbar^2}{2M} \nabla_R^2 - U(R) + E_R \right\} \phi(R) = 0 \quad (5a),$$

$$\left\{ \frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla_r^2 - W_{\text{int}}(r) + E_r \right\} \phi(r) = 0 \quad (5b)$$

Решение уравнения (5a) определяется внешним полем. Если  $U(R)=0$ , то получаем известное уравнение свободно движущегося в пространстве осциллятора.

Решение уравнения (5b) при условии, что  $W_{\text{int}}(r) = \mu\omega^2 r^2 / 2$ , является известным уравнением для колебания частицы вблизи точки равновесия [51]. Это еще раз подтверждает справедливость уравнения (4).

Может оказаться так, что  $E_r = \hbar^2 k^2 / 2\mu$ ,  $p = 2\pi\hbar / \lambda$ . Если при этом  $\omega^2 = \beta / m$ , где  $\beta = \partial^2 W_{\text{int}} / \partial r^2$ , то колебание классического осциллятора соответствует волне де Броиля, для которой имеет место закон дисперсии:  $\omega = \hbar k^2 / 2\mu$ . Это значит, что при прохождении разреженного потока таких осцилляторов через отверстие экрана возникнет типичная для квантовых частиц дифракционная картина.

Наличие у осциллятора внутренней энергии обеспечивает ему волновые свойства динамики. Наличие энергии движения обеспечивает ему перемещение в пространстве. Поэтому его состояние определяется частотой и фазой колебания, положением центра инерции, ориентацией оси. Это эквивалентно тому, что осциллятор обладает квантово-волновым дуализмом и его динамика описывается волновой функцией.

С позиций классической механики бесструктурная частица не может выйти за пределы области, определяемой ее энергией движения. Но для СТ это не так. Как оказалось, для осциллятора возможен туннельный эффект, когда он проходит потенциальный барьер, который выше его энергии движения. Такой

эффект обусловлен возможностью преобразованием внутренней энергии неравновесной системы в энергию движения в неоднородном поле внешних сил [52].

Таким образом, учет бесконечной делимости материи в квантовой механике, сохраняет все ее базовые положения, но при этом он усиливает позиции детерминизма, придавая квантово-волновому дуализму простой физический смысл.

Очевидно, что дальнейшее развитие идей, связанных с бесконечной делимостью материи, потребует решить много проблем. Среди них важнейший вопрос состоит в том, как материя связана с полем в пределе бесконечной делимости объектов природы. То есть, как материя возникает из поля. Не менее важные вопросы возникнут о природе иерархии открытых неравновесных динамических систем, об их стационарности, о природе сил. Безусловно, рассмотрение этих и других вопросов потребует больших усилий. Но без их решения вряд ли возможно построение самосогласованной эволюционной картины мира.

## Выводы

- Учет роли структурности тел в их динамике расширяет классическую механику так, что при этом устраняется ее противоречие с термодинамикой, статистической физикой и кинетикой.

- Расширение классической механики описывается на уравнение движения СТ. Оно учитывает дуализм работы внешних сил, согласно которому их работа меняет энергию движения и внутреннюю энергию. Это обуславливает возможность обоснования второго закона термодинамики в рамках классической механики.

- Уравнение движения СТ описывает необратимую трансформацию энергии движения во внутреннюю энергию. Мерой трансформации является Д-энтропия. Она определяется отношением приращения внутренней энергии к ее величине.

- Из условия эволюционного происхождения объектов материи, следует бесконечная делимость материи. То есть, все объекты природы должны представлять собой иерархию вложенных друг в друга ОНДС.

- Учет бесконечной делимости материи приводит к модификации классической

механики, что позволяет строить термодинамику в рамках расширенной классической механики.

- Учет структурности материи позволяет дать физическую интерпретацию квантово-волнового дуализма.

### Литература

1. Гинзбург И. Ф. (2009) Нерешённые проблемы фундаментальной физики //УФН. 179: 525-529
2. Álvaro Perales-Eceiza, Toby Cubitt, Mile Gu, David Pérez-García, Michael M. Wolf (2024) Undecidability in Physics: a Review. arXiv:2410.16532v1 [math-ph] 21 Oct
3. Prigogine I. (1990) Understanding the complex. Moscow: World. 342 p
4. Заславский Г.М. (1984) Стохастичность динамических систем. Москва: Наука. 273c
5. Lebowitz J. L. (1993) Macroscopic laws, microscopic dynamics, time's arrow and Boltzmann's entropy// Physica A. 194: 1-27
6. Chakraborti S., Dhar A., Goldstein S., Kundu A, Lebowitz J. (2022) Entropy growth during free expansion of an ideal gas // Physica A 55, 394002
7. Darwin C. (1859) On the origin of species by natural selection (John Murray, London)
8. Wichler G., Darwin C. (1961) The founder of the theory of evolution and natural selection //New York: Pergamon Press: 228
9. Сомсиков В.М. (2021) Основы физики эволюции// Казахстан: КазНУ. 335 c
10. Gibson C. H., Schild R. E. (2008) Evolution of proto-galaxy-clusters to their present form: theory and observation.//Journal of Cosmology
11. Вайнберг С. (2008) Мечты об окончательной теории// Москва: ЛКИ. ISBN 978-5-382-00590-4
12. Thomsen K. (2024) A heuristic sketch how it could fit all together with time. [https://arxiv.org/pdf/2405.10335](https://arxiv.org/pdf/2405.10335.pdf)
13. Голдстейн Г. (1975) Классическая механика// Москва: Наука
14. Сомсиков В.М. (2013) Об ограничениях классической механики, связанных с условием голономности связей// Известия НАН РК Серия физическая. 5 (291):144-150
15. Landau L.D., Lifshits E.M. (1976) Statistical physics// Moscow: Nauka
16. Anderson P. W. (2006) More is different sci// New series 177, 4047: 393-396
17. Graiwin S., Bertin E., Lemoy R., Jensen P. (2009) Competition between collective and individual dynamics. arXiv:092167v1 [physics.soc-ph]
18. Penrose O. (2009) Reversibility and irreversibility
19. Buchholz D. Fredenhagen K. (2023) Arrow of time and quantum physics. Dedicated to Roberto Longo on the occasion of his 70th birthday. arXiv:2305.11709v1 [math-ph]
20. Roberts B. W. (2022) Reversing the arrow of time. Cambridge University press: [www.cambridge.org/9781009123327](http://www.cambridge.org/9781009123327). DOI: 10.1017/9781009122139.;
21. Bertulio de Lima Bernardo. (2017) Unveiling the arrow of time from Newton's laws: a possible Loschmidt's paradox solution. <http://arxiv.org/abs/1712.01377v1>;
22. Carvalho D. (2012) Irreversibility in Classical Mechanics and the Arrow of Time PX000 // Foundations of Physics :1-2;
23. Hooft G. (2017) Free Will in the Theory of Everything arXiv:1709.02874v1[quant-ph]
24. Somsikov V.M. (2016) Transition from the mechanics of material points to the mechanics of structured particles // Modern Physics Letter B. Issue 4. DOI: 10.1142/S0217984916500184
25. Lanczos C. (1962) The variational principles of mechanics. Moscow: Mir
26. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. (1988) Теория поля. Москва: Наука
27. Asmus V. F. (1976) Ancient Philosophy. Moscow: VSH Press
28. Somsikov V.M. (2022) D-Entropy in Classical Mechanics. In: Skiadas, C.H., Dimotikalis, Y. (eds). 2021. Springer Proceedings in Complexity
29. Somsikov V.M. (2024) The Role of the Structure of Matter in its Dynamics & Evolution // Japan J Res V.5 I: 1-10
30. Popper K. R. (1959) The Logic of Scientific Discovery. Oxford: Oxford University
31. Эйнштейн А. (2001) Эволюция физики. Сборник. Москва: Устойчивый мир
32. Peebles P. J. E. (2024) The physicist's philosophy of physics. arXiv:2401.16506v1 [physical.hist-ph]
33. Somsikov V.M., Андреев А.Б. (2015) О критериях перехода к термодинамическому описанию динамики систем // Известия ВУЗов. Серия Физика. N. 7 6: 1-15
34. Somsikov V.M. (2007) Описание неравновесных систем в рамках законов классической механики // ПЭОС., Вып. 9, т.2: 5-16
35. Rumer Yu. B., Ryvkin M. Sh. (1977) Thermodynamics. Stat. Physics and Kinematics. Москва: Наука
36. Schrodinger A. (1926) An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules // Phys. Rev. V28. No 6: 1049-1070
37. Зелевинский В.Г. (1970) Конспекты лекций по квантовой механике. Часть 1. НГУ, Новосибирск
38. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. (1973) Механика. Москва: Наука
39. Bohr N. (1949) Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics. The library of living philosophers. A. Einstein: Philosopher. Scientist
40. Oldofredi A. (2024) Unexpected Quantum Indeterminacy. arXiv:2403. 06584physics.hist-ph

41. Суворов С.Г. (1957) Проблема «физической реальности» в Копенгагенской школе // УФН. Том LXII. Выпуск 2: 141-158
42. Mariani C. (2024) The Determinacy Problem in Quantum Mechanics // Foundations of Physics 54:73 <https://doi.org/10.1007/s10701-024-00808-z> reserch. 2024;
43. Arroyo R., Rafael J., Arenhart B., de Ronde Raimundo C., Moujan F. (2024) // Quantum mechanics and reality. *Theoria*, 39(2) : 137-142 <https://doi.org/10.1387/theoria.26755>;
44. Rahman A. (2024) Towards a Deterministic Interpretation of Quantum Mechanics: Insights from Dynamical Systems. arXiv:2405.00707v1 [quant-ph];
45. Hooft G. (2018) Time, the arrow of time, and Quantum Mechanics. arXiv:1804.01383v1 [quant-ph]
46. Weinberg S. (1992) Dreams of a Final Theory. New York: Pantheon
47. Дирак П.А. (1983) Пути физики. Москва: Энергоиздат
48. Belinsky A. V. (2019) On David Bohm's "pilot-wave" concept // Uspekhi Fizicheskikh Nauk. 189:1352–1363
49. Somsikov V.M. (2017) Extension of the Schrodinger equation. EPJ Web of Conferences 138 07003 Baldin ISHEPP XXIII, DOI: 10.1051/epjconf/201713807003:1-7;
50. Samarin A. Yu. (2017) Can quantum objects be point-like particles? arXiv:1710.10154v1 [physics.gen-ph]
51. Левич В.Г., (1969) Курс теоретической физики. Т.1. М., Физматгиз
52. Сомсиков В.М., Денисеня М.И. (2013) Особенности прохождения осциллятора через потенциальный барьер // Известия ВУЗов. Серия Физика. Н. 3, Март: 95–103

### References

1. Ginzburg I. F. (2009) Unresolved Problems of Fundamental Physics //UFN. 179: 525-529 (in Russian)
2. Álvaro Perales-Eceiza, Toby Cubitt, Mile Gu, David Pérez-García, Michael M. Wolf (2024) Undecidability in Physics: a Review. arXiv:2410.16532v1 [math-ph] 21 Oct
3. Prigogine I. (1990) Understanding the complex. Moscow: World. 342 p
4. Zaslavsky, G.M. (1984) Stochasticity of Dynamical Systems. Moscow: Nauka. 273 pages (in Russian)
5. Lebowitz J. L. (1993) Macroscopic laws, microscopic dynamics, time's arrow and Boltzmann's entropy// Physica A. 194: 1-27
6. Chakraborti S., Dhar A., Goldstein S., Kundu A., Lebowitz J. (2022) Entropy growth during free expansion of an ideal gas // Physica A 55, 394002
7. Darwin C. (1859) On the origin of species by natural selection (John Murray, London)
8. Wichler G., Darwin C. (1961) The founder of the theory of evolution and natural selection //New York: Pergamon Press: 228
9. Somsikov V.M. (2021) Fundamentals of the Physics of Evolution // Kazakhstan: KazNU. 335 p. (in Russian)
10. Gibson C. H., Schild R. E. (2008) Evolution of proto-galaxy-clusters to their present form: theory and observation.//Journal of Cosmology
11. Weinberg S. (2008) Dreams of a Final Theory // Moscow: LKI. ISBN 978-5-382-00590-4 (in Russian)
12. Thomsen K. (2024) A heuristic sketch how it could fit all together with time. [https://arxiv.org/pdf/2405.10335](https://arxiv.org/pdf/2405.10335.pdf)
13. Goldstein G. (1975) Classical Mechanics // Moscow: Nauka (in Russian)
14. Somsikov V.M. (2013) On the limitations of classical mechanics related to the holonomic constraints // Reports of the NAS RK, Physical Series. 5 (291):144-150 (in Russian)
15. Landau L.D., Lifshits E.M. (1976) Statistical physics// Moscow: Nauka
16. Anderson P. W. (2006) More is different sci// New series 177, 4047: 393-396
17. Graiwin S., Bertin E., Lemoy R., Jensen P. (2009) Competition between collective and individual dynamics. arXiv:092167v1 [physics.soc-ph]
18. Penrose O. (2009) Reversibility and irreversibility
19. Buchholz D. Fredenhagen K. (2023) Arrow of time and quantum physics. Dedicated to Roberto Longo on the occasion of his 70th birthday. arXiv:2305.11709v1 [math-ph]
20. Roberts B. W. (2022) Reversing the arrow of time. Cambridge University press: [www.cambridge.org/9781009123327](http://www.cambridge.org/9781009123327). DOI: 10.1017/9781009122139.;
21. Bertúlio de Lima Bernardo. (2017) Unveiling the arrow of time from Newton's laws: a possible Loschmidt's paradox solution. <http://arxiv.org/abs/1712.01377v1>;
22. Carvalho D. (2012) Irreversibility in Classical Mechanics and the Arrow of Time PX000 // Foundations of Physics :1-2;
23. Hooft G. (2017) Free Will in the Theory of Everything arXiv:1709.02874v1[quant-ph]
24. Somsikov V.M. (2016) Transition from the mechanics of material points to the mechanics of structured particles // Modern Physics Letter B. Issue 4. DOI: 10.1142/S0217984916500184
25. Lanczos C. (1962) The variational principles of mechanics. Moscow: Mir
26. Landau L.D., Lifshitz E.M. (1988) Field Theory. Moscow: Nauka (in Russian)
27. Asmus V. F. (1976) Ancient Philosophy. Moscow: VSH Press
28. Somsikov V.M. (2022) D-Entropy in Classical Mechanics. In: Skiadas, C.H., Dimotikalis, Y. (eds). 2021. Springer Proceedings in Complexity
29. . Somsikov V.M. (2024) The Role of the Structure of Matter in its Dynamics & Evolution // Japan J Res V.5 I: 1-10
30. Popper K. R. (1959) The Logic of Scientific Discovery. Oxford: Oxford University
31. Einstein A. (2001) The Evolution of Physics. Collection. Moscow: Stable World (in Russian)

32. Peebles P. J. E. (2024) The physicist's philosophy of physics. arXiv:2401.16506v1 [physical.hist-ph]
33. Somsikov V.M., Andreev A.B. (2015) On the criteria for the transition to a thermodynamic description of system dynamics // Bulletin of Universities. Physics Series. No. 76: 1-15 (in Russian)
34. Somsikov V.M. (2007) Description of Nonequilibrium Systems within the Framework of the Laws of Classical Mechanics // PEOS, Issue 9, Vol. 2: 5-16 (in Russian)
35. Rumer Yu. B., Ryvkin M. Sh. (1977) Thermodynamics. Stat. Physics and Kinematics. Москва: Наука
36. Schrodinger A. (1926) An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules // Phys. Rev. V28. No 6: 1049-1070
37. Zhelevinsky V.G. (1970) Lecture Notes on Quantum Mechanics. Part 1. NSU, Novosibirsk (in Russian)
38. Landau L.D., Lifshitz E.M. (1973) Mechanics. Moscow: Nauka (in Russian)
39. Bohr N. (1949) Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics. The library of living philosophers.
- A. Einstein: Philosopher. Scientist
40. Oldofredi A. (2024) Unexpected Quantum Indeterminacy. arXiv:2403.06584physics.hist-ph
41. Suvorov S.G. (1957) The Problem of 'Physical Reality' in the Copenhagen School // UFN. Vol. LXII. Issue 2: 141-158 (in Russian)
42. Mariani C. (2024) The Determinacy Problem in Quantum Mechanics // Foundations of Physics 54:73 <https://doi.org/10.1007/s10701-024-00808-z> reserch. 2024;
43. Arroyo R., Rafael J., Arenhart B., de Ronde Raimundo C., Moujan F. (2024) // Quantum mechanics and reality. Theoria, 39(2) : 137-142 <https://doi.org/10.1387/theoria.26755>;
44. Rahman A. (2024) Towards a Deterministic Interpretation of Quantum Mechanics: Insights from Dynamical Systems. arXiv:2405.00707v1 [quant-ph];
53. Hooft G. (2018) Time, the arrow of time, and Quantum Mechanics. arXiv:1804.01383v1 [quant-ph]
54. Weinberg S. (1992) Dreams of a Final Theory. New York: Pantheon
55. Dirac P.A. (1983) The Ways of Physics. Moscow: Energoizdat (in Russian)
56. Belinsky A. V. (2019) On David Bohm's "pilot-wave" concept // Uspekhi Fizicheskikh Nauk. 189:1352–1363
57. Somsikov V.M. (2017) Extension of the Schrodinger equation. EPJ Web of Conferences 138 07003 Baldin ISHEPP XXIII, DOI: 10.1051/epjconf/201713807003:1-7;
58. Samarin A. Yu. (2017) Can quantum objects be point-like particles? arXiv:1710.10154v1 [physics.gen-ph]
59. Levich V.G., (1969) Course of Theoretical Physics. Vol. 1. Moscow, Fizmatgiz (in Russian)
60. Somsikov V.M., Denisenya M.I. (2013) Features of an oscillator passing through a potential barrier // News of Universities. Physics Series. No. 3, March: 95–103 (in Russian)

**Сведения об авторе:**

Сомсиков Вячеслав Михайлович (корреспондент-автор) – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института экспериментальной и теоретической физики, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: vmsoms@rambler.ru).

**Information about authors:**

Vyacheslav Mikhailovich Somsikov (corresponding author) – doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Institute of Experimental and Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: vmsoms@rambler.ru)

**Автор туралы мәлімет:**

Вячеслав Михайлович Сомсиков (корреспондент-автор) – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Эксперименттік және теориялық физика институтының бас ғылыми қызметкери (Алматы, Қазақстан, e-mail: vmsoms@rambler.ru)

Поступила на рассмотрение 15.10.2025  
Принята 20.11.25