

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ НЕОБРАТИМОСТЬ
В МЕХАНИКЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ

В.М. Сомсиков

Институт ионосферы, Алма-Ата, Казахстан

Кратко поясняется, каким образом можно расширить классическую механику в рамках ее законов, чтобы она была применимой для описания необратимых процессов в природе.

Введение.

Для создания строгой теории эволюционирующего мира, что является основной целью физики, необходимо понять природу материи и поля, их взаимосвязи, нарушения пространственно-временных симметрий, фундаментальных сил, делимости материи [1]. На пути к решению этих задач лежит известная со времен Л. Больцмана проблема необратимости.

Принятое сегодня объяснение механизма необратимости опирается на вероятностные принципы [2]. Оно справедливо для экспоненциально неустойчивых Гамильтоновых систем при наличии сколь угодно малых случайных флуктуаций. Но использование в объяснении необратимости вероятностных условий и принципов не позволяет связать его с детерминированной классической механикой. Это существенно ограничивает возможности изучения эволюционирующего мира. Поэтому очень важно либо найти детерминированное объяснение необратимости, либо доказать его отсутствие в рамках законов классической механики. Под детерминированной необратимостью здесь понимается такая необратимость, которая непосредственно следует из детерминированных законов классической механики без использования вероятностных закономерностей.

В результате анализа систем твердых дисков, а также систем из потенциально взаимодействующих *материальных точек* (МТ), нам удалось определить причину тех ограничений классической механики, которые обуславливают обратимость уравнения

движения Ньютона, а значит, всей классической механики. Этой причиной оказалась использование в классической механике в качестве базисных моделей твердых тел или МТ. Именно ограничения применимости таких моделей для описания динамики реальных объектов делают классическую механику практически неприемлемой для изучения необратимых процессов. Отсюда следовало, что для расширения классической механики, которое бы устраняло эти ограничения и позволяло в ее рамках описывать необратимые процессы, нужно было предложить другую базисную модель вещества. Оказалось, что в качестве такой модели можно взять систему, состоящую из *структурированных частиц* (СЧ). В свою очередь каждая из СЧ должна состоять из потенциально взаимодействующих МТ. Такие СЧ обладают внутренней энергией, способной меняться при их движении. Оказалось, что динамика систем из СЧ необратима.

Ниже поясним, каким образом мы пришли к заключению о природе ограниченности классической механики и почему для ее устранения необходимо использовать в качестве базисных моделей системы СЧ вместо системы МТ. Объясним, как было получено уравнение движения СЧ. Покажем, как из этого уравнения следует детерминированная необратимость динамики системы, состоящие из СЧ.

Ограничение моделей классической механики

При изучении динамики системы твердых дисков, состоящей из двух взаимодействующих

ших равновесных подсистем, было найдено, что установление в ней равновесия обусловлено преобразованием энергии относительного движения каждой из подсистем в энергию движения дисков относительно центра масс соответствующей подсистемы [3]. Оказалось, что такой же механизм стремления системы к равновесию имеет место и для потенциально взаимодействующих МТ [4, 5]. В результате поиска ответа на вопрос, как это связать с обратимостью механики Ньютона, было предложено следующее объяснение.

Известно, что второй закон Ньютона и соответствующее ему уравнение движения получены на основе моделей систем потенциально взаимодействующих МТ и твердых тел [6]. Согласно второму закону Ньютона, ускорение МТ пропорционально действующей на МТ потенциальной силе. Это приводит к закону сохранения энергии МТ. Согласно закону сохранения энергии, кинетическая энергия движения МТ преобразуется в их потенциальную энергию так, что сохраняется их сумма. При этом потенциальные силы, определяющие движение МТ, выступают как параметры, определяющие преобразование кинетической энергии в потенциальную энергию МТ. Такой процесс преобразования энергии обратим. Оказалось, что обратимость уравнения Ньютона обусловлена бесструктурностью МТ и, как следствие, отсутствием у нее внутренней энергии. Действительно, из-за бесструктурности МТ, уравнение ее движения не включает в себя силы, которые совершают работу по изменению внутренней энергии МТ. Т.е. уравнение движения Ньютона не учитывает влияние внутренней структуры реальных тел на их динамику. Отсюда приходим к выводу о том, что **для описания динамики реальных тел с учетом влияния на нее их внутренней структуры, нужно перейти от механики систем МТ к механике систем, состоящих из структурированных тел, обладающих внутренней энергией.** Такой переход оправ-

дан также и тем, что на самом деле МТ и твердые тела – идеализация, а все реальные тела структурированные, т.е. в результате перехода к механике СЧ мы приближаемся к реальности, так как учитываем изменение полной энергии тел во время их движения не только за счет потенциальных сил, но также и за счет работы диссипативных сил трения, меняющих их внутреннюю энергию. Но для осуществления такого перехода прежде всего необходимо найти такую модель структурированного тела, которая давала бы возможность, оставаясь в рамках классической механики, определить уравнение движения тела с учетом влияния на его динамику изменения внутренней энергии. Оказалось, что такое уравнение движения СЧ можно найти, если представить СЧ в виде совокупности потенциально взаимодействующих МТ [5]. Покажем, как можно найти такое уравнение.

Уравнение движения структурированных частиц

При построении механики СЧ следует исходить из условия справедливости уравнения Ньютона для каждой МТ. Чтобы при этом условии получить уравнение движения СЧ, построенных из потенциально взаимодействующих МТ, нужно записать ее полную энергию в лабораторной системе координат в переменных координат и скорости центра масс СЧ, а так же в переменных координат и скоростей МТ относительно центра масс СЧ. В этих переменных энергия СЧ разбивается на два типа – энергию движения СЧ и ее внутреннюю энергию. Тогда изменение энергии движения СЧ определяется макрпеременными - координатами и скоростями центра масс СЧ, а изменение внутренней энергии определяется микропеременными - координатами и скоростями МТ относительно центра масс СЧ. Взяв производную по времени от представленной таким образом энергии СЧ, получим уравнение для преобразования двух типов энергии СЧ вдоль траектории ее

движения: энергии движения и внутренней энергии. Из этого уравнения стандартным путем можно найти уравнение движения СЧ, которое определяет ускорение СЧ при действии внешних сил. Полученное таким образом уравнение движения СЧ будет учитывать изменение ее внутренней энергии при перемещении в пространстве [4,5]. Это уравнение можно представить в следующем виде:

$$M\dot{V} = -F^{env} - \alpha V, \quad (1)$$

где M - масса СЧ, V - скорость СЧ, F^{env} - потенциальная составляющая внешних сил, действующих на СЧ, α - коэффициент, определяемый изменением внутренней энергии.

Перечислим основные выводы, которые следуют из полученных таким образом уравнений, характеризующих динамику СЧ в поле внешних сил.

Согласно уравнению движения СЧ изменение кинетической энергии ее движения определяется потенциальными и непотенциальными коллективными силами. Вид непотенциальных сил вытекает из уравнения изменения энергии СЧ. Эти силы выражаются через потенциальные силы, действующие между МТ, как произведение скорости центра масс СЧ на отношение величины изменения внутренней энергии к величине кинетической энергии СЧ. Непотенциальность сил, меняющих внутреннюю энергию, следует из того, что их нельзя выразить через градиент какой-либо скалярной функции. Это обусловлено тем, что изменение внутренней энергии СЧ складывается из работ по изменению энергии движения каждой МТ.

Изменение внутренней энергии СЧ возможно только при наличии градиента внешних сил, когда характерный масштаб их неоднородности соизмерим с характерным масштабом СЧ. В этом случае силы, действующие на разные МТ, различны, что и обеспечивает изменение внутренней энергии СЧ. При отсутствии градиента внешних сил, член, определяющий изменение внутренней

энергии СЧ, исчезает, и уравнение движения СЧ становится уравнением Ньютона для твердого тела с массой СЧ.

Как следует из закона сохранения импульса, движение МТ не может изменить импульса СЧ. Поэтому обратный процесс перехода внутренней энергии в энергию движения СЧ невозможен. Это приводит к необратимой динамике систем СЧ. Поэтому для механики СЧ можно ввести понятие энтропии. Это понятие применимо для СЧ в том случае, когда СЧ состоит из достаточно большого количества МТ так, что в термодинамическом пределе каждую СЧ можно считать равновесной системой. Энтропия СЧ определяется, как отношение увеличения внутренней энергии к ее полной величине. Прирост энтропии неравновесной системы, которую можно определить совокупностью, состоящей из равновесных СЧ, можно записать так [5]:

$$\Delta S = \sum_{L=1}^R \left\{ N_L \sum_{k=1}^{N_L} \left[\int \sum_s F_{ks}^L v_k dt \right] / E_L \right\} \quad (2)$$

E_L - внутренняя энергия СЧ; N_L - число частиц в L -СЧ; $L=1,2,3 \dots R$ - количество РПС; s - внешние МТ, взаимодействующие с k -й МТ L -СЧ; F_{ks}^L - сила, действующая на k -ю МТ СЧ со стороны s -ой МТ другой СЧ; v_k - скорость k -й МТ.

Таким образом, динамика реального тела, состоящего из элементов, определяется двумя типами энергии - энергией движения тела как целого и его внутренней энергией. Поэтому каждому типу энергии соответствует свой тип сил. Отсюда приходим к важному заключению в общем случае: **геометрия движения неравновесных систем определяется двумя типами симметрии – симметрией самой системы и симметрией пространства, в котором движется эта система.** Это выражается в том, что геометрия движения СЧ, в отличие от геометрии движения МТ [7], определяется суммой квадратов двух интервалов, что можно записать так:

$$d\bar{s}^2 = ds_{tr}^2 + ds_{ins}^2 \quad (3)$$

Здесь ds_{tr}^2 - квадрат интервала, соответствующий энергии движения СЧ, ds_{ms}^2 - квадрат интервала, определяемого внутренней энергией СЧ.

Таким образом, квадрат интервала неравновесной системы распадается на сумму квадратов двух интервалов. Первый соответствует энергии движения ЦМ системы, а второй соответствует внутренней энергии системы. **Эти интервалы ортогональны, так как удовлетворяют теореме Пифагора. Они соответствуют катетам для полного интервала системы в конфигурационном пространстве.** Этот результат является очень важным, так как на основе инвариантности интервала строится гамильтонов формализм для физических систем.

Чтобы понять природу двух типов симметрии, поставленных в соответствие структуре системы и структуре пространства, в котором она движется, рассмотрим систему двух потенциально взаимодействующих МТ, перемещающуюся в неоднородном пространстве. Это нелинейная система. Природа ее нелинейности обусловлена зависимостью движения одной МТ от движения другой МТ.

Обе МТ одновременно участвуют в двух типах движения, определяемых двумя типами сил. Один тип движения связан с движением центра масс системы в поле внешних сил. Второй тип движения обусловлен силами между МТ, определяемыми расстоянием между ними. Переход к микро и макропеременным позволяет разделить эти типы движения. В результате каждому типу движения будет соответствовать свой интеграл движения. Этими интегралами являются энергия движения системы и внутренняя энергия. Очевидно, что если внешнее поле зависит от микро и макропараметров, то при движении системы меняется как ее внутренняя энергия, так и энергия движения. Зависимость внешних сил от микропараметров означает, что эти силы разные для разных МТ. Следова-

тельно, изменение внутренней энергии системы определяется второй производной, взятой от потенциала внешнего поля сил.

С точки зрения математики переход от лабораторной системы координат в систему центра масс путем представления внешнего поля сил через микро и макропеременные, означает разделение переменных. При этом нелинейность исчезает, так как она была обусловлена зависимостью координат и скорости МТ в лабораторной системе координат. В результате задача двух МТ становится интегрируемой.

Теперь по аналогии с задачей двух тел рассмотрим задачу о движении системы многих тел. Пусть дана неравновесная система потенциально взаимодействующих МТ в однородном пространстве. Остановимся на случае, когда она представима в виде двух перемещающихся относительно друг друга равновесных СЧ. Подход к решению этой задачи аналогичный задаче о системе двух МТ, при условии такого взаимодействия СЧ, которое не нарушает их равновесия. В этом случае микропараметрами являются координаты и скорости движения МТ относительно центра масс соответствующих СЧ. Макропараметрами являются относительные координаты и скорости центров масс СЧ. Внутренняя энергия такой системы равна сумме внутренних энергий СЧ. А энергия движения системы - это энергия относительного движения СЧ.

Заключение

При замене МТ на СЧ, возникает механика, которая описывает реальные диссипативные неравновесные процессы. Она применима для описания динамики неравновесных систем с учетом их открытости и диссипативности. Т.е. замена моделей систем из МТ на модели систем из СЧ приводит к расширению классической механики. Это расширение позволяет, оставаясь в рамках Ньютонской механики для МТ, предложить объяснение детерминированной необратимо-

сти, и, таким образом, ввести в классическую механику понятия энтропии и эволюции.

Детерминированная необратимость обусловлена тем, что любое реальное тело представляет собой структуру. Поэтому оно обладает внутренней энергией. Эта энергия при движении тел в поле внешних сил может только увеличиваться. Согласно закону сохранения импульса она не может переходить в энергию движения тела.

Таким образом, энергия внешнего поля идет не только на ускорение тела, но и на увеличение его внутренней энергии.

Из уравнения движения СЧ следует невозможность существования бесструктурных

частиц, так как бесструктурные частицы не могут образовать аттрактора. Следовательно, они не могут образовывать замкнутые системы. Отсюда приходим к важному заключению: **согласно законам классической механики материя должна быть делима до бесконечности.**

Детерминированное решение проблемы необратимости найдено в результате уточнения используемых базисных моделей классической механики. Это служит подтверждением необходимости дальнейшего развития физики не только по пути раскрытия новых явлений, но и углублением ее теоретических основ.

Литература: [1]. *Yang C.* The law of parity conservation and other symmetry laws of physics Nobel Lecture, December 11, 1957; [2]. *Zaslavsky G.M.* Chaotic dynamic and the origin of Statistical laws. *Physics Today*. August. Part 1, p. 39, 1999; [3]. *Somsikov V.M.* The equilibration of an hard-disks system. *IJBC*, v. 14, N11, p. 4017, 2004; [4]. *Somsikov V.M.* Peculiarities of mechanics of the structured particles, XXIV IUPAP International Conference on Statistical Physics Cairns Convention Centre, 19 - 23 July 2010; [5]. *Somsikov V.M.* The systems dynamics of the structured particles [arXiv:1006.3158v1](https://arxiv.org/abs/1006.3158v1) [physics.class-ph] 16 June. 2010; [6]. *Newton I.* *Mathematical principles of natural Philosophy*. New York, 1846; [7]. *Ланцош К.* *Вариационные принципы механики*. М., Мир, 1965 – 498с;

Принято в печать 25.02.10

УДК 530.1 (075.8)

**ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ НЕОБРАТИМОСТЬ
В МЕХАНИКЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ЧАСТИЦ**

Вячеслав Михайлович Сомсиков

Республика Казахстан, г. Алма-Ата, 480020, Институт ионосферы, Алма-Ата

E-mail: ymsoms@rambler.ru

**THE DETERMINED IRREVERSIBILITY
IN THE MECHANIC OF THE STRUCTURED PARTICLES**

V.M.SOMSIKOV

Ionosphere institute, Alma-Ata, Kazakhstan

It is short explained, how it is possible to expand the classical mechanics within the limits of its laws that it was applicable for the description of irreversible processes in the nature.

**ҚҰРЫЛЫМДЫ БӨЛШЕКТЕР МЕХАНИКАСЫНДАҒЫ
ДЕТЕРМИНДАЛҒАН ҚАЙТЫМСЫЗДЫҚ**

В.М.Сомсиков

Ионосфера институты, Алматы, Қазақстан

Қысқа әрі нұсқа классикалық механиканы сол өзінің заңдарын қолдана отырып табиғаттағы қайтымсыз процесстерді сипаттауға қалай қолдануға болатындығы түсіндірілген.