

МЕХАНИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ ИНТЕГРАЦИИ ПОНИМАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДОСТИЖЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ МЕХАНИКИ С ВЫХОДОМ НА МЕТАТЕОРЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ. ЧАСТЬ 4

Цюпка В. П.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

5. Механическая концепция о появлении механических волн в упругой среде, поперечных и продольных механических волнах, частоте и длине волны, эффекте Доплера, интерференции и дифракции

Колебательное (возвратно-поступательное) смещение части тела, представляющего собой упругую среду, под воздействием внешней силы может привести к появлению распространяющихся механических волн в виде самосинхронизированных колебаний различных участков упругой среды. Механические волны само вещество не переносят, частицы вещества только совершают колебательное (возвратно-поступательное) смещение относительно своего положения покоя. Но частицы вещества, колеблющиеся под воздействием внешней силы, передают колебания связанным с ними соседним частицам, а те – связанным с ними следующим соседним частицам и так далее. Тем самым механическая волна переносит колебательное движение, которое количественно можно выразить энергией. К простейшим видам механических волн относятся поперечные механические волны и продольные механические волны. В поперечных механических волнах частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения механической волны, а в продольных – параллельно (рис. 5.1). Поперечные механические волны или продольные механические волны можно создать, например, в закреплённом с одного конца длинном стальном бруске, соответственным образом ударяя молотком (сверху или в то-

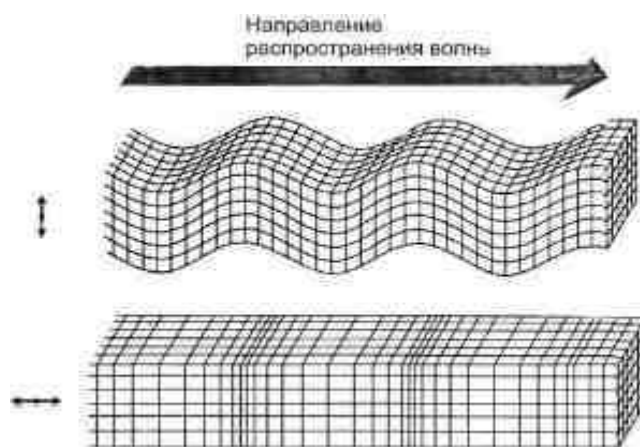


Рис. 5.1 Схема возникновения поперечной (вверху) и продольной механической волны (внизу)
 [Источник заимствования: URL: http://www.studfiles.ru/html/611/244/html_0M06SM8za9.Vh6D/htmlconvd-S_SDMe31x1.jpg
 (с изменениями)]

рец) по его незакреплённому концу, или в закреплённой с одного конца длинной стальной пружине, соответственным образом смещая (вертикально или горизонтально) незакреплённый её конец (рис. 5.2).

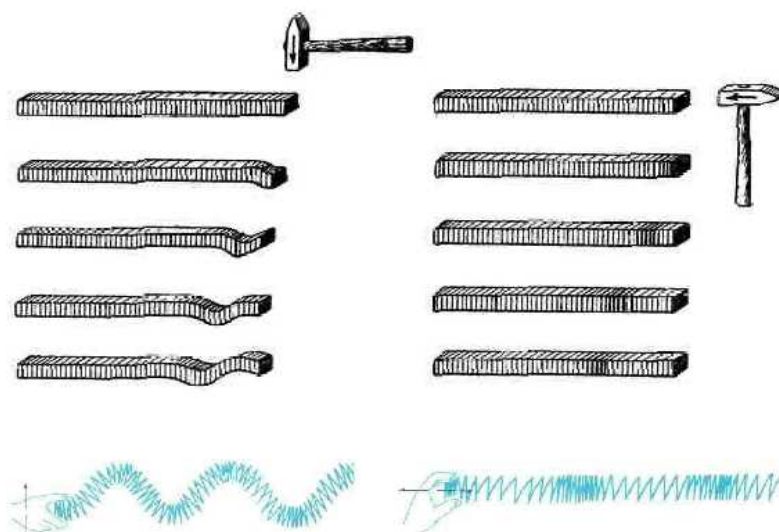


Рис. 5.2 Схема образования поперечных механических волн (слева) и продольных механических волн (справа) в длинном стальном бруске (вверху) и длинной стальной пружине (внизу)

[Источники заимствований: URL: https://img-fotki.yandex.ru/get/5815/158289418.20a/0_127e1a_f58d9b91_orig.png (с изменениями); <http://dok.opredelim.com/docs/index-46098.html> (с изменениями)]

Волны характеризуются временной периодичностью – частотой, определяемой как число полных циклов колебаний, совершённых за единицу времени, а также пространственной периодичностью – длиной волны, определяемой как расстояние между двумя ближайшими точками волны, колеблющимися с одинаковым состоянием в любой момент времени (с одинаковой фазой колебаний) (рис. 5.3).

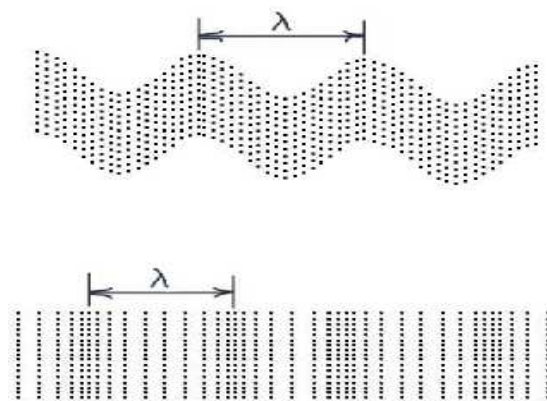


Рис. 5.3 Длина волны λ поперечной (вверху) и продольной (внизу) волны

Если источник (или приёмник) механических волн перемещается, то их частота, а соответственно и их длина волны, изменяются следующим образом: перед приближающимся источником (или приёмником) волн их частота увеличивается (соответственно длина волны уменьшается), а позади удаляющегося источника (или приёмника) волн их частота уменьшается (соответственно длина волны увеличивается). Это известно как эффект Доплера. Он легко наблюдается при распространении звуков – продольных механических волн в воздухе. Например, когда к наблюдателю, стоящему у дороги, приближается издающий звуковой сигнал автомобиль, то наблюдатель его услышит более высоким (большей частоты), а когда автомобиль, проехав мимо, начнёт удаляться, то наблюдатель услышит тот же звуковой сигнал более низким (меньшей частоты) по сравнению с тем, как он слышал его в тот момент времени, когда автомобиль поравнялся с ним, т. е. и не приближался, и не удалялся (рис. 5.4).

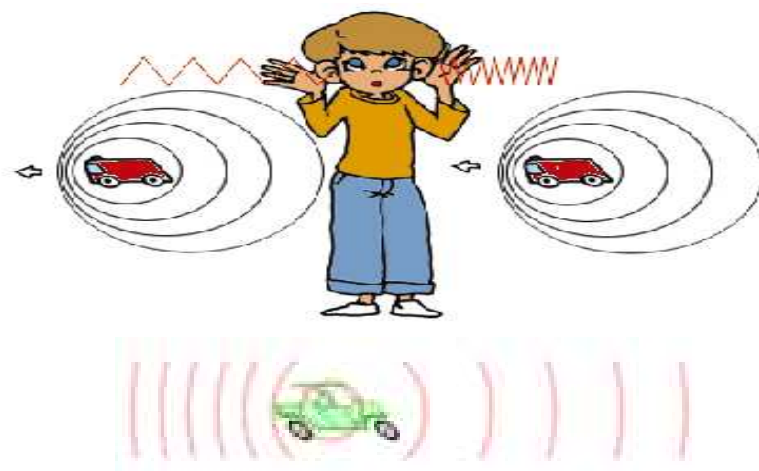


Рис. 5.4 Эффект Доплера

[Источники заимствований: URL: <http://recuerdosdepandora.com/wp-content/uploads/2010/07/efecto-doppler.gif> (с изменениями); https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0]

Когда механические волны от двух и более разных источников накладываются друг на друга при взаимодействии, может наблюдаться интерференционная картина как результат интерференции, как это можно наблюдать для концентрических волн на поверхности воды (рис. 5.5). Интерференция заключается

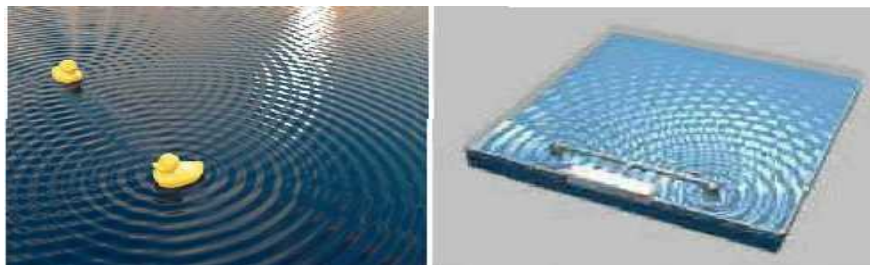


Рис. 5.5 Примеры интерференционной картины, полученной в результате интерференции концентрических механических волн на поверхности воды от двух источников
[Источники заимствований: URL: http://www.universohawking.com/img/gran-disenyo/018_Hawk.jpg;
http://www.heuristic.su/uploads/image/Knyazev/realizacii/502004_rea_2.JPG]

в том, что взаимное наложение двух волн в зависимости от их смещения (разности фаз) приводит к усилению или ослаблению колебаний (вплоть до полного отсутствия колебаний) (рис. 5.6). Необходимое условие интерференции –

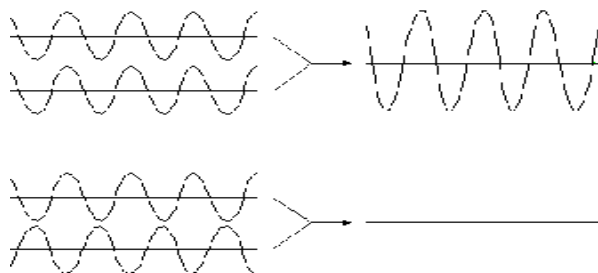


Рис. 5.6 Наложение двух волн, колеблющихся с совпадением фазы, приводит к удвоению колебаний (вверху), а колеблющихся в противофазу приводит к взаимному гашению колебаний (внизу)
[Источник заимствования: URL: <http://www.discoverhover.org/infoinstructors/newguides/images/interference.gif>]

одинаковость природы волн. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от смещения накладываемых волн (разности фаз), что, в свою очередь, зависит от частоты волн, расстояния между источниками волн и др.

Когда механические волны проходят сквозь отверстие в непроходимом для них материале или когда на их пути попадает небольшое непреодолимое препятствие, наблюдается явление дифракции. Дифракция заключается в том, что волны могут отклоняться от прямолинейного распространения, могут огибать препятствие. Например, механические волны на поверхности воды прохо-

дят через разрыв в сплошном для них заграждении расходящимся пучком, соединяются за небольшим для них препятствием (рис. 5.7). При небольшой ши-

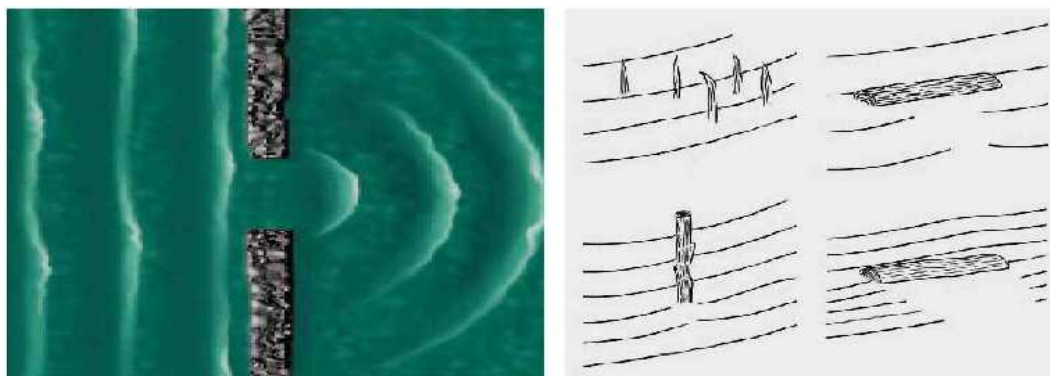


Рис. 5.7 Примеры дифракции механических волн на поверхности воды: прохождение небольшого разрыва в сплошном для них заграждении расходящимся пучком (слева) и огибание небольшого для них препятствия (справа)

[Источники заимствований: URL: <http://fotoapparat-expert.ru/wp-content/uploads/2013/06/difrakciya-sveta-prohogdenie-volny.gif>; <http://forum.allsiemens.com/files/122.jpg> (с изменениями)]

рине или высоте дома можно слышать звуки расположенного позади него источника даже если поблизости нет отражающих его предметов (рис. 5.8).



Рис. 5.8 Схема дифракции звуковых волн

[Источник заимствования: URL: http://zvukozapys.com/wp-content/uploads/images/zvukovie_polya_zvukovie_yavleniya_merilin_menson_3.png]

6. Механическая концепция об ограниченности точных прогнозов механического движения вещественных объектов по принципу «причина порождает единственно возможное следствие», чувствительности механической системы к незначительным изменениям начальных условий, случайности, вероятности и среднем значении, динамическом хаосе и беспорядке, вероятностном прогнозе

Определив начальные условия материальной точки в виде её начального состояния, т. е. состояния в какой-то момент времени, принимаемый за начало

отсчёта (измерения), а также определив действующие на неё силы, можно вроде бы достаточно точно сказать, применяя известные законы движения, где эта материальная точка находилась в любой момент прошлого, и где она будет находиться в любой момент будущего. Получается, что при заданном начальном состоянии вроде бы можно продолжить как в будущее, так и в прошлое одну единственно возможную траекторию смещения материальной точки. Отсюда вроде бы следует, что предыдущее состояние тела или системы тел как причина порождает единственно возможное следующее их состояние как следствие.

Но следует иметь в виду, что измерение физических величин всегда сопровождается погрешностью. Это значит, что в серии измерений получается не одно значение, а множество значений, которые укладываются в определенном диапазоне (интервале) (рис. 6.1). Кроме того, не всегда представляется возмож-

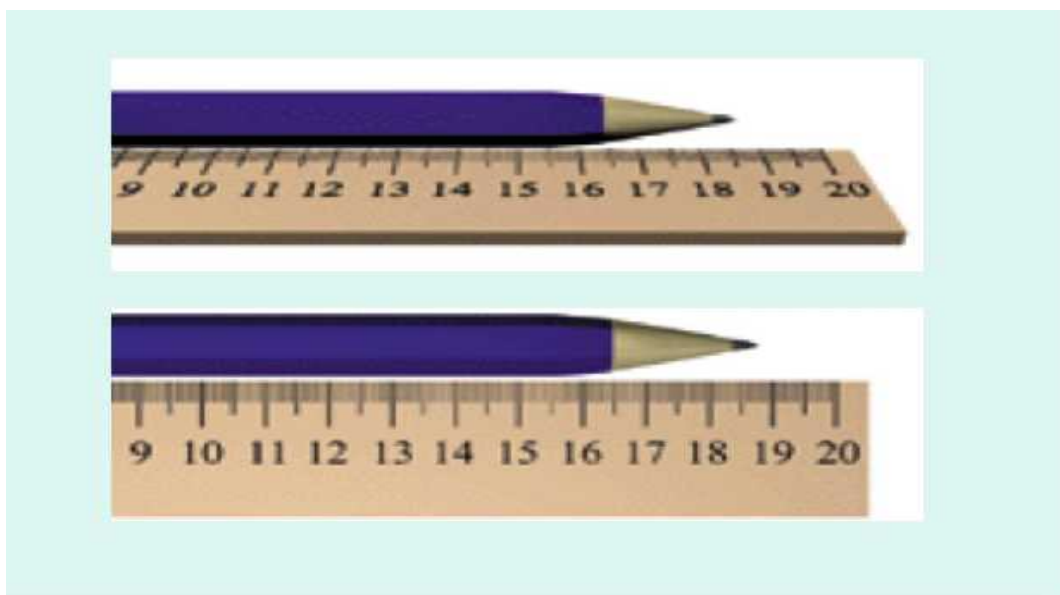


Рис. 6.1 Иллюстрация того, как возможно получить два различных результата измерения длины одного и того же карандаша с помощью одной и той же измерительной линейки
[Источник заимствования: URL: http://dok.opredelim.com/pars_docs/refs/43/42987/img14.jpg]

ным учесть все силы, воздействующие на тело или частицу. Поэтому достаточно точный прогноз возможен только в тех случаях, когда погрешности измерений невелики и неучитываемые силы не влияют существенно. Например, задача двух тел имеет решение и позволяет точно прогнозировать траектории взаимодействующих гравитационно двух тел в течение какого-то времени (рис. 6.2).

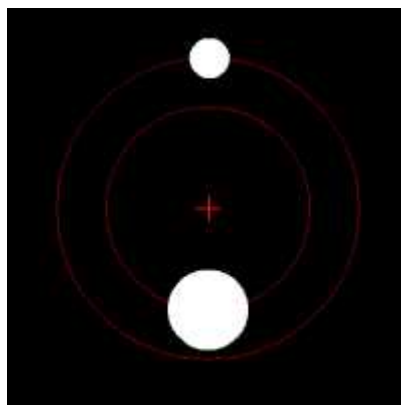


Рис. 6.2 Пример траекторий двух гравитационно взаимодействующих тел, полученных как решение задачи двух тел для конкретных начальных условий
[Источник заимствования: URL: <http://www.stuffintheair.com/images/global-warming-is-preventable-and-overblown-21306733.gif>]

Но наблюдаемый результат, полученный через достаточно большой промежуток времени, уже может отличаться от расчётного.

В тех случаях, когда поведение механической системы значительно изменяется при незначительном изменении начальных условий, что связано с погрешностью измерений, наблюдается случайность, которая определяется как отсутствие закономерности и, что взаимосвязано, как непредсказуемость соответствующих изменений. Например, любая попытка точно рассчитать траектории частиц газа оказывается безуспешной ввиду чрезвычайной чувствительности результатов расчёта к самому ничтожному изменению начальных условий. Полезная информация о поведении такой механической системы сводится к значениям вероятностей тех или иных её состояний и средним значениям характерных физических величин. Вероятность – это числовая мера случайности, численная мера степени объективной возможности наступления случайного события. Она характеризует возможность наступления события. Вероятность можно выразить простой дробью, где числитель показывает число всех благоприятных случаев, а знаменатель – число всех равновозможных случаев. Среднее значение величины определяют как среднее из всех возможных значений, которые может случайно принять величина в одних и тех же условиях.

Таким же хаотическим, непредсказуемым поведением могут обладать и механические системы из очень небольшого числа элементов, например, всего лишь трёх. К концу XIX века французский математик, физик, астроном и фи-

лософ Жюль Анри Пуанкаре показал, что задача гравитационно взаимодействующих трёх тел не имеет законченного математического решения, но может иметь приближённые решения. В дальнейшем разными учёными были найдены различные частные решения этой задачи трёх тел (рис 6.3).

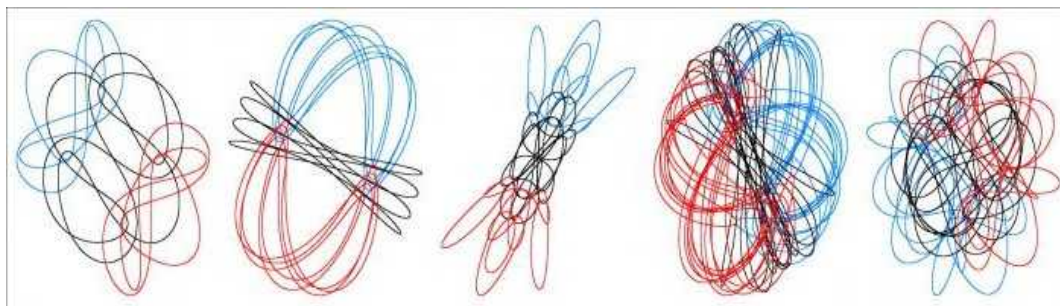


Рис. 6.3 Разные варианты траекторий гравитационно взаимодействующих трёх материальных точек (чёрной, синей и красной), полученных как частные решения задачи трёх тел (с разными начальными условиями)

[Источник заимствования: URL: <http://nnm.me/blogs/DavidGozman/predlozhenno-trinadcat-novyh-semeystv-resheniya-zadachi-treh-tel/>]

Вот ещё интересная задача, рассмотренная таким учёным, как французский математик и астроном Мишель Энон. В систему двух одинаковых звёзд, обращающихся вокруг общего центра, влетает третье тело. Требуется вычислить его дальнейшую траекторию. Нетрудно записать уравнения движения третьего тела, несложно их решить. Однако дать точный прогноз движению третьего тела невозможно: в зависимости от начальных условий третье тело либо вечно кружится в окрестностях одной из звёзд, либо время от времени перескакивает от одной звезды к другой, либо, в конце концов, навсегда покидает звёздную систему. Переход от одного типа движения к другому может происходить при ничтожном изменении начальных условий. Поскольку же они всегда известны с некоторой погрешностью, это и означает непредсказуемость движения третьего тела. Получается парадокс: математически задача полностью определена и решена, а дать точный долгосрочный прогноз поведения механической системы невозможно.

Явление, когда поведение простой механической системы невозможно прогнозировать из-за её чувствительности к незначительному изменению начальных условий, называется динамическим хаосом. Динамический хаос имеет место не только в задаче трёх тел, в том числе академической задаче М. Энона,

но и во многих более насущных ситуациях. Например, установлена хаотичность динамики Солнечной системы: вследствие взаимного притяжения планет друг к другу медленно изменяются параметры их орбит, и невозможно прогнозировать, каковы они будут через сотни миллионов лет.

Динамический хаос следует отличать от беспорядка. Беспорядочным называют поведение, определяемое постоянно действующими факторами, которые мы не можем или не хотим учитывать. Так, броуновское движение частички порошка в жидкости беспорядочно, поскольку полностью обусловлено невидимыми для наблюдателя и не учитываемыми им ударами частиц жидкости по частичке порошка (рис. 6.4). Хаотическое же поведение возникает, когда все

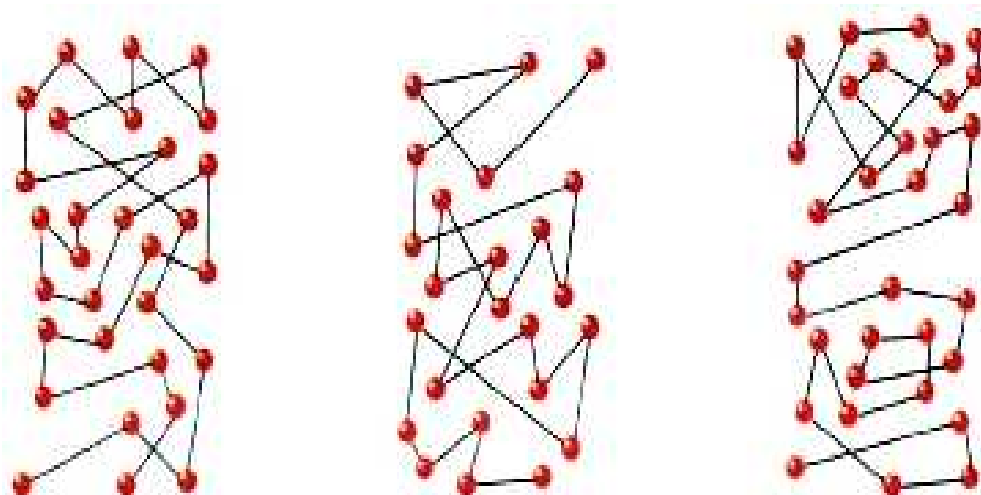


Рис. 6.4 Примеры траекторий беспорядочного броуновского движение частичек порошка в жидкости

[Источник заимствования: URL: http://hohcehc.tepka.ru/fizika_8/1.jpg]

определяющие его факторы известны, но из-за чрезвычайной чувствительности расчётов к малым ошибкам, изменению начальных условий выявляется несколько возможных вариантов поведения механической системы в будущем. И точно прогнозировать, какой из них реализуется в будущем, невозможно. Возможен только лишь вероятностный прогноз, когда просчитывается степень (доля) возможности наступления каждого варианта из ряда ожидаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Галилей, Галилео. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению [Текст] : С приложением о центрах тяжести различных тел / Галилео Галилей ; пер. с итал. С. Н. Долгова // Галилей, Га-

лилео. Избранные труды в двух томах. Т. 2. Механика. О телах, пребывающих в воде. Беседы и математические доказательства. – М. : Наука, 1964. – С. 108-410.

Механика [Текст] / Галилео Галилей ; пер. с итал. Н. М. Телев-ной // Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах. Т. 2. Механика. О телах, пребывающих в воде. Беседы и математические доказательства. – М. : Наука, 1964. – С. 5-38.

Ньютон, Исаак. Математические начала натуральной философии [Текст] / Исаак Ньютон ; пер. с лат. А. Н. Крылова. – М. : Наука, 1989. – 688 с.

Цюпка, В. П. Естественнонаучная картина мира: концепции современного естествознания [Текст] : учеб. пособие. – Белгород : ИПК НИУ «БелГУ», 2012. – 144 с.

Цюпка, В. П. Концепции современной физики, составляющие современную физическую картину мира [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Концепции соврем. естествознания или естественнонауч. карт. мира» URL: <http://econf.rae.ru/article/6315> или <http://econf.rae.ru/pdf/2011/10/657.pdf> (размещено: 31.10.2011); http://marc.bsu.edu.ru/katalog/MacroDown.asp?dbval=MarcBSU1&MacroName=Tsyupka_Sovremennaya_Fizichesk (размещено: 13.11.2015); http://dspace.bsu.edu.ru/jspui/bitstream/123456789/12612/1/Tsyupka_Sovremennaya_Fizichesk.pdf (размещено: 13.11.2015).

Яндекс. Словари [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://slovari.yandex.ru/>.

Hénon, M. Generating Families of the Restricted Three-Body Problem [Text] / M. Hénon. – Berlin etc. : Springer, 1997. – 278 p.

The Free Encyclopedia Wikipedia [Electronic resource]. Access mode: <http://en.wikipedia.org/>.