

Академик ПАНИ Родионов А.И.

Ещё раз о массе, энергии, дуальности классической динамики и Принципе Даламбера.

1. О массе и энергии.

Был жаркий майский день 1973 года. Я был молод, мне было 25 лет, я служил Родине ассистентом кафедры теоретической физики НЭТИ (теперь НГТУ), закончил работу и решил съездить в кинотеатр на ОбьГЭСе. Захотелось пересмотреть редкий фильм не то Феллини, не то Тарковского. Дорога была дальняя, нудная. Был час пик. Я ехал в переполненном душном автобусе стоя. Голова и всё моё существо постепенно заполнились мыслями о понятиях **масса, энергия**, рассуждениями с последнего нашего каряжинского семинара. На нём мы обсуждали содержание и выводы «хулиганской статьи» выдающейся личности XX-го века Роберта Ороси ди Бартини. Он родился итальянским бароном, был военным пилотом и одним из основателей итальянской компартии, революционером во всём: выдающимся советским авиаконструктором XX века, диалектиком высшей пробы, большим оригиналом от теоретической физики прочая, и прочая, и прочая! Бартини не принадлежал «бомонду» интеллектуальной математической и физической мировой элиты тех времён. Его эпохальные две статьи были написаны ещё в 1949 году, обсуждалась в «высших эшелонах физической науки» в начале пятидесятых. А опубликована была только одна статья в 1965 году: «Роберт Ороси Бартини, Некоторые соотношения между физическими константами, Докл. АН СССР, 1965, том 163, номер 4, 861–864». Как всегда в работе Бартини поражали высота полёта мысли и феноменальное совпадение результатов его расчётов фундаментальных физических констант с экспериментальными данными. В том числе и по *массам электрона и протона*. Но что такое **масса** и такое **энергия**? – однозначного ответа не было. Я тогда уже чётко осознавал, что самой Генеральной Задачей Науки является **поиск Истины, и Смысла всего и во Всём**, в том числе и в физике.

Трясаясь в автобусе, я разом понял в один миг «в озарении» то, что кроится за понятиями «**масса и энергия**». Я понял, что первым осознал то, на что не было толкового исчерпывающего правильного ответа ни у Исаака Ньютона, ни у Ричарда Фейнмана, ни у Льва Ландау, ни у других корифеев теоретической физики. Я понял разом всё, в том числе и то, что ни каких особых **инерционной и гравитационной масс нет**, а есть просто **масса**. «Момент истины» наступил, появились ощущения ясности и счастья. «На радостях» в кино я не пошёл и вернулся домой!

Потом на эти темы были семинары, выступления, мелкие публикации и много-много разговоров и лекций для школьников и студентов. До большой статьи в ДАН или УФН руки у меня так и не дошли. А после фундаментальной публикации проф. Л.Б. Окуня «Масса. Энергия. Относительность» в журнале «УФН, т.158, в.3, 1989, с.511-530» писать такую

статью уже не было смысла. И, несмотря на то, что мои учителя, друзья и коллеги проф. П.М. Алабушев, ак. ПАНИ, проф., контр-адмирал Г.С. Мигиренко, проф. П.И. Остроменский рекомендовали опубликовать этот материал.

Мои взгляды на массу, энергию и Принцип Даламбера для студентов мною позже опубликовались в «Родионов А.И., Ким В.Ф. Теоретическая механика: конспект лекций с приложениями. Ч.3 Динамика. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2010. 240с.», «Дополнительные главы теоретической механики: учебное пособие / А.И. Родионов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 108с». Также была опубликована статья для учителей и преподавателей физики «А.В. Баранов, А.И. Родионов. Формирование базовых представлений о материи, движении и энергии в контексте гносеологии и онтологии XXI в. Вестник ТГУ, Томск, 2018, №435. С.177-186.».

В варианте «для учащихся» о **массе** и **энергии** коротко сообщим в данной статье следующее.

Мне с Учителями повезло. Философии в институте нас обучил замечательный мыслитель - бывший «ЗК» Владимир Львович Глебов – сын соратника Ленина большевика – масона Каменева. Он всех нас, - студентов физиков первого набора НЭТИевско физтеха, воспитал философами. Благодаря ему я знал труды Ф. Энгельса.

По Фридриху Энгельсу из письма другу К.Марксу от 30 мая 1873 года **Предметом Естествознания** вообще, а, значит, и физики, и механики является **Материя**, ее **Движение**. Вне Движения она не познаваема. **Познание различных форм движений и есть познание материальных тел** естественных науках.

Действительно, **Движение** любого объекта мы делим исторически на его **внутренние** и **внешние** движения. **Внутренние** движения определяют объект как таковой, как качество, а **внешние** определяют **его состояние движения** в пространстве геометрических вещественных форм. К внешним движениям объекта как целого относятся только его **поступательное и вращательные движения** и отчасти его **деформация** (по отношению к исходному недеформированному состоянию тела).

А согласно физическим основам механики **поступательному движению** любого объекта природы и техники **вне зависимости от его размеров, физического и химического состояния ставится в соответствие модель**, называемая **материальной точкой**. Ее положение в пространстве задается **радиус-вектором**, а механические свойства модели характеризуются скалярной мерой – физической величиной, называемой **массой (m)**.

Это утверждение иллюстрируется Рис.1 и известными со времён Оливера Хевисайда и Альберта Эйнштейна формулами:

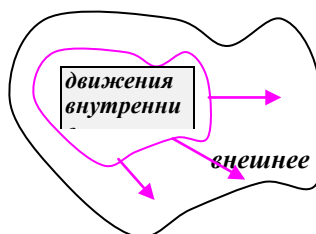


Рис. 1

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2 \quad (1)$$

$$E \approx m_0 c^2 + T + \Pi + Q + \dots \quad (2)$$

Здесь c – скорость света; E – энергия как единая феноменологическая скалярная мера всех физических движений, в которых участвует объект, аддитивная относительно вкладов этих движений; T – его кинетическая и Π – потенциальная энергии; Q – количество теплоты; \vec{p} – его количество движения (импульс) как векторная динамическая мера его поступательного механического движения и одновременно его мера инертности.

Почему? Потому что разные объекты из вещества одинаково сложно разогнать до одного и того же импульса \vec{p} и одинаково сложно остановить. А это и есть проявление инертности. Для этого этим объектам нужно передать одинаковый импульс силы. При больших скоростях движения соизмеримых со скоростью света \vec{p} переопределяется так:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{V}}{\sqrt{1 - V^2 / c^2}} \quad (3).$$

Однако при $V \ll c$ количество движения равно $\vec{p} \approx m_0 \vec{V}$. Поэтому только в этом классическом приближении массу можно условно считать мерой инертности объекта при его поступательном движении. И только!

А в целом, -

Масса- это единая феноменологическая, скалярная динамическая мера всех внутренних движений вещественного объекта, определяющих объект как таковой в их отношении к внешнему поступательному механическому движению.

И, поэтому, говорить сегодня учащимся и писать учебниках об инерционной, а с учётом ОТО, и гравитационной массе будет большим заблуждением – ложью!

2. О Принципе Даламбера и дуализме Классической Динамики.

В 1977 году я уже работал на кафедре теоретической механики НЭТИ, созданной в конце 60-х проф. Алабужевым П.М., и читал лекции прикладным математикам по аналитической механике. На кафедру пришёл новый заведующий контр-адмирал проф. Мигиренко Г.С. Мы и все сотрудники кафедры потом с любовью называли его ГС. Работа всех

научных семинаров кафедры активировалась. У меня был свой семинар, который мой друг проф. Остроменский П.И. называл «семинаром корифеев». В нём в основном «тусовалась» новосибирская вузовская молодёжь. Иногда на семинарах *ГС* выступали и действительные корифеи советской Науки, например, академик ПАНИВ.П. Казначееви другие.

После знаменитого спора академиков Седова и Ишлинского на сцене ДУ СО СССР в 1983 году **осилах инерции**, их **природе** и **смыслена** совещании ведущих лекторов и заведующих кафедр теоретической механики ВУЗов СССР эта тема была поставлена и на моих семинарах проф. Остроменским П.И.

Так возник вопрос и о разумной интерпретации Принципов Даламбера и Кинестатики.

Исторически то, что сегодня принято называть **Принципом Даламбера**, было применено для решения частной задачи профессором Германом в труде «Форономия» (1716г., Франкфурт на Одере), обобщено Леонардом Эйлером в работе «О малых колебаниях тел...» в виде **Петербургского Принципа** или **Принципа Германа – Эйлера** (1740г., Петербург). Этот Принцип ещё не рассматривался Эйлером как основа метода решения задач о **движении механических систем со связями**. Как общий метод, как **Принцип Даламбера** он был представлен Даламбером в труде «Динамика» в 1743 году, изданном в Париже.

В итоге классическая суть Принципа по Герману, Эйлеру, Даламберу заключалась в том, что он позволял привести уравнения движения материальной точки по форме к уравнениям статики. И далее решать задачу динамики по алгоритмам статики.

Это конечно так, но это **не полно!** И, по-крупному, **не в этом дело!**

2. О дуализме Механического Движения и Классической Динамики.

Античная Диалектика и соответствующая ей интерпретация Принципа Даламбера и сил инерции.

На втором курсе доцент В.Л. Глебов учил нас студентов - физиков философии. Он утверждал, что ещё древние греки, например, Зенон Элейский и другие заметили, **что механическое движение материального тела внутренне противоречиво. Оно дуально! В каждый момент времени движущееся тело находится в состоянии «замри мгновение» и одновременно изменяет его.**

Поэтому **единая модель** динамики механического движения объектов природы и техники в сложившихся на данный момент понятиях теоретической механики, учитывающая обе его противоположные стороны, невозможна как логически противоречивая.

Возникает вопрос о том, как построить и интерпретировать классическую Динамику, учитывающую этот дуализм в рамках современной парадигмы теоретической механики?

Оказывается, что это возможно и давно есть! Далее в рамках господствующей Парадигмы проинтерпретируем Принцип Кинетостатики, как описывающий *состояние* «замри мгновение». А Принципы - теоремы «О движении центра масс и об изменении Кинетического момента», как описывающие *состояние* «мгновенного изменения». При этом дадим соответствующую интерпретацию Даламберовым Силам Инерции.

В представленной далее трактовке Динамика будет *дуальна и полна*. Полнота математического описания динамики механического движения в *дуальной модели* обеспечивается приведением указанных расчетных моделей – указанных Принципов к одному и тому же моменту времени, в котором движение *есть*, и *его нет*. Примером дуальной ситуации в описании процесса движения, например, в квантовой механике является так называемый *корпускулярно-волновой дуализм*.

Для построения *дуальной модели* проанализируем уравнение движения i -й материальной точки:

$$m_i \vec{a}_i = \vec{F}_i^F + \vec{F}_i^R \quad (2.1)$$

Для того чтобы i -й точке войти в состояние типа «замри мгновение» и описать его, необходимо «обнулить» и левую, и правую части этого уравнения, мгновенно превратив ситуацию в *статику*.

В рамках *парадигмы классической статики* для этого систему сил не эквивалентную нулю $\vec{F}_i^F + \vec{F}_i^R \neq 0$ нужно сделать *эквивалентной нулю*. Добавим к *результатирующей силе* системы сил в правой части уравнения (2.1) и, аналогично, к левой части этого уравнения, некую *уравновешивающую силу* $\vec{\Phi}_i$, «замораживающую» движение. Напомним, что согласно определениям статики *уравновешивающей силой* рассматриваемой системы сил называется сила, добавление которой к заданной системе сил делает новую систему сил эквивалентной нулю.

Программа предлагаемого становится возможной при условии, что $\vec{\Phi}_i = -m_i \vec{a}_i$.

Эту неньютонову силу, порождающую механическую ситуацию типа «замри мгновение» исторически называют *даламберовой силой инерции* (Даламбер, 1743г., «Динамика»). Почему *силой инерции*? Да потому, что она определяется ускорением *массой материальной точки*, которую ложно считают условно при $V \ll c$ *Смерой инерции* со времён школьных учебников.

На основании Принципа Даламбера строится и **Принцип Кинетостатики** утверждающий, что

В любой момент движения несвободной материальной системы совокупность активных сил, действующих на точки или тела системы, сил реакций наложенных на нее связей и даламберовых сил инерции точек системы является уравновешенной, т. е. эквивалентной нулю.

Это означает, что главный вектор и главный момент этой совокупности сил равны нулю.

И система уравнений кинестатического равновесия механической системы примет классический вид

$$\begin{cases} \vec{F}_R^F(\vec{F}_i^F) + \vec{F}_R^R(\vec{F}_i^R) + \vec{F}_R^\Phi(\vec{\Phi}_i) = 0, \\ \vec{M}_{OR}(\vec{F}_i^a) + \vec{M}_{OR}(\vec{R}_i) + \vec{M}_{OR}(\vec{\Phi}_i) = 0. \end{cases} \quad (2.6)$$

Здесь **Главный вектор** и **Главный момент Даламберовых сил инерции** вычислим по определению. Действительно,

$$\vec{\Phi}_R = \sum_{i=1}^N \vec{\Phi}_i = -\sum_{i=1}^N m_i \vec{a}_i = -M_c \vec{a}_c = \sum_{\forall j \text{ тел}} \vec{\Phi}_0 = -\sum_{\forall j \text{ тел}} m_j \vec{a}_{cj},$$

таким образом, $\boxed{\vec{\Phi}_R = -M_c \vec{a}_c.}$ (2.7)

Аналогично

$$\vec{M}_{OR}^\Phi = \sum_{i=1}^N \vec{M}_{OR}^{\Phi i} = \sum_{i=1}^N [\vec{r}_i \times \vec{\Phi}_c] = -\sum_{i=1}^N [\vec{r}_i \times m_i \vec{a}_i] = -\frac{d}{dt} \sum_{i=1}^N [\vec{r}_i \times \vec{p}_i] = -\frac{d}{dt} \vec{L}_O, \text{ и}$$

$$\boxed{\vec{M}_{OR}^\Phi = -\frac{d}{dt} \vec{L}_O.} \quad (2.8)$$

Здесь \vec{L}_O . есть Кинетический Момент тела.

Заключение.

Таким образом в этой статье представлена история и определён истинный смысл понятий **масса** и **энергия**. Дана простая и разумная интерпретация **Даламберовых сил инерции** и **Принципа Даламбера**. Теперь можно утверждать, что полнота математического описания **динамики** механического движения системы представлена нами в **дуальной модели**, созвучной и непротиворечащей античной диалектике. Её дуальность определяется с одной стороны **Принципом Кинестатики** (состояние «замри мгновение») а с другой - теоремами «**О движении центра масс и об изменении Кинетического момента**» (состояние «мгновенного изменения»), при предложенной нами интерпретации **массы** и **Даламберовых Сил Инерции**.