

МОДЕЛЬ ИНЕРЦИИ

Буйлин Игорь Александрович,

Математик, Москва, РФ

bumast@gmail.com

Аннотация. На основе простой вихревой модели твердых тел, а также широко известных принципов гидродинамики идеальной несжимаемой жидкости, а именно – парадокса Даламбера, условия равновесия несжимаемой жидкости и принципа присоединенных масс для потенциальных потоков, удалось найти простое объяснение загадочным понятиям классической механики и теоретической физики – инерциальным и неинерциальным системам отсчета, силам инерции, движению тел по инерции. На основании полученной модели удалось дать новую интерпретацию трех законов Ньютона.

Ключевые слова: Законы Ньютона (ЗН), инерция, силы инерции (СИ), инерциальная система отсчета (ИСО), неинерциальная система отсчета (НИСО), центробежная сила (ЦБС), эфир, парадокс Даламбера, гидродинамический диполь.

ВВЕДЕНИЕ

Пожалуй, одним из самых загадочных явлений физики является явление инерции. Все материальные тела, обладающие массой, подвержены действию инерции. А потому воистину «всемирной» необходимо называть не столько гравитацию, сколько инерцию. И, казалось бы, в такой ситуации теория инерции, теория сил инерции должны были быть развиты в физике. Однако в действительности мы наблюдаем, скорее, обратное [9, с.3]. Инерция вот уже 400 лет остается Terra Incognita физики и механики. Начнем с того, что в три фундаментальных закона Ньютона (ЗН) инерция встроена в некотором скрытом виде. Так, все ЗН выполняются только в так называемых инерциальных системах отсчета (ИСО). Способность тел двигаться равномерно и прямолинейно в условии отсутствия сил – первый ЗН, - возможно только в ИСО и никак иначе! Но что такое ИСО? Как их определить? По большому счету, наука об этом умалчивает, если не считать попыток Э.Маха и подобных. Иными словами, почему одни системы отсчета инерциальные, а другие нет, - науке не известно. Кроме того при ускоренных движениях тел возникают «загадочные» или, как их еще называют, «фиктивные» силы инерции (СИ). «Загадочность» их усматривают в том, что их возникновение как будто не имеет материальных причин: они возникают из ниоткуда и, (как бы) не имеют материальных носителей. И это в отличие от реальных сил обусловленных действием одних тел (или силовых полей) на другие. Более того, в неинерциальных системах отсчета (НИСО) на тела начинают действовать силы, никакими телами и полями не обусловленные, если, конечно, не утверждать, что в НИСО существуют некие поля инерции, которые и порождают СИ. Насколько реальны СИ? – На этот вопрос наука, увы, не имеет внятного ответа. Все эти вопросы в физике и механике просто были спрятаны в формализм ИСО-

НИСО, и, так сказать, «заметены под коврик». Так, в книге Г. Шипова [10, с.21] мы читаем: «Проблема сил и полей инерции в классической механике и в других разделах физики является одной из запутанных. Дело в том, что силы инерции не удовлетворяют третьему закону Ньютона, поэтому возникают трудности в разделении их на внешние и внутренние по отношению к изолированной системе. Наши знания об этих силах почти не изменились со времен И. Ньютона. В знаменитой книге А. Пайса «Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна», автор замечает: «По моему мнению, проблема происхождения инерции была и остается наиболее темным вопросом в теории частиц и полей». В нашей стране дискуссии по проблеме сил инерции периодически возникают через 20-30 лет. Основные вопросы, которые при этом обсуждаются, следующие: реальны ли силы инерции, что является их источником; являются ли они внешними или внутренними силами по отношению к изолированной механической системе? Анализ материала учебников по теоретической механике показывает отсутствие единого мнения по этим вопросам. Например, по вопросу, реальны или нереальны силы инерции, мнения распределяются (приблизительно) следующим образом: 60% авторов считает, что СИ нереальны; 20%, что они реальны; 10%, что часть сил инерции реальна, а часть нереальна; 10% авторов вообще обходят этот вопрос. СИ наблюдаются в ускоренных системах отсчета, поэтому И. Ньютон, Л. Эйлер, Э. Мах, А. Эйнштейн и многие другие исследователи рассматривали эти силы как реальные».

Казалось бы, если уж и пытаться приписывать СИ некий материальный носитель, причину, то самым главным кандидатом на эту роль должен был бы стать еще в 19 веке мировой эфир. Именно он до начала 20 века рассматривался всеми физиками как первопричина всех физических явлений. Именно взаимодействие мирового эфира с движущимися телами как причина инерциальных явлений и могла бы стать той путеводной нитью, которая привела бы физику к адекватному решению загадки инерции. Если бы это произошло в 19 веке, это могло бы стать неопровержимым доказательством существования эфира, помимо опытов Майкельсона-Морли и Д. Миллера [1]. Последствия этого могли бы быть бесценны для развития естествознания в 20 веке. Но, увы, этого не произошло!

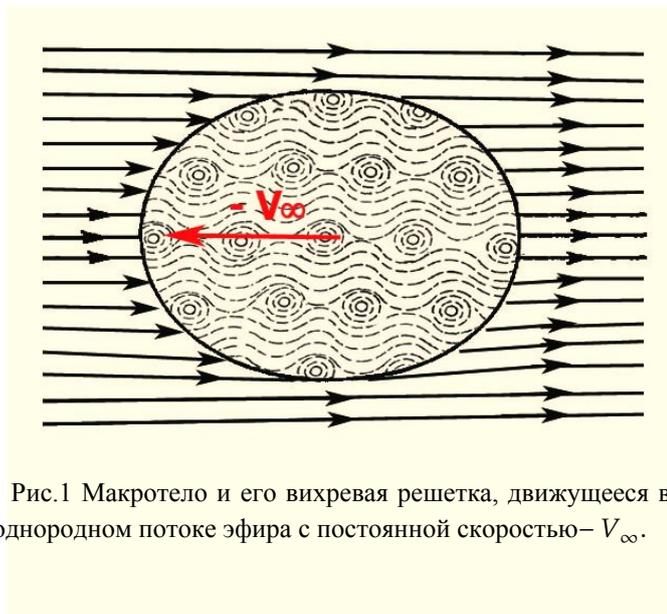
ЭФИРНАЯ МОДЕЛЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Итак, совершенно естественная гипотеза, способная пролить свет на разгадку проблемы инерции, состоит в том, что инерция и инерционные свойства тел порождены не загадочными «силами противодействия» из третьего ЗН и не менее загадочными ИСО, а наличием мирового инерциального эфирного фона и взаимодействием с ним всех покоящихся и движущихся относительно него тел. Надо признать, что, к сожалению, детальной количественной теории взаимодействия макротел с эфиром пока не существует. Так, в недавно вышедшей фундаментальной монографии по теории эфира читаем [2, с. 41]: «В настоящее время отсутствуют эксперименты по определению уравнения состояния эфира. Поэтому приходится использовать те или иные гипотезы и проверять их адекватность, сравнивая следствия этих гипотез с известными из эксперимента фактами». Вот почему для эфиродинамического объяснения гравитационной силы авторы указанной работы прибегают к обобщенной модели

пробного тела как вихря в эфире, а также к ряду других обобщений. По аналогичным причинам мы тоже в своих рассуждениях будем придерживаться подобных обобщенных вихревых моделей макротел, без лишней детализации.

Таким образом, в дальнейших наших рассуждениях мы будем исходить из ряда упрощающих допущений. Вот некоторые из них.

- 1) Эфир будет представляться как идеальная несжимаемая жидкость, способная к соответствующему потенциальному обтеканию микрочастиц (вихрей), из которых состоит (макро)тело.
- 2) Тело на микроуровне будет нами представляться как решетка, в узлах которой находятся вихри – гидродинамические диполи. Вместо молекул, атомов, нуклонов и нуклидов, из которых, собственно, и состоит макротело, в нашей модели их будет заменять вихревая решетка (см. рис. 1). Причем для простоты мы будем считать, что сами вихри в зависимости от состояния тела либо шарообразны, либо могут слегка деформироваться. Узлы решетки связаны между собой системой упругих связей (СУС), которые в частности сохраняют форму макротела, передают внешние усилия вихрям решетки, но не имеют массы.



- 3) Совершенно ясно, что макротело не является непроницаемым для потоков эфира. Поэтому мы будем предполагать, что только вихри вихревой решетки (ВР) практически непроницаемы для эфира, тогда как все внутреннее пространство ВР практически «продуваемо» эфиром. Само же это пространство, по сути, образует систему каналов для продуваемого их эфира. При различных ускорениях макротела его вихри естественно испытывают силовые воздействия на себя со стороны протекающего в каналах эфира. Суммируя эти силы по всем вихрям тела мы и будем получать СИ того или иного типа. При этом силовые воздействия эфира на вихри решетки мы будем считать такими же, как если бы в эфире двигался одиночный вихрь.

Далее, в соответствие со сложившейся в теоретической механике традицией, мы рассмотрим три типа движения тела (тел): прямолинейное и поступательное движение

по инерции, движение с постоянной скоростью по кругу в фиксированной плоскости и поступательное ускоренное движение по прямой.

ДВИЖЕНИЕ ПО ИНЕРЦИИ

Движение по инерции равномерно и прямолинейно по первому ЗН. В этом случае макротело M может как двигаться, так и покоиться относительно однородного (плоскопараллельного) потока эфира, или сам этот поток может двигаться относительно M со своей постоянной трансляционной скоростью $-V_{\infty}$. Тогда сам такой поток (тело M в случае состояния покоя покоится относительно эфира) и возможно принять за ИСО. Во всех таких случаях на тело M со стороны эфира не происходит никакого силового воздействия (давления). Почему? Причиной тому, на наш взгляд, является известный из гидродинамики идеальной жидкости парадокс Даламбера [8, стр.210 или 7, §69]. Такие стационарные потоки эфира, даже проникая в каналы тела M , осуществляют безвихревое обтекание ($\text{rot}(V) = 0$) вихрей решетки M , и значит, не производят на ее вихри никакого силового воздействия. А стало быть, они и не оказывают сопротивления в целом трансляционному движению тела M . При этом, возникающий поток эфира, продувающий каналы M , может иметь произвольную (дорелятивистскую) скорость. При релятивистских скоростях поток эфира внутри M становится разрывным или даже турбулентным. Этот случай мы рассматривать не будем.

Если тело M движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно некоторой системы отсчета, которая сама движется равномерно и прямолинейно относительно эфирного фона, то в силу галилеева сложения скоростей такое тело также движется равномерно и прямолинейно и относительно эфира. Вот почему любая такая СО является сама по себе ИСО! Таким образом теперь становится ясно, что инерциальными системами отсчета является сам эфир и все СО, которые движутся в нем поступательно и равномерно и прямолинейно, а все остальные являются НИСО.

И именно парадокс Даламбера приводит к бессилловому варианту движения в этом случае. Этим решается один из «убийственных» аргументов, приписываемых самому Ньютону: почему не замедляются движения небесных светил (планет Солнечной системы (СС)), если все пространство (СС) заполнено эфиром. Ответ становится довольно прост: эфир, потенциально обтекая тело, не оказывает на него силового давления в силу идеальности его обтекания (отсутствие завихрений и т.п.)! Либо в случае ускоренного движения относительно эфира, эфир оказывает силовое воздействие на планеты и спутники, порождая силы инерции (СИ), без которых ЗН просто бы не работали. Но об этом речь пойдет далее.

ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

Теперь рассмотрим равномерное плоское вращение тела M (в виде однородного упругого шара с центром масс O и радиусом r) вокруг центра Z с радиусом вращения $R=ZO$ с частотой ω (рис.2). Тогда в системе отсчета, жестко связанной с M , на тело M

набегает стационарный плоскопараллельный поток эфира с переменной скоростью $V = \omega \tilde{R}$, где \tilde{R} кратчайшее расстояние от Z до произвольной точки потока. В силу разномасштабности диполя и скоростей потока (микро и микро-масштабы) можно с хорошей точностью считать, что возмущенный поток эфира вокруг вихря практически идентичен невозмущенному потоку с профилем скоростей $V = \omega \tilde{R}$ в том числе и на поверхности

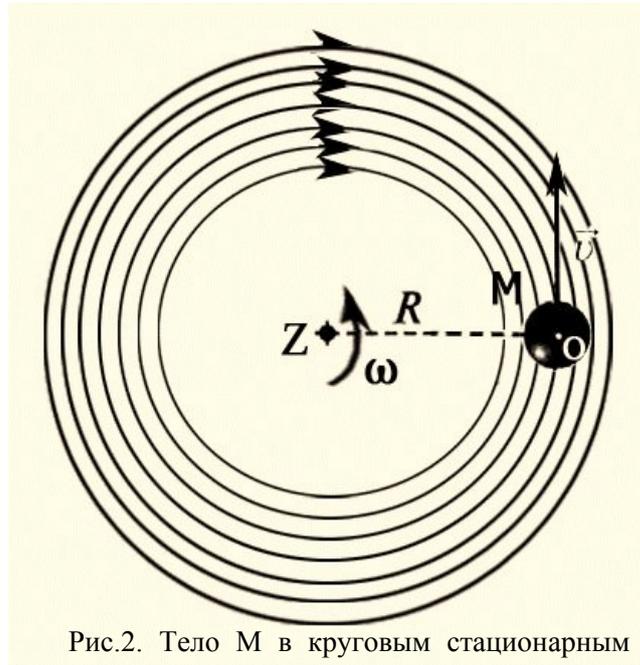


Рис.2. Тело М в круговом стационарном потоке эфира

границы вихря. Тогда из условия равновесия жидкости имеем: $p + \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} = \text{const}$, откуда $\nabla p = -\rho \omega^2 \vec{r}$ [5, стр.111]. Тогда сила сопротивления эфира, действующая на поверхность S вихря, как следует из формулы Остроградского-Гаусса, равна:

$$\vec{H} = -\int_S p \vec{n} dS = -\int_V \nabla p dV = \int_V \rho \omega^2 \vec{r} dV = \frac{\rho \cdot V \cdot \omega^2}{V} \int_V \vec{r} dV = \rho V \omega^2 \vec{R} = m \omega^2 \vec{R},$$

где m и V масса и объем вихря, \vec{R} и \vec{r} радиус-векторы его центра масс и радиус-вектор точки на поверхности вихря, проведенные от оси вращения к этим точкам и перпендикулярно этой оси.

Таким образом, на отдельный вихрь действует обычная центробежная сила (ЦБС) со стороны потока эфира, обтекающего вихрь. Направлена ЦБС, как это и должно быть, поперек (нормально, $H_y = 0$) к скорости центра масс вихря V , противоположно направлению на ось вращения, чем вполне и оправдывает свое название «центробежная сила»! Более того, ЦБС является, по сути, разновидностью силы Архимеда.

Понятно, что ЦБС, действующая на отдельные вихри тела M , приводит к появлению ЦБС, действующей и на все это тело. Для простоты продолжим рассматривать этот вопрос на примере однородного шара M , равномерно вращающегося по кругу с радиусом вращения R .

Тогда ЦБС \vec{H} , действующая на M , будет суммой ЦБ сил \vec{H}_i , действующих на i -й вихрь M .

$$\vec{H} = \sum_{i=1}^N \vec{H}_i,$$

где N - число вихрей в теле. Пусть \vec{r} и \vec{r}_i радиус-векторы центра масс M и центра масс i -го вихря шарика, проведенные из начала координат. А \vec{R} и \vec{R}_i аналогичные векторы, но проведенные от оси Oz и перпендикулярные ей (рис.3) и $\vec{h}_i = \vec{r}_i - \vec{r}$. Тогда

$$\vec{r} = \frac{m \sum_{i=1}^N \vec{r}_i}{N \cdot m} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\vec{r} + \vec{h}_i) = \vec{r} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \vec{h}_i$$

Откуда
$$\sum_{i=1}^N \vec{h}_i = 0.$$

И поскольку скорость центра масс i -го вихря равна ωR_i , то окончательно получаем

$$\vec{H} = \sum_{i=1}^N \vec{H}_i = \sum_{i=1}^N \frac{m(\omega R_i)^2}{R_i^2} \vec{R}_i = m\omega^2 \sum_{i=1}^N (\vec{R} + \vec{h}_i) = Nm\omega^2 \vec{R} = M\omega^2 \vec{R} = M \frac{V^2}{R} \cdot \frac{\vec{R}}{R}$$

Где M - масса всего шара, V - скорость его центра масс. Итак, не только на отдельные вихри, но и целиком на макротело M со стороны эфира действует ЦБС, равная $\frac{MV^2}{R}$. Это и есть та самая «загадочная» сила противодействия, натягивающая веревочку, на которой крутится шарик при равномерном круговом движении по окружности, о которой писал еще Гюйгенс [3]. По сути, она создается не шариком по третьему ЗН, а эфиром.

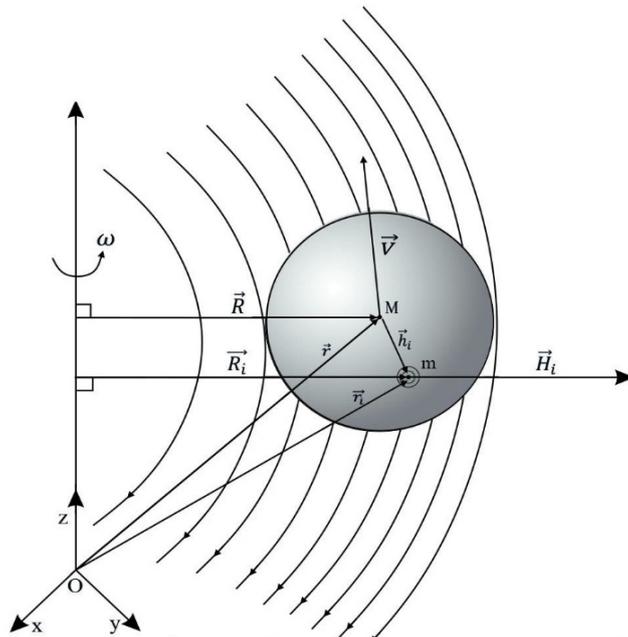


Рис.3. Круговое движение тела M вокруг оси Oz .

Речь идет о поперечной движению или центробежной силе инерции, которая по сути является силой сопротивления со стороны эфира на изменение направления движения тела M . И это при том, что в продольном направлении M не испытывает никакого сопротивления со стороны эфира.

И вот тут мы вплотную подошли к интересной теме, о которую сломано немало копий: если ЦБС реальна, то шарик на веревочке, или космонавт в космической станции,

движутся хоть и по кругу, но в условии равновесия сил?! С точки зрения традиционной механики - это абсурд, ведь шарик и космонавт движутся ускоренно! Но тогда такое движение должно описываться 2-м ЗН:

$$(1) \quad m\vec{a} = \vec{F}.$$

Здесь \vec{F} это центростремительная сила (натяжение нити, гравитация и т.п.). Где же здесь ЦБС, где сумма сил, равная 0? Все очень просто:

$$(2) \quad \vec{F} - m\vec{a} = \vec{F} + (-m\frac{v^2\vec{R}}{R}) = 0$$

В такой формулировке – $m\vec{a}$, а точнее – $m\frac{v^2\vec{R}}{R}$, и есть ЦБС, сумма ее вместе с ЦСС \vec{F} и дает физически более правильную картину происходящего. Недаром Ньютон в своем знаменитом труде [6] после формулировки своего 1-го закона в качестве одного из примеров движения по инерции приводил движение волчка! «Брошенное тело продолжает удерживать свое движение, поскольку его не замедляет сопротивление воздуха и поскольку сила тяжести не побуждает это тело вниз. Волчок, коего части, вследствие взаимного сцепления, отвлекают друг друга от прямолинейного движения, не перестает вращаться (равномерно), поскольку это вращение не замедляется сопротивлением воздуха. Большие же массы планет и комет, встречая меньшее сопротивление в свободном пространстве, сохраняют свое как поступательное, так и вращательное движение в продолжение гораздо большего времени» [6].

Конечно, нам могут возразить, что (2) есть не что иное, как принцип Даламбера для НИСО. Это, конечно, так, хотя сам принцип Даламбера - это просто удобная абстракция, призванная хоть как-то описать происходящее, но при этом затуманивающая физику этого самого происходящего. Вот тут и наступает смысловая коллизия между всеобщностью, аксиоматичностью трех ЗН в их традиционалистском изложении и этим простым и странным случаем движения по кругу с нулевой суммой сил. Ведь даже школьникам известно, что упругое тело, вращающееся равномерно по окружности на нити, испытывает растяжение вдоль этой нити [4, т.1, стр. 227], т.е. ведет себя, как растянутая пружина. Но ведь пружины сами по себе не растягиваются, а растягиваются только под действием приложенных к обоим (!) их концам сил. Одна сила, действующая на шарик – это сила реакции нити, а какова же вторая сила, растягивающая шарик в другую сторону? Наш ответ очевиден – это та самая ЦБС, сила взаимодействия шарика с эфиром.

Именно ЦБС является причиной стольких разнообразных явлений в реальной жизни, как опрокидывание автомобилей при заходе в поворот со слишком большой скоростью, необходимость создания уклона в сторону поворота у велосипедистов при повороте и многое другое. И именно ЦБС в сочетании с силой тяжести создают невесомость на космических пилотируемых станциях. И потому она вполне реальна, а не «фиктивна», как это многим кажется.

УСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ПРЯМОЙ

И наконец, последний случай движения тела - ускоренное движение тела поступательно по прямой под действием внешней силы. Разберем этот случай на простом примере центрального столкновения двух масс M_1 и M_2 , движущихся со скоростями V_1 и V_2 по прямой в одном направлении вдоль оси Ox неподвижной ИСО

так, что $V_1 > V_2$. Причем тело M_1 догоняет тело M_2 и в какой-то момент они упруго и центрально сталкиваются, отчего между ними происходит обмен импульсами. Сами тела движутся по плоскости без трения и для простоты имеют форму шаров (рис.4). Если \tilde{V}_1 и \tilde{V}_2 - скорости тел M_1 и M_2 после столкновения, а m_1 и m_2 их массы, то, как известно:

$$(3) \quad \begin{cases} \tilde{V}_1 = \frac{2m_2V_2 + (m_1 - m_2)V_1}{m_1 + m_2} \\ \tilde{V}_2 = \frac{2m_1V_1 + (m_2 - m_1)V_2}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

и

$$\begin{cases} W_1 = \frac{\tilde{V}_1 - V_1}{\Delta t} = \frac{2m_2(V_2 - V_1)}{(m_1 + m_2)\Delta t} \\ W_2 = \frac{\tilde{V}_2 - V_2}{\Delta t} = \frac{2m_1(V_1 - V_2)}{(m_1 + m_2)\Delta t} \end{cases}$$

Где w_1 и w_2 - ускорения M_1 и M_2 соответственно, полученные ими друг от друга при ударе, а Δt - время удара. Из вида ускорений становится ясно, что M_1 замедляется, т.к. очевидно, что $W_1 < 0$, а M_2 , наоборот, ускоряется.

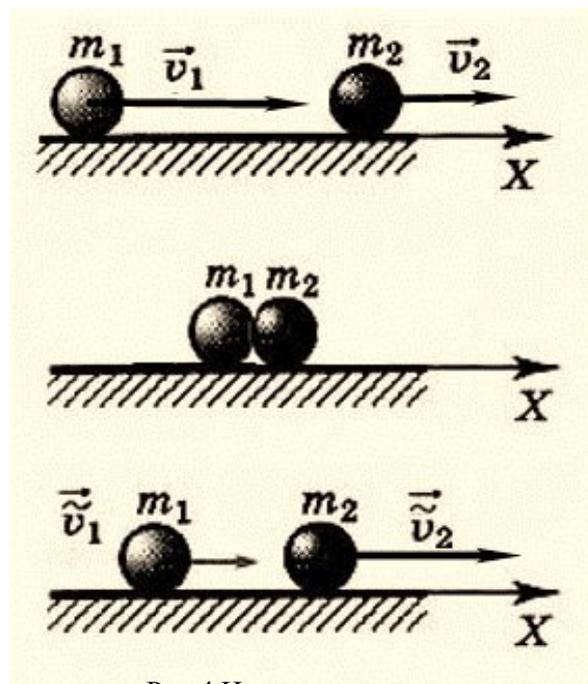


Рис.4.Центральное столкновение тел M_1 и M_2 .

Что при этом происходит с M_1 и M_2 , так сказать, на «макроуровне»? Если бы СИ вовсе не существовало, то M_2 должно было бы мгновенно начать двигаться вместе с M_1 , как только M_1 догонит M_2 со скоростью V_1 . Однако в реальности происходит несколько иное. Как только M_1 соприкоснется с M_2 , оба тела помимо поступательного движения начинают сжиматься, причем M_2 будет все более ускоряться, а M_1 , наоборот, замедляться в течение всего Δt , как бы образуя из себя единую пружину (или колебательный контур) M_1M_2 , которая сначала сжимается именно благодаря действию СИ (рис.5), а потом, наоборот, разжимается благодаря действию упругих сил из-за

наличия в телах СУС. И в момент максимального разжатия оба тела начинают разъезжаться друг относительно друга, а «пружина» М1М2 распадается при этом на составные части (если T период колебания системы М1М2, то $\Delta t = 3/4T$). Собственно в этом и заключается упругость взаимодействия в классической механике.

Поскольку самопроизвольное сжатие пружин в природе не наблюдается, то описанное упругое взаимодействие двух тел можно объяснить только действием некой сторонней силы, т.е. СИ. А причины появления СИ нужно искать на микроуровне, т.е. на уровне взаимодействия вихревой решетки тел с эфиром, относительно которого они движутся.

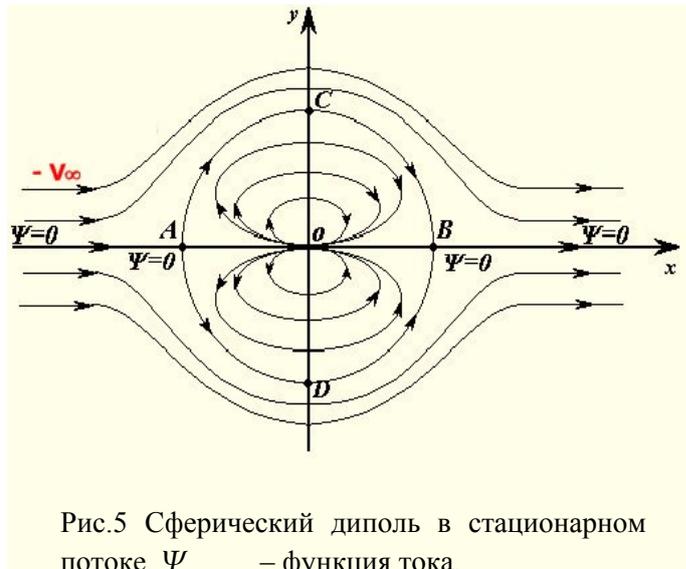


Рис.5 Сферический диполь в стационарном потоке. Ψ – функция тока.

До столкновения оба тела относительно эфира находились в устоявшемся стационарном равновесном течении, точнее течениях. Однако при ударе эти равновесные течения нарушаются и становятся нестационарными, ускоренными. В силу этого на отдельный вихрь тела М2 со стороны эфира начинает действовать сила давления H , противоположно направленно оси движения Ox :

$$H = -\lambda_{33}W_2$$

где λ_{33} – коэффициент присоединенной массы вихря по оси Ox . Как известно, в случае сферического вихря $\lambda_{33} = \frac{2}{3}\pi\rho r^3 = \frac{1}{2}m$, где m – масса вихря, а r – его радиус [5, §§79-80].

Откуда

$$H = -\frac{1}{2}mW_2.$$

В реальности же, по нашим предположениям, в силу того, что вихрь не является твердым телом, как это обычно принято в гидромеханике, и в силу увеличения давления на границу вихря в продольном направлении, вихрь определенным образом деформируется, принимая форму сфероида вращения, сплюснутого в направлении движения. Причиной такой реакции вихря на сдавливание со стороны эфира мы считаем тот факт, что при стационарном течении эфира (см. рис.5), как идеальной жидкости, со скоростью V_∞ , его давление на круговой границе диполя, ось которого сонаправлена скорости потока, распределяется по закону:

$$p = p_{\infty} + \rho \frac{V_{\infty}^2}{2} \left(1 - \frac{9}{4} \sin^2 \theta \right)$$

где p_{∞} и V_{∞} - давление и скорость эфира на бесконечности, p - давление в произвольной граничной точке, θ - полярный угол этой точки в сферической системе координат, что в свою очередь получается из уравнения Бернулли и из-за того, что модуль скорости потока на границе диполя распределяется по формуле: $V = \frac{3}{2} V_{\infty} \sin \theta$ [7, §69]. Таким образом давление на границе максимально в критических (полярных) точках А и В, при $\theta=0$ и π , и равно $p = p_{\infty} + \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2$. В миделевых (экваториальных) же точках С и D, при $\theta = \pm \frac{\pi}{2}$, p - минимально.

Ускоряясь относительно эфира из-за силового воздействия со стороны СУС своего макротела, вихрь начинает испытывать избыточное давление особенно в окрестности критических точек А и В. При этом дополнительное давление, порождающее силу давления на сферический диполь, ускоряющийся поток эфира создает только за счет производной от возмущенного потенциала $-\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t}$, взятой со знаком минус. Тогда на поверхности сферического вихря дополнительное давление будет:

$$\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t} = \frac{\rho r^3 \cos \theta}{2R^2} \frac{dV}{dt} = (R = r) = \rho \frac{r \cos \theta}{2} \frac{dV}{dt}$$

Здесь r радиус диполя. Из анализа этой формулы видно, что в миделевых точках (на экваторе эллипсоида) оно равно нулю и максимально в критических точках (на полюсах). Такое распределение избыточного давления потенциала обтекающего потока (см. рис.6) на котором зоны избыточного давления обозначены красными стрелками)

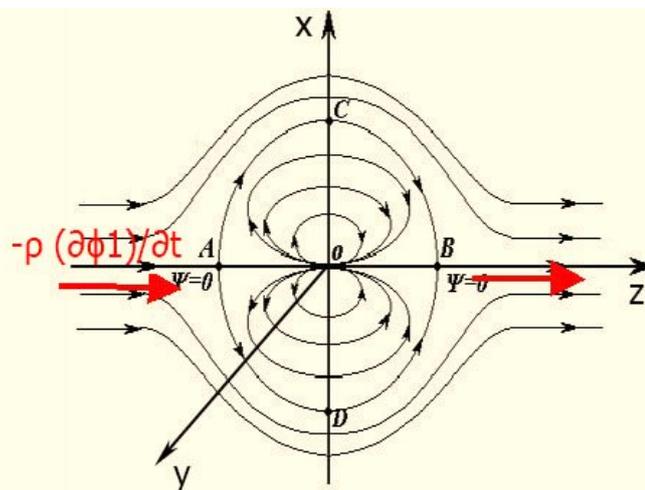


Рис.6. Сфероид диполя и избыточное давление.

при ускоренном движении вихря и приводит к изменению формы вихря из сферического в форму уплощенного в направлении движения эллипсоида.

В самом деле. Форма граница диполя определяется равенством градиентов давления наружного потока и его внутреннего потока и изменение одного приводит к изменению

другого, а значит и к изменению формы границы. Избыточное давление $-\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t}$ сжимает и отбрасывает диполь назад по оси Oz в область меньших давлений, что придает его границе форму сфероида или сплющенного эллипсоида (см. рис.6). Силовое же воздействие со стороны СУС толкает сфероид опять назад в область повышенного давления. Таким образом, с нашей точки зрения, все это и приводит к тому, что сфероиды вихрей в момент ускорения Δt тела M2 испытывают некоторые колебательные движения в решетке с непрерывным изменением своей эллиптической формы (в первом приближении), что можно описать некоторым изменением их эксцентриситетов e или коэффициентов сжатия q в определенном диапазоне. И для того, чтобы оценить силовое воздействие эфира на вихрь в этом случае, необходимо оценить, каким может быть этот диапазон?

Для этого нужно понять еще ряд моментов. Усиление давления снаружи приводит к его усилению и во внутреннем течении диполя, что сопровождается временным замедлением его средней скорости, что должно выражаться в укорочении линий тока и длины периметра сфероида по сравнению с длиной соответствующей окружности при стационарном течении. Однако такое замедление не может продолжаться непрерывно.

В самом деле, до столкновения циркуляция внутри вихря в теле M2 характеризовалась дипольным моментом $m_2 = 2\pi r^3 V_\infty$, причем $V_\infty = V_2$. После же столкновения, когда M2 начнет двигаться стационарно с новой скоростью $\tilde{V}_2 = W_2 \Delta t + V_2$, дипольный момент увеличится и станет очевидно равным $\tilde{m}_2 = 2\pi r^3 \tilde{V}_2$. Значит момент должен каким-то образом увеличиваться, причем при условии сохранения объема (массы) диполя? Но ведь при сдавливании диполя средняя скорость циркуляции в нем должна падать, увеличивая внутреннее давление и уменьшая момент m_2 ? Вроде бы тут противоречие. Однако такое рассуждение верно лишь в стационарном случае, когда $V_\infty = const$. При ускоренном же движении речь должна идти о том, что $V_\infty = W_2 \Delta t + V_2$. Это значит, что при осцилляциях формы и положения относительно СУС в условиях сохранения объема, вихрь испытывает и осцилляции внутренней циркуляции вдоль линий тока.

При всех указанных осцилляциях осциллирует и присоединенная масса вихря. Поэтому попытаемся оценить не саму эту массу а ее среднее значение.

Как известно длина эллипса L с большей полуосью a и эксцентриситетом e выражается через полный эллиптический интеграл Эйлера $E(e)$ второго рода как:

$$L = 4aE(e) = 4a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \varphi} d\varphi$$

Если сплюснутый диполь получился из шарового диполя радиуса r , то условие равенства объемов (масс) двух таких диполей дает $a^2 b = a^3 q = r^3$. Откуда

$$a = \frac{r}{\sqrt[3]{q}}$$

И окончательно для длины меридиана любого такого диполя с коэффициентом сжатия

$$q = \sqrt{1 - e^2} \text{ получаем: } L(q) = \frac{4rE\left(\sqrt{1-q^2}\right)}{\sqrt[3]{q}} = 4r\tilde{E}(q).$$

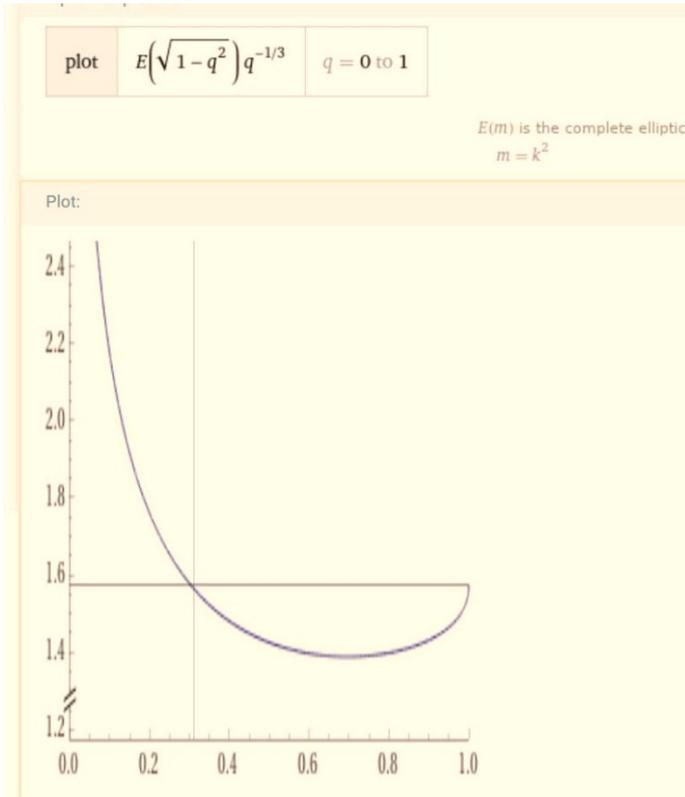


Рис.7. Коэффициент длины $\tilde{E}(q)$

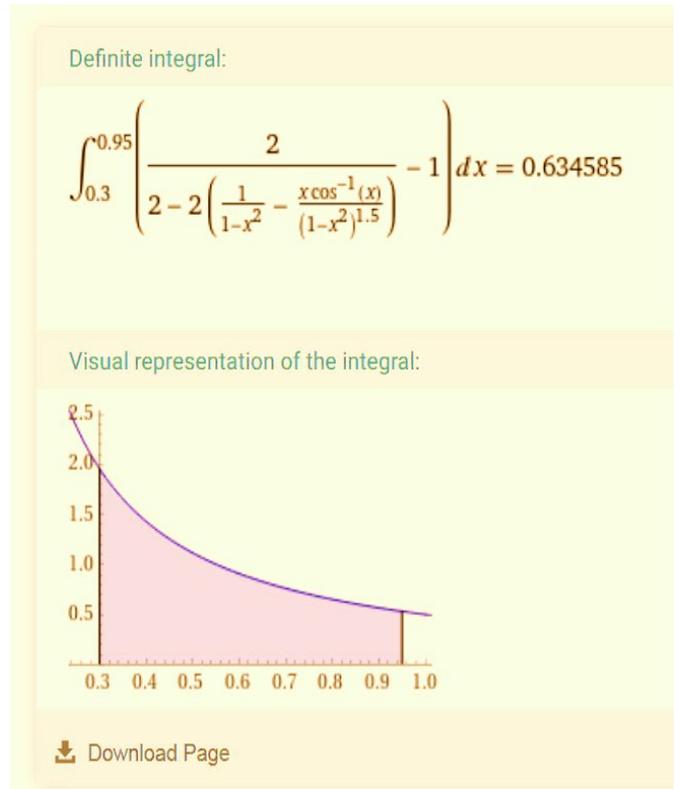


Рис.8. Вид $k_{33}(q)$ и подсчет $\int_{\alpha}^{\beta} \tilde{k}_{33} dq$ с помощью wolframalpha.

К сожалению $E(e)$ не является элементарной функцией. Поэтому график функции $\tilde{E}(q) = \frac{E(\sqrt{1-q^2})}{\sqrt[3]{q}}$ пришлось построить с помощью программы wolframalpha: <https://www.wolframalpha.com/> (см. рис.7). Из анализа графика видно, что существует промежуток значений коэффициента сжатия $q \in [0.3; 1]$, для значений q из которого длины $L(q) < 2\pi r$, т.е. длины меридианов сфероидов короче длины окружности шарового диполя. Что, как мы и предполагали, и приводит к укорочению линий тока внутри сплюснутых сфероидов с такими q . Поэтому естественно предполагать, что указанные осцилляции формы и размеров сфероидов-вихрей происходит в некотором промежутке $[\alpha; \beta]$ с центром в $q_0 = \frac{\alpha + \beta}{2}$ и $0.3 \leq \alpha < \beta < 1$.

В работе [7] приведены формула для вычисления присоединенной массы сфероида, движущегося в направлении меньшей полуоси (оси вращения Oz):

$$(4) \quad \lambda_{33} = \frac{4}{3}\rho\pi a^2 b \frac{C}{2-C} = \frac{4}{3}\rho\pi r^3 k_{33} = mk_{33}.$$

Здесь a и b – большая и малая полуоси сфероида, m – масса диполя, k_{33} – коэффициент присоединенной массы при поступательном движении вдоль оси Oz, а C – некоторый безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$(5) \quad C = \frac{2}{1-q^2} \left[1 - \frac{q \cdot \arcsin\left(\sqrt{1-q^2}\right)}{\sqrt{1-q^2}} \right], \quad q = \frac{b}{a}$$

Ясно, что при $q = 0$ сфероид вырождается в плоскую окружность. Значение $q = 1$ соответствует сфере, причем формула (5) в этом случае дает неопределенность $\infty - \infty$. В самом деле, применив разложение $\arcsin(x) \approx x + \frac{x^3}{6}$, получим $\lim_{q \rightarrow 1} C = 2 \left[\frac{1}{1+q} - \frac{q}{6} \right] = 2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right] = \frac{2}{3}$. Тогда $k_{33}(1) = \frac{C}{2-C} = \frac{1}{2}$, что и дает присоединенную массу для сферы $\lambda_{33} = \frac{2}{3}\rho\pi r^3$.

При $q = 0$, $C=2$, а $\frac{C}{2-C} = +\infty$ и по непрерывности ясно, что $k_{33}(q) = \frac{C}{2-C}$ может принимать любые значения на интервале $\left[\frac{1}{2}; +\infty\right)$, причем $k_{33}(q)$ является убывающей функцией с минимумом $k_{33}(1) = \frac{1}{2}$ (см.рис.8). Заметим, однако, что вихрь не может сжаться в плоскую окружность (при дорелятивистских скоростях движения относительно эфира). И это еще одна причина, по которой коэффициент сжатия q должен находиться в интервале $q \in [0.3; 1]$. Причем именно на этом интервале $k_{33}(q)$ мало отличается от линейной зависимости.

Из (4) видно, что для оценки среднего значения присоединенной массы $\tilde{\lambda}_{33}$ достаточно установит среднее значение ее коэффициента $\tilde{k}_{33}(q)$ на промежутке $[\alpha; \beta]$. И тогда:

$$(6) \quad \tilde{\lambda}_{33} = m\tilde{k}_{33}$$

Среднее значение \tilde{k}_{33} будем искать по формуле:

$$\tilde{k}_{33} = \frac{\int_{\alpha}^{\beta} k_{33} dq}{\beta - \alpha}$$

Из анализа графика $k_{33}(q)$ (рис.8) ясно, что существует точка $q_0 \approx 0.5508$, в которой $k_{33}(q_0) = 1$. Мы предполагаем, что именно она и является центром (точкой равновесия) осцилляций $q_0 = \frac{\alpha+\beta}{2}$, в частности потому, что $k_{33} = 1$ и соответствует силе давления эфира, равной эмпирически наблюдаемой «силе противодействия» из ЗЗН. Далее мы приводим таблицу значений \tilde{k}_{33} при разных $[\alpha; \beta]$.

Таблица 1. Усредненные значения коэффициента присоединенной массы

$[\alpha; \beta]$	[0.5; 0.6]	[0.45; 0.65]	[0.4; 0.7]	[0.3; 0.95]
$\int_a^\beta k_{33} d\eta$	0.1005	0.203	0.309	0.634
\tilde{k}_{33}	1.005	1.015	1.03	0.975

Три первых полученных значения \tilde{k}_{33} убеждают, что именно q_0 и является точкой равновесия. Если посчитать еще среднеарифметическое от значений \tilde{k}_{33} в последней строке таблицы 1., то окончательно получим, что $\tilde{k}_{33} \approx 1.006$. Нужно понимать, что форма диполя меняется не точно в соответствие с формой сфероида, что придает некоторую стохастичность процессу осцилляций диполей. И в силу того, что диполей в макротеле крайне много, то начинает работать закон больших чисел. Иными словами, с учетом всех нелинейных и стохастических факторов, описанных выше, можно считать, что $\tilde{k}_{33} = 1$. Что при подстановке в (6) и дает среднее значение присоединенной массы сфероида:

$$\tilde{\lambda}_{33} = m\tilde{k}_{33} = m$$

То есть $\tilde{\lambda}_{33}$ в свою очередь просто равна массе вихря m . Таким образом на ускоряющийся вихрь тела М2 со стороны эфира действует сила:

$$H = -\tilde{\lambda}_{33}W_2 = -mW_2$$

Если теперь просуммировать такие силы по всем вихрям тела М2, то мы окончательно получим, что со стороны эфира на М2 действует сила сопротивления эфира

$$I = -m_2W_2$$

Именно сила I и есть та самая «сила противодействия» из третьего ЗН, которая тормозит ускоряющее тело М1! Только возникает она не от «природного противодействия» со стороны ускоряемого тела М2, как думал Ньютон и многие натурфилософы и физики в прошлом, а от реактивного взаимодействия ускоряемого тела с эфиром. Эфир препятствует ускорению М2 и через его СУС оказывает тормозящее воздействие на М1.

Как уже отмечалось ранее, если бы эфир не существовал, то при столкновении М1 и М2 ничего бы не происходило и оба тела безынерционно транслировались бы со скоростью V_1 вдоль Ox . Ни о каком взаимном упругом сжатии и прочих силовых взаимодействиях не могло бы быть и речи. Только наличие третьего агента взаимодействия – мирового эфира, дает возможность двум телам взаимодействовать так, как мы и наблюдаем в реальности: сжиматься и обмениваться импульсами по формулам (3), а не просто одному быть ведущим, а другому ведомым. Соответственно, и законы сохранения энергии и импульса для замкнутых механических систем работает по той же причине. Таким образом, мы пришли к очень простому объяснению 3-го ЗН: сила противодействия (замедляющая М1) создается эфиром из-за гидродинамического эффекта присоединенных масс.

К сожалению, более сложные случаи взаимодействия тел между собой, а также случаи движений твердых тел в НИСО остаются пока за рамками наших рассмотрений в силу их сложности. Выскажем осторожное предположение, что и в этих случаях все возможно объяснить реактивным взаимодействием ускоренно движущихся относительно эфирного инерциального фона тел и систем отсчета с мировым эфиром, в который они погружены и порождением которого они и являются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании простой вихревой модели твердых макротел, а также широко известных принципов гидродинамики идеальной несжимаемой жидкости, а именно – парадокса Даламбера, условия равновесия жидкости и принципа присоединенных масс для потенциальных потоков, удалось найти довольно простое объяснение, пожалуй, самым загадочным понятиям классической физики и теоретической механики – ИСО и НИСО, силам инерции и движению тел по инерции. ИСО оказались просто любая СО, движущаяся или покоящаяся относительно однородного потока эфира. НИСО - это такие системы отсчета, которые движутся ускоренно относительно этого потока. Если тело движется поступательно и с постоянной скоростью относительно эфира, то оно не испытывает со стороны эфира никакого макросилового воздействия и движется в этом случае в соответствии с 1 ЗН. Это, действительно, движение по инерции. Однако и движение тела с постоянной скоростью по кругу в каком-то смысле можно считать движением по «инерции», хотя у него и есть ненулевое ускорение. Возникающая в этом случае ЦБС уравнивает центростремительную силу (реакция нити, сила упругости, гравитация) и тело движется в условиях равенства сил. Это, конечно, противоречит аксиоматическому (Эйлерову) изложению механики, но зато более соответствует физике происходящего! Напомним, что у Ньютона волчок движется по «инерции»! Т.е. не противоречит физике, а наоборот ей соответствует. Тут можно заметить, что сам Ньютон формулировал свой второй закон несколько иначе, чем это стало принято в дальнейшем: «Закон 2. Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует». Иными словами, Ньютон под ускоренным движением понимал движение, приводящее к изменению кинетической энергии тела.

Возможно, именно эта формалистическая коллизия и явилась одной из причин, по которой на протяжении 250-300 лет развития наука так и не смогла разобраться с «загадкой» инерции. Иными словами, эфирная природа инерции и законов Ньютона были вольно или невольно принесены в жертву методологическому формализму (аксиоматический подход) и возникшему на его почве формализму ИСО-НИСО. А при таком подходе сами СИ превратились в химеру из ниоткуда возникающих и в никуда исчезающих «фиктивных» сил мироздания. Чем только не объяснялись СИ и инерциальные свойства тел - от «врожденной» природы, до откровенно неверного принципа эквивалентности (инерция и гравитация очевидно совершенно разнопричинны) и уж совсем экзотических торсионных полей. В случае же эфирного

подхода все эти химеры рассеиваются, а СИ приобретают статус легальных и реальных физических сил природы. Ведь в конце концов природа не обязана подчиняться нашим методологическим предпочтениям.

Литература

1. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика, 3-е изд. – М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 2008, - 63-70 с.
2. Бычков В.Л., Зайцев Ф.С. Математическое моделирование электромагнитных и гравитационных явлений по методологии механики сплошной среды. – 2-е изд., расшир. и доп. – М.: МАКС Пресс, 2019. – 640 с., ил. 33, табл. 3, библиогр. 246 назв. ISBN 978-5-317-06077-0, - 41 с.
3. Голин Г. М., Филонович С.Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк. 1989.: Х.Гюйгенс, О центробежной силе. - 576 с.
4. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 1. – М.: Наука, 1964, - 227 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1957. - 111 с.
6. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. пер. с лат. А.Н. Крылова. М., 1989. - 40 с.
7. Риман И.С. и Крепс Р.Л. Присоединенные массы тел различной формы. Труды ЦАГИ Р 635, 1947. - 21 с.
8. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1973, - 210 с.
9. Хайкин С.Э. Что такое силы инерции, - М.: ГИТТЛ, 1969. - 120 с.
10. Шипов Г.И. Теория физического вакуума. – М.: НТ-Центр, 1993. - 21 с.

ETHIROHYDRODYNAMIC MODEL OF INERTIA

Buylin Igor.A.

Moscow, Russian Federation; bumast@gmail.com

Abstract. A simple explanation of the most mysterious classical mechanics and theoretical physics concepts - inertial and non-inertial reference systems, the forces of inertia, the motion of bodies by inertia on the basis of a simple vortex model of solids and D'Alembert's paradox, as well as on the equilibrium conditions of incompressible fluid and the principle of attached masses for potential flows

are proposed. Based on the obtained model, it was possible to give a new interpretation of Newton's three laws.

Key words: Newton's laws (NL), inertia, inertial forces (IF), inertial reference system (IRS), centrifugal force (CF), ether, D'Alembert's paradox, hydrodynamic dipole.

INTRODUCTION

Perhaps, one of the most mysterious phenomena in physics is the phenomenon of inertia. All material bodies possessing mass are exposed to inertia. Therefore, it is necessary to call "universal" not so much gravitation, but inertia. And, it would seem, in such a situation, the theory of inertia, the theory of inertial forces should have been developed in physics. However, in reality we observe rather the opposite [9, p.3]. Inertia has been the Terra Incognita of physics and mechanics for 400 years. Let's start with the fact that inertia is built into Newton's three fundamental laws (NL) in some hidden form. Thus, all of them are fulfilled only in the so-called inertial reference systems (IRS). The ability of bodies to move uniformly and rectilinearly in the absence of forces, i.e. the first NL, is possible only in IRS and in no other way! But what is IRS? How to define them? By and large, science is silent about it, except for the attempts of E. Mach and the like scientists. In other words, science does not know why some frames of reference are inertial and others are not. In addition, during the accelerated motion of bodies there are "mysterious" or, as they are also called, "fictitious" inertial forces (IF). Their "mysteriousness" is seen in the fact that they emerge as if they have no material causes: they arise from nowhere and (as if) have no material carriers. This is in contrast to real forces caused by the action of some bodies (or force fields) on other bodies. Moreover, in non-inertial reference systems (NIRS) the forces not caused by any bodies and fields begin acting on the bodies, unless, of course, we argue that there are some fields of inertia in the NIRS, which generate IF. How real are IF? - Alas, science has no clear answer to this question. All these questions in physics and mechanics were simply hidden in the formalism of IRS-NIRS, and, so to speak, "swept under the carpet". Thus, we read in the book by G. Shipov [10, p.21]: "The problem of forces and fields of inertia in classical mechanics and in other sections of physics is one of the confusing ones. The fact is that inertial forces do not satisfy Newton's third law, so there are difficulties in dividing them into external and internal in relation to an isolated system. Our knowledge of these forces has hardly changed since I. Newton. In A. Pace's famous book, *The Scientific Work and Life of Albert Einstein*, the author notes: "In my opinion, the problem of the origin of inertia has been and remains the darkest issue in the theory of particles and fields. In our country discussions on the problem of inertial forces periodically arise in 20-30 years. The main questions that are discussed are as follows: are the inertial forces real, what is their source; are they external or internal forces in relation to an isolated mechanical system? An analysis of the material in theoretical mechanics textbooks shows a lack of consensus on these questions. For example, on the question of whether the inertial forces are real or unreal, opinions are distributed (approximately) as follows: 60% of the authors believe that IF are unreal; 20% that they are real; 10% that some of the inertial forces are real and some are unreal; and 10% of the authors skirt this question altogether. IF are observed in accelerated frames of

reference, so I. Newton, L. Euler, E. Mach, A. Einstein and many other researchers considered these forces as real".

It would seem that if one tried to attribute some material carrier or cause to the IF, the most important candidate for this role would have been the world ether back in the 19th century. Until the beginning of the 20th century, it was considered by all physicists as the prime cause of all physical phenomena. It is the interaction between the world ether and moving bodies as the cause of inertial phenomena that could have been the guiding thread that would have led physics to an adequate solution to the riddle of inertia. If this had happened in the 19th century, it might have provided irrefutable proof of the existence of the ether, in addition to the Michelson-Morley and D. Miller experiments [1]. The implications of this could have been invaluable for the development of natural science in the 20th century. But, alas, this did not happen!

ETHERIC MODEL OF A SOLID BODY

So, absolutely natural hypothesis capable to throw light on the solution of the problem of inertia consists that inertia and inertial properties of bodies are generated not by mysterious "forces of counteraction" from the third NL and not less mysterious IRS, but by presence of world inertial ether background and interaction with it of all bodies resting and moving in relation to it. It is necessary to admit that, unfortunately, the detailed quantitative theory of interaction of macrobodies with ether does not exist yet. Thus, in a recently published fundamental monograph on the ether theory we read [2, p. 41]: "At present, there are no experiments to determine the equation of state of ether. Therefore it is necessary to use these or those hypotheses and to check their adequacy by comparing the consequences of these hypotheses with the facts known from experiment". That is why, for the ether-dynamic explanation of the gravitational force, the authors of the mentioned work resort to the generalized model of a test body as a vortex in ether, as well as to a number of other generalizations. For similar reasons, in our reasoning we too will stick to such generalized vortex models of macrobodies, without unnecessary detailing.

Thus, in our further reasoning, we will proceed from a number of simplifying assumptions. Here are some of them.

1). Ether will be represented as an ideal incompressible fluid capable of appropriate potential flow around microparticles (vortices) of which any (macro)body consists.

2). A body on a micro-level will be represented by us as a lattice with vortices, or hydrodynamic dipoles, in its nodes. Instead of molecules, atoms, nucleons and nuclides, of which a macrobody actually consists, in our model they will be replaced by a vortex lattice (see Fig. 1). For simplicity, we will assume that, depending on the state of the body, the vortices themselves are either spherical or may be slightly deformed. Nodes of the lattice are connected by a system of elastic bonds (SEB), which, in particular, keep the shape of the macrobody, transfer external forces to the vortices of the lattice, but have no mass.

3). It is quite clear that the macrobody is not impermeable to ether flows. Therefore, we will assume that only vortices of the vortex lattice (VL) are practically impermeable to ether, while all internal space of VL is practically "purged" by ether. This space itself, in fact, forms a system of channels for the ether that blows them out. At different accelerations of a macrobody its vortices naturally experience force influences on themselves from the ether flowing in the channels. Summing up these forces on all vortices of the body, we will receive an IF of this or that type. At the same time, we will consider the force influences of the ether on the lattice vortices as if a single vortex moves in the ether.

Further, in accordance with the established tradition in theoretical mechanics, we will consider three types of motion of a body (bodies): straight line and translational inertial motion, motion with constant velocity along a circle in a fixed plane and translational accelerated motion along a straight line.

INERTIAL MOTION

According to the first NL, inertial motion is uniform and straight line. In this case, the macrobody M can both move and rest relative to a homogeneous (plane-parallel) ether flow, or this flow itself can move relative to M with its constant translational velocity $-V_{\infty}$. Then it is

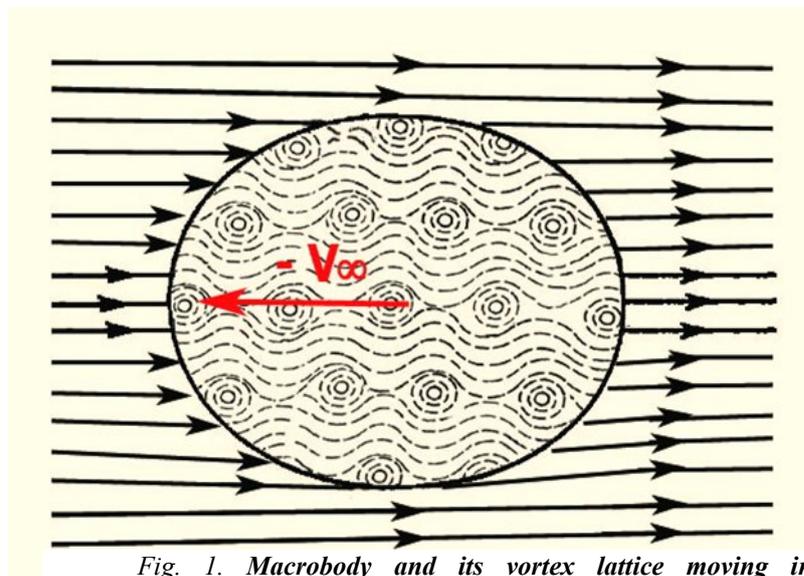


Fig. 1. Macrobody and its vortex lattice moving in a homogeneous ether flow with constant velocity $-V_{\infty}$.

possible to take such a flow itself (the body M is at rest relative to the ether) as an IRS. In all such cases there is no force impact (pressure) on the body M from the ether. Why? The reason, in our opinion, is D'Alembert's paradox [8, p.210 or 7, §69] known from hydrodynamics of an ideal liquid. Such stationary flows of ether, even penetrating into channels of body M, carry out vortexless flowing ($\text{rot}(V)=0$) of vortices of lattice M, and, hence, do not produce any force impact on its vortices. Consequently, they also do not provide resistance to the translational motion of the body M as a whole. In this case, the arising ether flow blowing out channels M can have an arbitrary (prerelativistic) velocity. At relativistic velocities, the ether flow inside M becomes discontinuous or even turbulent. We will not consider this case.

If a body M moves progressively, uniformly and straightly relative to some frame of reference, which itself moves uniformly and straightly relative to the ether background, such a body also moves uniformly and straightly relative to the ether by virtue of Galilean addition of speeds. That is why any such RS is an IRS in itself! Thus now it becomes clear that the inertial reference systems are the ether itself and all RSs which move in it progressively and uniformly and straightly, and all others are NIRSSs.

And it is D'Alembert's paradox that leads to the powerless version of motion in this case. This solves one of the "killer's" arguments attributed to Newton himself: why the movements of the celestial luminaries (solar system (SS), or primary planets) are not slowed down, if all space in the solar system (SS) is filled with ether. The answer becomes quite simple: the ether potentially flowing around a body does not exert a force pressure on it by virtue of the ideality of its flow (absence of vortices, etc.)! In the case of accelerated motion relative to the ether, the ether exerts a force effect on the planets and satellites, generating inertial forces (FIT), without which STs simply would not work. But this will be discussed further.

CIRCULAR MOTION

Now we consider a uniform planar rotation of body M (as a homogeneous elastic solid sphere with mass center O and radius r) around its center Z with radius of rotation $R=ZO$ with frequency ω (Fig. 2). Then, in a frame of reference rigidly connected with M, a stationary plane-parallel ether flow runs over the body M with a variable velocity $V = \omega\tilde{R}$, where \tilde{R} is the shortest distance from Z to an arbitrary point of the flow. In this case, it is possible to represent a separate vortex in the vortex lattice of the body in the form of an ellipsoid of rotation, which flows around a plane-parallel circular flow of an ideal etheric fluid. Then from the liquid

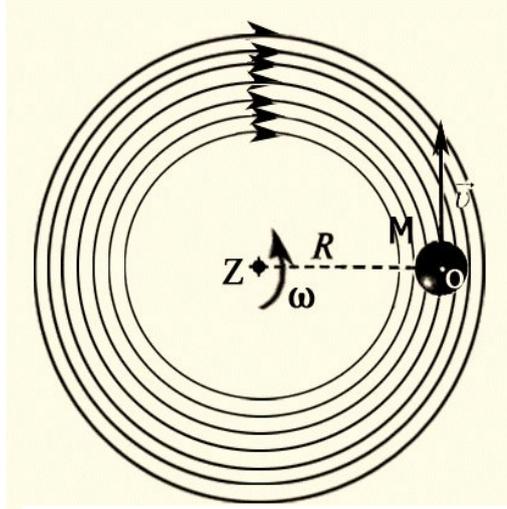


Fig. 2: Body M in a circular stationary ether flow

equilibrium condition we have: $p + \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} = \text{const}$, whence $p = -\rho \omega^2 \vec{r}$ [5, Ch. 2]. Then, as follows from the Ostrogradsky-Gauss formula, the ether drag force acting on the surface S of the vortex is equal to:

$$\vec{H} = -\int_S p \vec{n} dS = -\int_V \nabla p dV = \int_V \rho \omega^2 \vec{r} dV = \frac{\rho \cdot V \cdot \omega^2}{V} \int_V \vec{r} dV = \rho V \omega^2 \vec{R} = m \omega^2 \vec{R},$$

Where m and V are the mass and volume of the vortex, \vec{R} and \vec{r} are the radius vectors of its mass center and the radius vector of a point on the surface of the vortex drawn from the axis of rotation to these points and perpendicular to this axis.

Thus, the ordinary centrifugal force (OCF) acts on an individual vortex on the part of the ether flow that flows around the vortex. The OCF is directed, as it should be, across (normally, $H_y = 0$) to velocity V of the vortex mass center opposite to the rotation axis, which justifies its name "centrifugal force"! Moreover, the OCF is, in fact, a kind of Archimedes force.

It is clear that OCF acting on individual vortices of body M leads to appearance of OCF acting on the whole body as well. For simplicity, let us continue to consider this question on the example of a homogeneous solid sphere M rotating uniformly along a circle with radius of rotation R.

Then the OCF \vec{H} acting on M will be the sum of the OCF forces \vec{H}_i acting on the i-th vortex M.

$$\vec{H} = \sum_{i=1}^N \vec{H}_i,$$

Where N is the number of vortices in the body. Let \vec{r} and \vec{r}_i are the radiuses vectors of the mass center M and the mass center of the i -th vortex belonging to the solid sphere, drawn from the origin of coordinates. At the same time, \vec{R} and \vec{R}_i are similar vectors, but drawn from the axis Oz and perpendicular to it (Fig. 3) and $\vec{h}_i = \vec{r}_i - \vec{r}$. Then

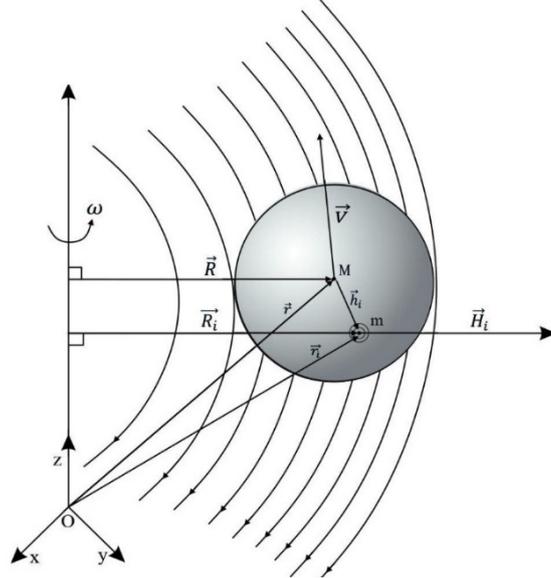


Fig.3. Circular motion of the body M around the

$$\vec{r} = \frac{m \sum_{i=1}^N \vec{r}_i}{N \cdot m} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\vec{r} + \vec{h}_i) = \vec{r} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \vec{h}_i. \text{ Wherefore } \sum_{i=1}^N \vec{h}_i = 0.$$

And since the velocity of the mass center of the i -th vortex is equal to ωR_i , we finally obtain

$$\vec{H} = \sum_{i=1}^N \vec{H}_i = \sum_{i=1}^N \frac{m(\omega R_i)^2}{R_i^2} \vec{R}_i = m\omega^2 \sum_{i=1}^N (\vec{R} + \vec{h}_i) = Nm\omega^2 \vec{R} = M\omega^2 \vec{R} = M \frac{V^2}{R} \cdot \frac{\vec{R}}{R}$$

Where M is the mass of the whole solid sphere, V is the velocity of its mass center. So, not only individual vortices, but the whole macrobody M is affected on the part of ether by the OCF equal to $\frac{MV^2}{R}$. This is that "mysterious" force of counteraction, about which Huygens wrote [3], stretching the string being fastened to which the solid sphere rotates performing uniform circular motion along the circumference. In fact, it is created not by the solid sphere on the third NL, but by the ether. We are talking about transverse motion or centrifugal force of inertia, which in fact is the force of resistance from the ether to change the direction of motion of the body M . And this is assuming the fact that in the longitudinal direction M is not exposed to any resistance from the ether.

And here we come close to an interesting topic, about which much has been broken: if the OCF is real, then a solid sphere fastened to a string, or an astronaut in a space station, move although in a circle, but in the condition of equilibrium of forces? From the point of view of traditional mechanics, this is absurd, because the solid sphere and the astronaut are moving accelerated! But then such motion should be described by the 2nd NL:

$$(1) \quad m\vec{a} = \vec{F}$$

Here \vec{F} is the centripetal force, or CPF, (string tension, gravity, etc.). Where is the OCF here, where is the sum of forces equal to 0? It's very simple:

$$(2) \quad \vec{F} - m\vec{a} = \vec{F} + \left(-m \frac{v^2 \vec{R}}{R^2}\right) = 0$$

In this formulation, $-m\vec{a}$, or more exactly $-m \frac{v^2 \vec{R}}{R^2}$, is the OCF, its sum together with CPF \vec{F} gives physically more correct picture of what happens. It is not without reason that Newton, in his famous work [6] after formulating his 1st law, as one of the examples of inertial motion cited the motion of a gyroscope wheel! "The thrown body continues to hold its motion, since it is not slowed down by air resistance and since gravity does not induce this body downward. A gyroscope wheel, which parts, due to their mutual adhesion, divert each other from rectilinear motion, does not cease to rotate (uniformly), since this rotation is not slowed down by air resistance. Large masses of planets and comets meeting less resistance in free space keep their both translational and rotational motion during much longer time [6]. "

Of course, it may be argued that (2) there is nothing but the D'Alembert principle for NIRS. This is certainly true, although the D'Alembert principle itself is just a convenient abstraction designed to somehow describe what is going on, but it obscures the physics of that very thing. Here comes the semantic collision between universality and axiomatics of three NLs in their traditionalist statement and this simple and strange case of motion in a circle with the zero sum of forces. After all, even schoolchildren know that an elastic body rotating uniformly along a circle on a thread experiences stretching along this thread [4, v.1, p. 227], i.e. behaves as an elongated spring. But springs do not stretch by themselves, but stretch only under the action of forces applied to both (!) their ends. One force acting on the solid sphere is the reaction force of the thread, but what is the second force stretching the solid sphere in the other direction? Our answer is obvious: it is the OCF, the force of interaction between the solid sphere with the ether.

It is the OCF that causes so many different phenomena in real life, such as cars tipping over when entering a turn at too high speed, the need to create a slope towards the turn for cyclists when they turning, and many other things. And it is the OCF combined with gravity, that creates weightlessness on manned space stations. And therefore it is quite real, not "fictitious" as it seems to many people.

ACCELERATED MOTION ALONG A STRAIGHT LINE

Finally, the last case of body motion is the accelerated motion of a body along a straight line under the action of an external force. Let us consider this case using a simple example of central collision of two masses M_1 and M_2 moving with velocities V_1 and V_2 in a straight line

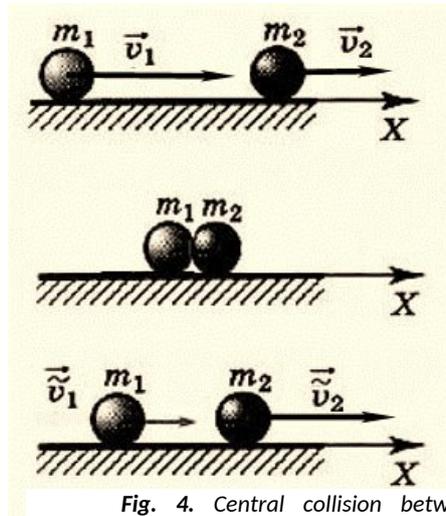


Fig. 4. Central collision between bodies 1

in the same direction along the axis Ox of a stationary frame of reference such that $V_1 > V_2$. Upon that, the body M_1 runs down the body M_2 , and at some point they elastically and centrally collide resulting in an exchange of momentum between them. The bodies themselves move along a plane without friction, and for simplicity they have the shape of spheres (Fig. 4). If \tilde{V}_1 and \tilde{V}_2 are the velocities of bodies M_1 and M_2 after the collision, and m_1 and m_2 are their masses, then, as known:

$$(3) \quad \begin{cases} \tilde{V}_1 = \frac{2m_2V_2 + (m_1 - m_2)V_1}{m_1 + m_2} \\ \tilde{V}_2 = \frac{2m_1V_1 + (m_2 - m_1)V_2}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

and

$$\begin{cases} W_1 = \frac{\tilde{V}_1 - V_1}{\Delta t} = \frac{2m_2(V_2 - V_1)}{(m_1 + m_2)\Delta t} \\ W_2 = \frac{\tilde{V}_2 - V_2}{\Delta t} = \frac{2m_1(V_1 - V_2)}{(m_1 + m_2)\Delta t} \end{cases}$$

Where w_1 and w_2 are the accelerations of bodies M_1 and M_2 , respectively, obtained by them from each other upon their impact, and Δt is the time of impact. From the view of accelerations, it is clear that M_1 slows down, since it is obvious that $W_1 < 0$, and M_2 , on the contrary, accelerates.

What happens to M1 and M2, so to speak, on a "macro-level"? If the IF does not exist at all, then M2 would have to start moving instantly along with M1 as soon as M1 catches up with M2 at speed V_1 . However, the reality is somewhat different. As soon as M1 comes into contact with M2, both bodies, in addition to forward motion, begin to contract, and M2 will increasingly accelerate, and M1, on the contrary, will slow down during the whole Δt , as if forming a single spring (or vibrational circuit) M1M2, which first contracts exactly due to the action of IF (Figure 5), and then, on the contrary, uncompresses due to the action of elastic forces due to the presence of SES in the bodies. At the moment of their maximum expansion,

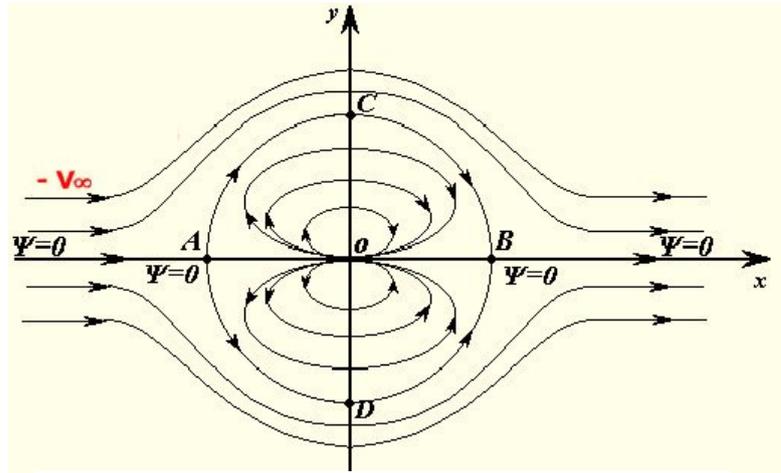


Fig.5: Spherical dipole in a stationary flow. Ψ is the current function.

both bodies start to separate relative to each other, and the M1M2 "spring" disintegrates into its components (if T is the period of oscillation of M1M2 system, then $\Delta t = 3/4T$). In fact, this is the elasticity of interaction in classical mechanics.

Since spontaneous compression of springs is not observed in nature, the described elastic interaction between two bodies can only be explained by the action of some external force, i.e. an IF. The reasons for the appearance of the IF should be sought at the microlevel, i.e. at the level of interaction between the vortex lattice of bodies and the ether relative to which they move.

Before their collision, both bodies were in the established stationary equilibrium current relative to the ether, or more precisely, currents. However, at their impact, these equilibrium currents are broken and become unsteady and accelerated. Because of this, a separate vortex of the body M2 is subjected to a pressure force H from the ether, being opposite to the axis of motion Ox :

$$H = -\lambda_{33}W_2$$

Where λ_{33} is the coefficient of the attached mass of the vortex along the Ox axis. It is known that in the case of spherical vortex $\lambda_{33} = \frac{2}{3}\pi\rho r^3 = \frac{1}{2}m$, where m is the mass of the vortex and r is its radius [5, §§79-80]. Wherefore

$$H = -\frac{1}{2}mW_2$$

In reality, according to our assumptions, by virtue of the fact that the vortex is not a solid, as it is usually accepted in hydromechanics, and by virtue of increasing pressure on the

vortex boundary in the longitudinal direction, the vortex deforms in a certain way. It takes the form of a spheroid of rotation, but flattened in the direction of motion. We believe the reason for such a reaction of the vortex to squeezing from the ether is the fact that in the stationary flow of the ether (see Fig. 5) as an ideal fluid, with velocity V_∞ , its pressure on the circular boundary of the dipole which axis is directed by the flow speed, is distributed according to the law

$$p = p_\infty + \rho \frac{V_\infty^2}{2} \left(1 - \frac{9}{4} \sin^2 \theta \right)$$

Where p_∞ are V_∞ are the pressure and velocity of the ether at infinity, p is the pressure at an arbitrary boundary point, θ is the polar angle of that point in the spherical coordinate system, which in turn is obtained from Bernoulli's equation and because the modulus of the flow rate at the dipole boundary is distributed according to the formula $V = \frac{3}{2} V_\infty \sin \theta$ [7, §69]. Thus, the pressure at the boundary is maximum at critical (polar) points A and B, at $\theta=0$ and π , and equals to $p = p_\infty + \frac{1}{2} \rho V_\infty^2$. At midship (equatorial) points C and D, at $\theta = \pm\pi/2$, p is minimal.

Having accelerated relative to the ether due to the force impact from the SES of its macrobody, the vortex begins to experience excessive pressure especially in the vicinity of critical points A and B. At the same time, the additional pressure generating the pressure force acting on the spherical dipole is created by the accelerating ether flow only due to the derivative of the perturbed potential $-\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t}$, taken with the minus sign. Then the additional pressure on the surface of the spherical vortex will be:

$$\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t} = \frac{\rho r^3 \cos \theta}{2R^2} \frac{dV}{dt} = (R = r) = \rho \frac{r \cos \theta}{2} \frac{dV}{dt}$$

Here r is the dipole radius. The analysis of this formula shows that it is equal to zero at the midpoints (at the equator of the ellipsoid) and maximum at the critical points (at the poles). This distribution of the overpressure potential of the streamline flow (see Fig. 6 in which the excess pressure zones are marked by red arrows) during the accelerated motion of the vortex

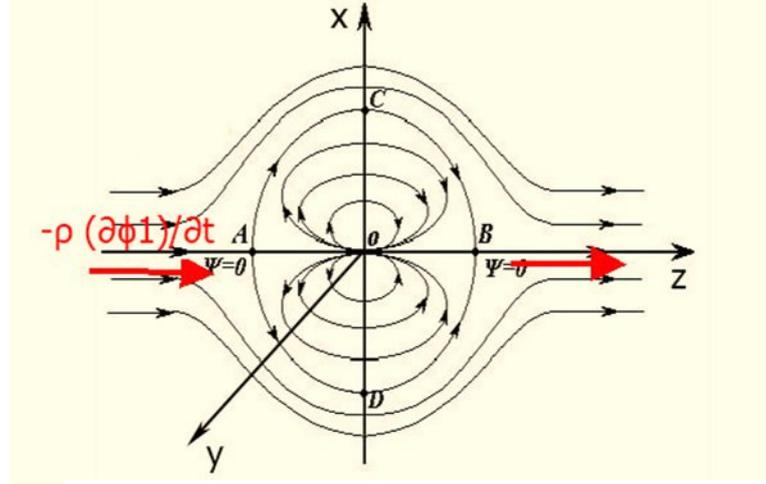


Fig. 6. Dipole spheroid and overpressure during the accelerated motion

leads to a change in the shape of the vortex from a sphere to an ellipsoid flattened in the direction of motion. Indeed, the shape of the dipole boundary is determined by the equality of pressure gradients of the outer flow and its inner flow. A change in one pressure value leads to a change in the other, and hence to a change in the shape of the boundary. The excess pressure $-\rho \frac{\partial \phi_1}{\partial t}$ compresses and throws the dipole forward along the Oz axis into the region of lower pressures, which gives its boundary a spheroid or flattened ellipsoid shape (see Fig. 6).

The force impact from the SES pushes the spheroid back to the region with increased pressure. Thus, from our point of view, all this leads to the fact that vortex spheroids at the moment of acceleration Δt of M2 body experience some oscillatory motion in the lattice with continuous change of their elliptical shape (in first approximation), which can be described by some change in their eccentricities e or compression ratios q in a certain range. And in order to estimate the force effect of the ether on the vortex in this case, it is necessary to estimate what this range can be?

For this purpose, we need to understand a number of other points. Increasing the pressure outside a body leads to its increasing in the internal flow within the dipole accompanied by a temporary slowing down of its average velocity. This should be expressed in the shortening of current lines and the length of the spheroid perimeter compared to the length of the corresponding circle at the stationary flow. However, such deceleration cannot continue without interruption. In fact, before the collision, the circulation inside the vortex in the body M2 was characterized by a dipole momentum of $m_2 = 2\pi r^3 V_\infty$, with $V_\infty = V_2$. After the collision, however, when M2 starts moving in a stationary way with the new velocity $\tilde{V}_2 = W_2 \Delta t + V_2$, the dipole moment will increase and obviously become equal to $\tilde{m}_2 = 2\pi r^3 \tilde{V}_2$. So the momentum must somehow increase, and on the condition that the volume (mass) of the dipole is conserved, isn't it? But when squeezing the dipole, the average circulation velocity in it

should fall, increasing the internal pressure and reducing the momentum m_2 , isn't it? It seems to be a contradiction here. However, such reasoning is true only in the stationary case when $V_\infty = const$. In the case of accelerated motion, however, we must say that $V_\infty = W_2 \Delta t + V_2$. This means that during oscillations of shape and position relative to the SES under conditions of volume conservation, the vortex experiences internal circulation oscillations along current lines as well.

At all mentioned oscillations, the attached mass of the vortex oscillates as well. Therefore, we will try to estimate not this mass itself, but its average value.

As it is known, the length of ellipse L with semi-major axis a and eccentricity e is expressed through the complete elliptic Euler integral $E(e)$ of the second kind as:

$$L = 4aE(e) = 4a \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \varphi} d\varphi$$

If a flattened dipole is derived from a globular dipole of radius r , then the condition of equality of volumes (masses) of two such dipoles gives $a^2 b = a^3 q = r^3$. From where we obtain

$$a = \frac{r}{\sqrt[3]{q}}$$

And finally for the meridian length of any such dipole with compression coefficient $q =$

$$\sqrt{1 - \varepsilon^2} \text{ we obtain: } L(q) = \frac{4rE\left(\sqrt{1-q^2}\right)}{\sqrt[3]{q}} = 4r\tilde{E}(q).$$

Unfortunately, $E(e)$ is not an elementary function. Therefore the graph of the function

$\tilde{E}(q) = \frac{E\left(\sqrt{1-q^2}\right)}{\sqrt[3]{q}}$ had to be plotted using the program wolframalpha: <https://www.wolframalpha.com/> (see Fig. 7).

From the analysis of the graph we can see that there is an interval of values of the compression coefficient $q \in [0.3; 1]$, for values q of which the lengths satisfy the expression $L(q) < 2\pi r$, i.e. the lengths of meridians of spheroids are shorter than the circumference of the globular dipole. That, as we supposed, leads to shortening of the current lines inside the flattened spheroids with such q . Therefore, it is natural to assume that the above oscillations of the shape and size of the vortex spheroids occur within a certain interval $[\alpha; \beta]$ centered at $q_0 = \frac{\alpha + \beta}{2}$ and $0.3 \leq \alpha < \beta < 1$.

In [7] the formula for calculating the attached mass of the spheroid moving in the direction of the smaller half-axis (rotation axis Oz) is given:

$$(4) \quad \lambda_{33} = \frac{4}{3} \rho \pi a^2 b \frac{C}{2-C} = \frac{4}{3} \rho \pi r^3 k_{33} = m k_{33}.$$

Here a and b are the major and minor hemispheres of the spheroid and m is the mass of the dipole, k_{33} is the coefficient of attached mass in translational motion along the axis of Oz , and C is some dimensionless coefficient calculated by the formula:

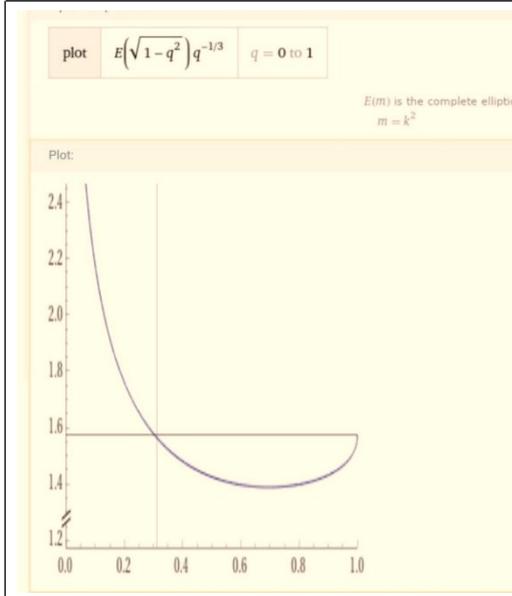


Fig. 7. Length factor $\tilde{E}(q)$.

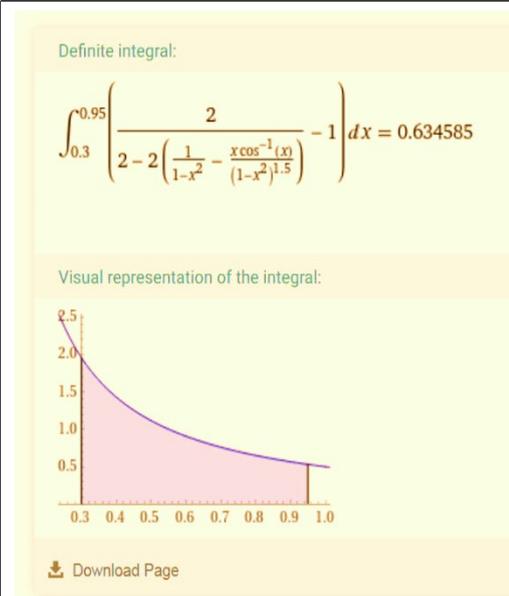


Fig. 8. View of $k_{33}(q)$ and calculation of $\int_{\alpha}^{\beta} \tilde{k}_{33} dq$ with wolframalpha.

$$(5) \quad C = \frac{2}{1-q^2} \left[1 - \frac{q \cdot \arcsin(\sqrt{1-q^2})}{\sqrt{1-q^2}} \right], \quad q = \frac{b}{a}$$

It is clear that at $q=0$ the spheroid degenerates into a flat circle. The value $q=1$ corresponds to a sphere, and formula (5) in this case gives the uncertainty $\infty-\infty$.

In fact, applying the decomposition $\arcsin(x) \approx x + \frac{x^3}{6}$, we obtain $\lim_{q \rightarrow 1} C = 2 \left[\frac{1}{1+q} - \frac{q}{6} \right] = 2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right] = \frac{2}{3}$, hen $k_{33}(1) = \frac{C}{2-C} = \frac{1}{2}$, which gives the attached mass for the sphere $\lambda_{33} = \frac{2}{3} \pi r^3$.

When $q=0$, $C=2$, and $\frac{C}{2-C} = +\infty$ and by continuity it is clear that $k_{33}(q) = \frac{C}{2-C}$ can take any values on the interval $[\frac{1}{2}; +\infty)$, and $k_{33}(q)$ is a decreasing function with minimum $k_{33}(1) = \frac{1}{2}$ (see Figure 8). Note, however, that the vortex cannot shrink into a flat circle (at prerelativistic velocities of motion relative to the ether). And this is another reason why the contraction coefficient q must be located in the interval $q \in [0.3; 1]$. And it is on this interval that $k_{33}(q)$ differs little from a linear dependence.

From (4) we see that to estimate the mean value of the attached mass $\tilde{\lambda}_{33}$, it is sufficient to establish the mean value of its coefficient $\tilde{k}_{33}(q)$ on the interval $[\alpha; \beta]$. And then:

$$(6) \quad \tilde{\lambda}_{33} = m \tilde{k}_{33}$$

We will find the average value of \tilde{k}_{33} by the formula:

$$\tilde{k}_{33} = \frac{\int_{\alpha}^{\beta} k_{33} dq}{\beta - \alpha}$$

From the analysis of the graph $k_{33}(q)$ (Fig. 8) it is clear that there is a point $q_0 \approx 0.5508$, in which $k_{33}(q_0) = 1$. We assume that this is the center (equilibrium point) of the oscillations $q_0 = \frac{\alpha+\beta}{2}$. Below we give a table of values \tilde{k}_{33} at different $[\alpha;\beta]$ (Table 1).

Table 1. Average values of the attached mass ratio.

$[\alpha;\beta]$	[0.5; 0.6]	[0.45; 0.65]	[0.4; 0.7]	[0.3; 0.95]
$\int_a^\beta k_{33} d\mathbf{q}$	0.1005	0.203	0.309	0.634
\tilde{k}_{33}	1.005	1.015	1.03	0.975

The first three values of \tilde{k}_{33} obtained convince us that q_0 is the equilibrium point. If we calculate the arithmetic mean of \tilde{k}_{33} values in the last line of Table 1, we finally obtain that $\tilde{k}_{33} \approx 1.006$. It should be understood that the dipole shape does not change exactly in accordance with the spheroid shape, which gives some stochasticity to the process of dipole oscillations. And due to the fact that there are extremely many dipoles in a macrobody, the law of large numbers begins to work. In other words, taking into account all nonlinear and stochastic factors described above, we can assume that $\tilde{k}_{33}=1$. This, when substituted into (6), it gives the average value of the attached mass of the spheroid:

$$\tilde{\lambda}_{33} = m\tilde{k}_{33} = m$$

That is, $\tilde{\lambda}_{33}$ is in turn simply equal to the mass of the vortex m . Thus, a force acts on the accelerating vortex of body M2 from the part of ether:

$$H = -\tilde{\lambda}_{33}W_2 = -mW_2$$

If we now sum up such forces on all vortices of the body M2, we finally obtain that M2 is acted on the part of ether by the ether resistance force

$$I = -m_2W_2$$

It is the force I that is the same "force of counteraction" from the third NL, which brakes the accelerating body M1! It only arises not from "natural resistance" on the part of the accelerating body M2, as Newton and many natural philosophers and physicists in the past thought, but from the reactive interaction of the accelerating body with the ether. The ether prevents the acceleration of M2 and, through its SES, has a decelerating effect on M1.

As noted earlier, if the ether does not exist, nothing would happen when M1 and M2 collided, and both bodies would inertially translate with velocity V_1 along Ox . No mutual elastic compression and other force interactions would be; they were out of the question. Only the presence of a third agent of interaction, the world ether, makes it possible for the two bodies to interact the way we observe in reality: to contract and exchange impulses according to the formulas (3), and not just for one to be the master and the other to be the slave. Accordingly, the laws of conservation of energy and momentum for closed mechanical systems work for the same reason. Thus, we came to a very simple explanation of the 3rd NL: the counteracting force

(slowing down M1) is created by the ether because of the hydrodynamic effect of attached masses.

Unfortunately, more complicated cases of interaction between bodies with each other, as well as cases of motion of solids in NIRS remain so far beyond the scope of our consideration due to their complexity. Let us make a cautious assumption that even in these cases everything can be explained by the reactive interaction of bodies and frames of reference moving accelerated relative to the etheric inertial background with the world ether, in which they are immersed and the generation of which they are.

CONCLUSION

Thus, based on the simple vortex model of solid macrobodies and widely known principles of hydrodynamics of an ideal incompressible fluid, namely the D'Alembert paradox, the liquid equilibrium condition and the principle of attached masses for potential flows, we have found a fairly simple explanation of perhaps the most mysterious concepts of classical physics and theoretical mechanics - IRS and NIRS, the inertial forces and the inertial motion of bodies. The IRS turned out to be simply any RS moving or resting relative to a homogeneous ether flow. NIRSs are such reference frames that move acceleratedly relative to this flow. If a body moves progressively and with constant velocity relative to the ether, then it does not experience any macroforce influence from the ether and moves in this case according to the 1st NL. This, indeed, is inertial motion. However, the motion of a body with a constant velocity in a circle can also in a sense be considered as a motion by "inertia," although it has non-zero acceleration. The CFF arising in this case balances the centripetal force (reaction of a thread, elastic force, and gravitation) and the body moves under the conditions of equality of forces. This, of course, contradicts the axiomatic (Eulerian) statement of mechanics, but is more consistent with the physics of what happens! Recall that Newton's gyroscope wheel moves by "inertia"! That is, it does not contradict physics, but rather corresponds to it. Here we can notice that Newton himself formulated his second law somewhat differently than it became accepted later: "Law 2. The change in the quantity of motion is proportional to the applied driving force and occurs in the direction of the straight line in which the force acts. In other words, Newton understood accelerated motion as motion resulting in a change in the kinetic energy of the body.

Perhaps it is this formalistic collision that was one of the reasons why during the 250-300 years of development of science they have not been able to solve the "mystery" of inertia. In other words, the etheric nature of inertia and Newton's laws were willingly or unwillingly sacrificed to methodological formalism (axiomatic approach) and formalism of IRS-NIRS, which appeared on its basis. Under such an approach, IFs themselves turned into a chimera of "fictitious" forces of the Universe appearing out of nowhere and disappearing into nowhere. What was used to explain IF and inertial properties of bodies: from their "inborn" nature to frankly wrong principle of equivalence (inertia and gravitation are obviously completely different causes) and to quite exotic torsional fields. In case of etheric approach, all these chimeras dissipate and IF acquire the status of legal and real physical forces of nature. After

all, nature is not obliged to obey our methodological preferences.

REFERENCES

1. Atsyukovskiy V.A. General etherodynamics, 3-rd ed. M.: Energoatomizdat, 2008. P. 63-70.
2. Bychkov V.L., Zaytsev F.S. Matematicheskoye modelirovaniye elektromagnitnykh i gravitatsionnykh yavleniy po metodologii mekhaniki sploshnoy sredy. 2-e izd., rasshir. i dop. M.: MAKS Press, 2019. 41 p. ISBN 978-5-317-06077-0.
3. Golin G.M., Filonovich S.R. Klassiki fizicheskoy nauki (s drevneyshikh vremen do nachala XX v.): Sprav. posobiye. In: Gyuygens Kh. O tsentrobezhnoy sile. M.: Vyssh. shk., 1989. 576 p.
4. Landsberg G.S. Elementarnyy uchebnyy fiziki. V. 1. M.: Nauka, 1964. 227 p.
5. Loytsyanskiy L.G.. Mekhanika zhidkosti i gaza. M.: Nauka, 1957. 111 p.
6. Nyuton I. Matematicheskiye nachala naturalnoy filosofii. per. s lat. A.N.Krylova. M., 1989. 40 p.
7. Riemann I.S. and Kreps P.L. Attached masses of bodies of various shapes. TsAGI Proceedings R 635, 1947. 21 p.
8. Sedov L.I.. Mekhanika sploshnoy sredy. T. 2. M.: Nauka, 1973. 210 p.
9. Khaykin S.E.. Chto takoye sily inertsii. M.: GITTL, 1969. 3 p.
10. Shipov G.I. Teoriya fizicheskogo vakuuma. M.: NT-Tsentr, 1993. 21 p.