Равновесное вращение как Состояние Покоя.

Система Ньютона – часть II.

Дайте мне точку опоры,
и я переверну Мир

Клящицкий Григорий (GK)

Предисловие

Предлагаемая статья является обобщением цикла статей, посвящённых размышлениям над законами Ньютона. Эта работа состоит из трёх частей.
В первой части, «Система Ньютона – Современный взгляд», рассмотрены Законы Ньютона в свете современных концепций. В результате исследований определено Состояние Покоя как особое состояние системы. Законы Ньютона сформулированы в виде обобщённых Положений в терминах инвариантов.
Предлагаемая статья является второй частью этого исследования. Она посвящена рассмотрению различных типов циклических процессов. Циклические процессы рассматриваются как вращения в физических координатах. Показано, что равновесное вращение является Состоянием Покоя. В ходе исследования предложены параметры описания обобщенных процессов вращения, а также возможные инварианты физического вращения.
В заключительной части, «Процессы Покоя – процессы Изменения», рассмотрены процессы Состояний Покоя и процессы Изменения Состояний Покоя. В основу уравнений положены как объективные утверждения, так и предположения о форме инвариантов физического вращения.

СОСТОЯНИЕ ПОКОЯ. ПОЛОЖЕНИЯ (законы Ньютона)

Приведём сводку Положений («Система Ньютона – Современный взгляд»).

Состояние Покоя

Состояние Покоя – это состояние, в котором система будет находиться пока и поскольку она не понуждается внешним воздействием изменить это состояние.

Положения (Законы Ньютона)

Первое Положение (1А):

В Состоянии Покоя все Инварианты системы остаются неизменными.

$$\mathbf{\Phi = const} \qquad \text{(I)}$$

Второе Положение (2А):

Изменение инварианта системы в результате внешнего воздействия пропорционально приложенному воздействию и совпадает с направлением, в котором это воздействие происходит.

$$\boldsymbol{\Pi \sim \partial\Phi} \qquad \text{(II)}$$

Третье Положение (3В):

В результате воздействия двух систем друг на друга изменения инвариантов систем между собой равны и имеют противоположный знак.

$$\Delta\Phi^{A} = -\Delta\Phi^{B} \qquad \text{(III)}$$

1 Процессы Покоя

Состояние Покоя нередко воспринимается как отсутствие процессов. Системы Аристотеля-Ньютона в неявном виде определяют это свойство через ограничения параметров системы в Состоянии Покоя – координат и скоростей.

Новая трактовка Состояния Покоя меняет это представление. В соответствии с определением, Состояние Покоя более не предполагает отсутствие процессов. Напротив, ***Состояние Покоя представляет собой процессы, протекающие в системе, на которые накладываются определённые ограничения.***

Естественно, возникает вопрос, каким условиям должны отвечать Процесы Покоя? Это условие следует из Первого Положения. Процессы Покоя должны соответствовать ограничениям Состояния Покоя:

Процессы (Состояния) Покоя – это процессы, при которых инварианты *(процесса)* ***сохраняют свои значения.***

РАВНОВЕСНОЕ ВРАЩЕНИЕ

2 Вращательное движение

Системы Аристотеля и Ньютона выделяют равномерное прямолинейное движение в особый класс. Аристотель, кроме того, говорит о равномерном вращении. Ньютон в своих законах не оговаривает равномерное вращательное движение как особое состояние системы. Однако, если вспомнить проблему, которая стояла перед Ньютоном, то становится ясно, что он решал задачу неизменного состояния системы, основанного на вращении (движение планет вокруг Солнца). Эти факты являются косвенным указанием на связь вращения и Состояния Покоя.

2.1.1 Примеры систем вращения

Давайте взглянем на вращательные системы.

Вращение тела по круговой орбите

При движении тела по окружности действующая сила в каждой точке траектории направленна перпендикулярно вектору линейной скорости в этой точке. Векторное произвединие силы и элементарного перемещения даёт величину 0. То есть сила, направленная к центру, не совершает работу и не меняет кинетическую энергию системы. Такая система будет сохранять неизменное состояние.

Космические системы

Планетарные системы

Планеты совершают движение по эллиптическим орбитам вокруг звезды-центра. Подобная система является устойчивой и может находиться в неизменном состоянии неопределённое время.

Звёздные системы

Системы Двойных Звёзд являются характерным примером равномерного устойчивого вращения.

Галактики

Галактика является вращательной системой, в центре которой лежит гравитационный центр (Черная Дыра). Система обладает устойчивостью и сохраняется неизменной во времени.

Галактические кластеры

Галактический кластер представляет собой множество галактик, вращающихся вокруг супертяжёлого центра. Система устойчива и неизменна во времени.

Ротор (гироскоп)

Вращающийся ротор (любого типа) будет сохранять вращение во времени при отсутствии сопротивления (среды и опоры). При этом инварианты ротора будут оставаться неизменными.

Электрический ток

Электрический ток, возбуждённый в замкнутом контуре сверхпроводника, будет сохранять свои характеристики во времени.

Атом

Электрон, вращающийся вокруг ядра по характерной орбите, сохраняет своё состояние во времени неизменным.

2.2 Состояние Покоя и Равновесное Вращение

Совершенно очевидно, что

Система (тело), испытывающая равномерное вращение, может обладать свойством «Покоя». Такая система остаётся неизменной во времени вплоть до того момента, пока внешнее воздействие не выведет её из исходного состояния.

Состоянию Покоя отвечают условия, определяемые Первым Положение:

В Состоянии Покоя все Инварианты системы остаются неизменными.

Определим Равновесное Вращение:

Равновесное Вращение – вращение, при котором все инварианты вращения остаются постоянными.

Из определения следует, что:

Равновесное Вращение является Состоянием Покоя.

Говоря о движении мы обычно выделяем класс равномерного движения. Что есть равномерное вращение и как равномерное вращение соотносится с равновесным вращением? На эти вопросы нам необходимо дать исчерпывающий ответ.

2.2.1 Равномерное Вращение

Как определить равномерное вращение? Большинство людей понимают под равномерным вращением движение с постоянной угловой скоростью. Для движения по окружности это несомненно так и есть. Но если тело движется по более сложной замкнутой траектории?

Планетарное вращение

Вращение планет по эллиптическим орбитам вокруг Солнца происходит в соответствии с законами Кеплера. Второй закон определяет кинетику этого движения:

<u>Второй закон Кеплера (закон площадей)</u>

Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает собой равные площади.

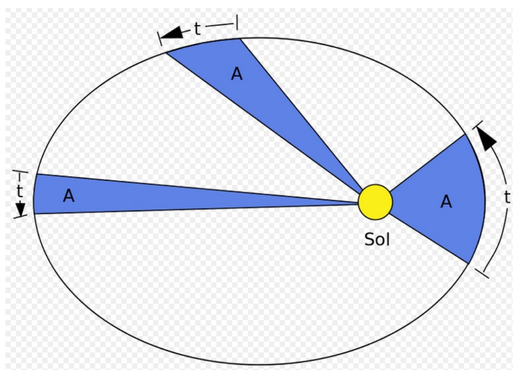

Рис 1. Траектории планет Солнечной системы за равные промежутки времени

Закон Кеплера определяет геометрию процесса. Является ли движение, определяемое законом Кеплера, равномерным вращением?

3 Параметры вращательного движения

3.1 Скорость

Прежде чем исследовать вращательные процессы, посмотрим, как мы описываем вращательное движение. Начнем с понятия скорости. Скорость является основной характеристикой движения. Давайте рассмотрим, как она определяется.

Простейшим случаем движения является прямолинейное равномерное движение. Изначально скорость вводится для этого случая. Она определяется как расстояние, которое тело проходит в единицу времени.

Главной характеристикой процесса движения являются координаты точки (объекта). В общем случае произвольного движения эта характеристика не позволяет определить параметры движения, так как между двумя точками (моменты времени t_0 и t_1) можно провести множество траекторий. Однако в простейшем случае прямолинейного движения, координаты точки оказываются достаточными для описания движения. Взяв координаты точки в моменты времени t_0 и t_1, можно определить характеристики движения.

Более сложные случаи движения строятся на разбиении траектории на малые участки, на которых движение можно считать прямолинейным и равномерным. Общий характер движения определяется путём суммирования (интегрирования) по рассматриваемому промежутку времени отдельных малых участков.

Таким образом, в основании определения движения и понятия скорости лежат координаты точки и прямолинейное движение. Этот подход распространяется на все типы движения.

Аксиома движения

Тот факт, что мы имеем дело с различными типами движения, является очевидным утверждением. К простейшим типам можно отнести:

- Прямолинейное равномерное движение;
- Непрямолинейное равномерное движение;
- Прямолинейное неравномерное движение;
- Равноускоренное движение;
- Вращение с постоянным радиусом и неизменной угловой скоростью;
- Вращение по эллиптической орбите (равномерное или неравномерное);
- Вращение по сложной замкнутой кривой или поверхности.

Список можно продолжать, но различные типы движения мы рассматриваем с одних и тех же позиций или в одних и тех же параметрах. На деле мы исследуем движения, используя аксиому, которую в явном виде не определяем, аксиому умолчания. Суть её можно сформулировать следующим образом:

Все виды движения описываются в одних и тех же переменных, которыми являются координаты точки и время.

Как и все аксиомы, это положение принимается без доказательств (и даже без озвучивания). Основанием для всеобщего согласия является соображение о том, что всё это движение, и потому должно описываться в единых параметрах (изначально используемых для прямолинейного равномерного движения).

Мы вернёмся к обсуждению этой аксиомы позднее, но сначала рассмотрим ситуацию с иной точки зрения.

3.2 Характеристики вращательного движения

3.2.1 Инварианты движения

Важнейшей характеристикой процесса движения является импульс. Но это когда речь идёт о линейном движении. Когда мы переходим к вращению, то мы «вдруг» отказываемся от импульса и переходим к моменту импульса.

Иными словами, вращение не может быть охарактеризовано импульсом, поскольку это не является инвариантом вращательных процессов. Для вращения вводится (не разъяснив проблемы) другая характеристика, момент импульса, которая в свою очередь не характеризует линейное движение. Согласитесь, что если все типы движений должны описываться в одних и тех же терминах, то наличие разных инвариантов для разных типов движения является нарушением базисной аксиомы.

По-ходу отметим, что момент импульса отличается от импульса на величину радиус-вектора.

3.2.2 Внешнее воздействие

Другой важнейшей характеристикой процесса является взаимодействие с окружением. Для линейных перемещений – это сила. Но в случае вращательного движения, сила оказывается «не подходящей» характеристикой, и мы (без дополнительных разъяснений) используем момент силы.

Весьма примечательный факт, момент силы отличается от силы на радиус-вектор.

3.2.3 Характеристика процесса

В случае линейного движения пространственные координаты точки являются достаточными для описания процесса. А в случае вращения?

Совершенно очевидно, что в случае вращения координаты точки в состояниях 1 и 2 являются недостаточными для определения характеристик движения. Можно предложить в качестве характеристики три точки, которые однозначно определяют окружность. Но это применимо лишь в случае вращения с постоянным радиусом. В общем случае три точки не позволяют однозначно определить параметры движения.

Для определения вращательного движения в дополнение к координатам необходимо указать центр вращения. Иными словами, как и в предыдущих случаях в качестве характеристики процесса кроме координат точки необходимо указывать радиус-вектор.

3.3 Параметры вращения

3.3.1 Аксиома движения

Итак, напомним, что мы молчаливо приняли аксиому универсальности параметров для любых типов движения. Предшествующее исследование позволяет усомниться в применимости аксиомы для всех видов движения. В таком случае разумно предложить иную аксиому, которая может звучать следующим образом:

Различные типы движения могут описываются в различных переменных.

В частности, система параметров вращательного движения может быть иная, чем система параметров линейного движения. Из этого возникает вопрос, какую систему следует использовать для описания вращения?

Вопрос о параметрах описания процесса является ключевым. В статье «Философия Законов Ньютона» законы сформулированы как общефилософские положения, выявляющие основные взаимоотношения в самых разных системах. В такой трактовке *задача исследователя сводится* к тому, чтобы ***определить параметры системы, в которых её описание будет соответствовать Положениям*** *(законам Ньютона)*. В этом и состоит принцип, предлагаемый в качестве основы для выбора параметров описания системы. Чтобы выявить систему параметров, правильно отражающих процесс, давайте рассмотрим Положения с этой точки зрения.

3.3.2 Основной параметр вращения

Приведём возможную формулировку Первого Закона с учётом рассмотренных выше случаев:

Тело находится в состоянии *покоя или равномерного прямолинейного либо* ***равномерного вращательного движения в отсутствии действия на него внешней силы.***

Нас сейчас интересует вращательное движение, поэтому речь пойдёт именно о нём. Итак, утверждается, что в Состоянии Покоя система будет находиться в равномерном вращении. Что понимать под равноменым вращением?

В соответствии с Первым Положением, Состоянию Покоя отвечает неизменность инвариантов. Для момента импульса можно записать:

$$L = const \qquad (2.1)$$

Рассмотрим простейший случай вращения неизменной массы с постоянным радиусом. Момент импульса имеет вид:

$$L = m * (r \times v) \qquad (2.2)$$

При неизменной массе выражение (2.1) становится:

$$r \times v = r^2 * \omega = const \qquad (2.3)$$

Обозначим вращательную скорость: ϑ = r x v. Скорость показывает изменение основного параметра в единицу времени. Соотношение (r^2 * ω) определяет площадь сегмента, покрываемого радиус-вектором за исследуемый период времени.
Давайте сравним определение линейной скорости с вышеприведённым утверждением:

- Скорость есть расстояние, которое точка проходит в единицу времени.
- Вращательная скорость есть площадь сектора, покрываемого радиус-вектором в единицу времени.

Оба утверждения идентичны по-сути. Разница состоит в том, что является основным параметром системы. Если в случае линейного движения основным параметром является перемещение, то в случае вращения, основным параметром является площадь сектора, описанного радиус-вектором вращающейся точки. Отсюда следует, что:
Основным параметром вращения является площадь сектора, покрываемого радиус-вектором:

$$\boldsymbol{ʋ = ½ * r^2 * α} \quad (3.1)$$

Нетрудно заметить, что связь между предлагаемым параметром вращения (3.1) и традиционно используемым (длина дуги, пройденная точкой: s = r * α) проходит через радиус-вектор, аналогично выявленным ранее закономерностям. Всё это указывает на то, что наш вывод согласуется с общей картиной вращения.

3.4 Характеристики вращения

3.4.1 Вращательная скорость

Теперь можно получить выражение для вращательной скорости. Скорость представляет собой производную главного параметра процесса по времени:

$$\boldsymbol{\vartheta} = ∂ʋ/∂t = ½*r^2 * ∂α/∂t + r*α * ∂r/∂t \quad (3.2)$$

или

$$\boldsymbol{\vartheta = ½*r^2*ω + r*α* ∂r/∂t} \quad (3.3)$$

При условии неизменности радиуса вращения (**r** =const), вращательная скорость принимает вид:

$$\boldsymbol{\vartheta = ½*r^2*ω} \quad (3.3.1)$$

Вектор $\boldsymbol{\vartheta}$ совпадает с вектором **ω** по направлению. Выражение (3.3.1) соответствует (2.3) с точностью до коэффициента.

3.4.2 Момент импульса

Момент импульса в линейных параметрах имеет вид:

$$L = r \times p \quad (3.4)$$

где p – импульс **m*v**;

r – радиус вращения.

Подставив выражение импульса и вынеся массу, имеем:

$$L = m * (r \times v) \qquad (3.4.1)$$

Выражение **(r x v)** при (r =const) представляет собой вращательную скорость (3.3.1):

$$r \times v = r^2 * \omega = 2\vartheta \qquad (3.4.2)$$

Тогда, момент импульса будет:

$$\mathbf{L = 2^* m * \vartheta} \qquad (3.5)$$

Используя (3.3), получим:

$$\mathbf{L = m^*\omega^*r^2 + 2^*m^*r^*\alpha^* \partial r/\partial t} \qquad (3.6)$$

При условии (r=const), (3.6) превращается в привычное выражение момента импульса:

$$L = m^*\omega^*r^2 \qquad (3.7)$$

3.4.3 Кинетическая энергия

Энергия является важнейшим инвариантом системы. Особое значение энергия имеет потому, что является «универсальным» инвариантом. Свойство универсальности означает, что энергия, определяемая для различных физических процессов, должна находиться в согласии, то есть стыковаться как по размерностям, так и по величине.

Если рассматривать движение, то его характеристикой является кинетическая энергия. Какое выражение принимает кинетическая энергия вращения в рассмотренных параметрах?

Если исходить из аналогии:

$$E_c = m * \vartheta^2 / 2, \qquad (3.8.1)$$

то получим:

$$E_c = m * (½^*\omega^*r^2 * + r^*\alpha^*\partial r/\partial t)^2 / 2 \qquad (3.8.2)$$

При условии (r =const), (3.8.2) превращается в:

$$E_c = m * \omega^2 * r^4 / 8 \qquad (3.8.3)$$

В отношении кинетической энергии мы имеем серьёзное расхождение. Кинетическая энергия, выраженная через линейную скорость, имеет вид:

$$E_c = m * v^2 / 2 \qquad (3.9.1)$$

При подстановке угловой скорости в выражении линейной скорости (v = ω * r) имеем:

$$E_c = m * \omega^2 * r^2 / 2 \qquad (3.9.2)$$

Формула (3.8.3) отличается от (3.9.2) не только коэффициентом (1/4), но и множителем r^2.

Если подвергнуть предлагаемые формулы анализу размерностей, то также получаем весьма необычную картину. Размерность (3.9.2) выглядит: (кг м^2/с^2) = (н м) = (Дж).

Вращательная скорость ϑ имеет размерность (м^2/с), а не (м/с). Это не должно вызывать у читателя удивление, так как мы определили вращательную скорость как «площадь сегмента в единицу времени» (3.1). Тогда размерность энергии по (3.8.1) становится: (кг $м^4/с^2$) = (н $м^3$) = (Дж $м^2$).

Момент импульса, имеющий размерность ($м^2$ кг/с), полностью соответствует (3.5): (кг $м^2/с$).

Вращение с постоянным радиусом

Можно рассмотреть простейший случай вращения с постоянным радиусом (r =const) Тогда соотношение между импульсом и энергией выглядит:

$$E_c = ½ \, p * v \qquad (3.10.1)$$

где p – импульс (кг м/с).

Размерность выражения (3.10.1): (кг м/с * м/с) = (кг $м^2/с^2$) = (н м) = (Дж).

Если выразить соотношение между энергией и моментом импульса, то имеем:

$$E_c = ½ \, (L / r) * v = ½ \, L * \omega \qquad (3.11)$$

Можно выразить угловую скорость через (3.3.1). Тогда (3.11) принимает вид:

$$E_c = L * \vartheta / r^2$$

В этом случае мы получим качественное соответствие между энергией и моментом импульса: (кг $м^2/с$ $м^2/с$ / $м^2$) = (кг $м^2/с^2$) = (н м) = (Дж). Выражение энергии принимает вид:

$$\mathbf{E_c = L * \vartheta / r^2} \qquad (3.12)$$

Используя выражение для момента импульса (3.5), получим:

$$\mathbf{E_c = 2 * m * \vartheta^2 / r^2} \qquad (3.13)$$

Размерность справа (3.12 и 3.13) представляется как (кг $м^4/с^2/м^2$) = (н м) = (Дж).

В развёрнутом виде кинетическая энергия имеет вид:

$$\mathbf{E_c = 2 * m/r^2 * (½ * \omega * r^2 * + r * \alpha * \partial r/\partial t)^2} \qquad (3.14)$$

При (r =const), (3.14) превращается в:

$$E_c = m*\omega^2*r^4 / (2 \, r^2) = m*\omega^2*r^2 / 2 \qquad (3.15)$$

(3.15) находится в полном согласии с кинетической энергией.

3.4.4 Равномерное Вращение

Равномерное движение мы привязываем к понятию постоянной скорости. В таком случае, используя предложенные параметры, можно определить равномерное вращение:

Равномерное вращение – это вращение с неизменной вращательной скоростью ϑ:

$$\boldsymbol{\vartheta} \mathbf{= const} \qquad (3.16)$$

Условие (3.16) соответствует неизменности момента импульса (при m= const) (см 3.5):

$$\mathbf{L = const} \qquad (3.17)$$

равномерное вращение соответствует постоянству момента импульса.

В статье «Система Ньютона – Современный взгляд» отмечалось, что утверждение постоянства линейной скорости в Первом Законе Ньютона не является абсолютным. Оно выполняется лишь при условии неизменности массы тела. Аналогичное замечание верно и в отношении равномерного вращения. Постоянство вращательной скорости соответствует Состоянию Покоя при условии неизменности массы. В общем случае Состоянию Покоя соответствует неизменность момента импульса.

3.5 Равновесное и Равномерное Вращения

Рассмотрение показывает, что *равномерное вращение соответствует условию неизменности момента импульса (при неизменной массе)*.
Равновесное вращение по определению *соответствует неизменности всех инвариантов: момента импульса и энергии*.

Выводы

Параметры вращения

Координаты, как параметр движения, отражают линейное движение. Следствием этого является одномерность параметра – перемещение.
Процесс вращения имеет две составляющие. Представление процесса в одномерной координате даёт искажённую картину процесса. Результатом этих обстоятельств является несоответствие линейных параметров процессу вращения.
Двумерность процесса вращения с необходимостью приводит к определению вращения в двумерных координат. Отражением этого является тот факт, что геометрическому вращению соответствуют координаты площади, а не длины.

Равновесное и Равномерное Вращения

Отношение между этими типами вращения становится вполне определённым:

- Равномерное вращение может не отвечать требованиям равновесного вращения.
- Равновесное вращение является равномерным вращением (при неизменной массе).

ФИЗИЧЕСКОЕ ВРАЩЕНИЕ

4 Синусоидальная функция и вращательное движение

Синусоидальная функция хорошо изучена и широко распространена. Я не стану повторять её характеристики, а лишь кратко напомню путь, которым мы пришли к синусоидальной функции.

Мы рассматриваем равномерное вращение материальной точки A на пространственной плоскости X-Y вокруг центра O (Рис 1).

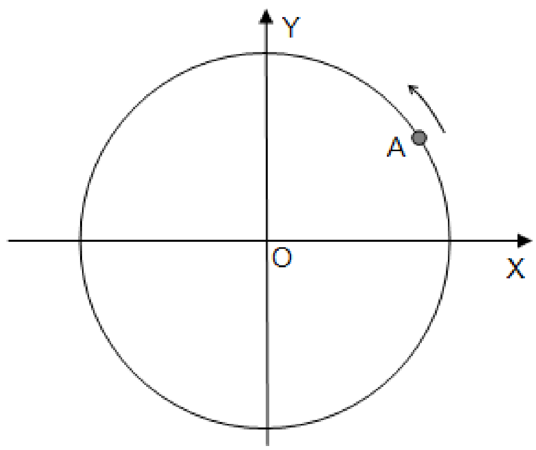

Рис 1. Вращение точки

Поскольку вращение происходит в плоскости X-Y, ось Z можно не отображать. По сути, наблюдатель видит движение точки A со стороны оси Z.

Любое движение всегда является процессом во времени. Ось времени играет определяющую роль, однако в нашей системе (Рис 1) ось времени не отображается(?).

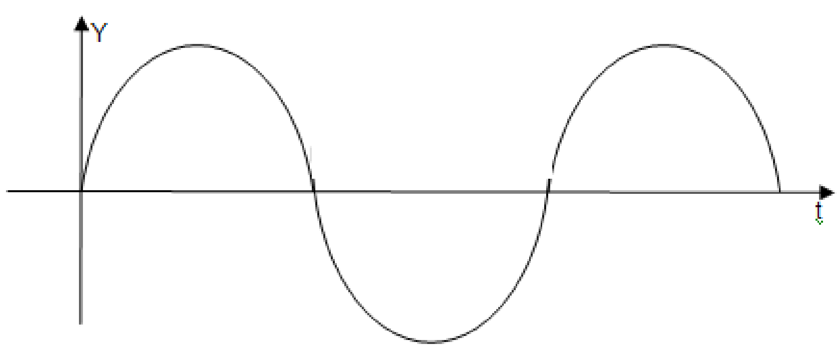

Рис 2. Проекция координаты Y во времени

Поскольку время является определяющей переменной процесса, то мы теперь рассматриваем проекцию X и проекцию Y точки от времени. Проекция Y от времени является синусоидой (Рис 2); проекция X от времени – косинусоидой.
Ещё раз отметим, что мы рассматриваем двумерную картину (Рис 1), в которой время не отображается. Затем меняем пространственые проекции X-Y на пространственно-временные X-t и Y-t, рассматривая их независимо друг от друга.

Если исследовать синусоиду самостоятельно, то есть вне связи с вращением, то движение точки происходит неравномерно. Процесс характеризуется изменением скорости по величине и по знаку. Ускорение также ведёт себя неравномерно, постоянно меняя значение и знак. В соответствии со Вторым Законом Ньютона, вторая производная по времени (ускорение) напрямую связана с действующей силой F (при постоянной массе – прямо пропорциональна). Действующая сила также постоянно испытывает изменение. Так как мы рассматриваем проекцию на ось Y, то сила и перемещение параллельны, что приводит к заключению о том, что на точку в процессе движения действует внешняя сила, совершающая работу. Рассмотрение синусоиды ведёт нас к заключению о неравномерности процесса, описываемого синусоидой, и о влиянии внешнего воздействия (сила F) на процесс вцелом.
Это заключение находится в явном противоречии с предыдущими выводами о равномерном вращении как Состоянии Покоя. Причина такого расхождения проста и кроется в нашем анализе. Мы вырезали часть процесса и рассматриваем одну составляющую самостоятельно вне контекста второй составляющей. Если рассматривать обе составляющие как единый процесс вращения, то мы придём к заключению о постоянстве силы (в сферических координатах), которая направлена к центру вращения. Весь процесс характеризуется постоянством (скорости и ускорения) и отсутствием процесса передачи энергии. Как мы видели, полноценный вращательный процесс является Состоянием Покоя. То есть, такой процесс происходит без обмена энергией с окружающей средой и в отсутствии потерь продолжается неопределённое время.
В противоположность ему, процесс, описываемый только одной синусоидой, является энергоёмким и требует непрерывной подпитки энергии для своего поддержания. Такой процесс является быстро затухающим, даже в отсутствии потерь на трение, и не может происходить длительное время. В качестве примера вы можете рассмотреть колебательный контур, из которого удалена одна составляющая, например конденсатор. В такой цепи для поддержания колебаний придётся непрерывно затрачивать энергию, значительно большую, чем требуется для полного контура.

Это приводит нас к неожиданному выводу:

Если имеется волновой процесс, описываемый синусоидой, то существует вторая составляющая процесса (косинусоида), которая дополняет его до полного вращения.

Вторая составляющая необязательно будет той же природы. Она может быть иной физической (если речь идёт о физическом процессе) природы.

4.1.1 Вращение точки в координатах X-Y-t

В начале этой главы мы отметили, что вращение точки происходит в плоскости X-Y (Рис 1), и мы видим процесс с позиции оси Z. Поскольку перемещения по оси Z не происходит, то эту ось можно не отображать. Но ось времени играет важнейшую роль в рассматриваемом процессе. В этом смысле можно также сказать, что на Рис 1 наблюдатель видит процесс с позиции оси времени. Вращение точки было бы разумно отобразить в трёхмерном пространстве X-Y-t. В системе X-Y-t точка движется по спирали (Рис 3).

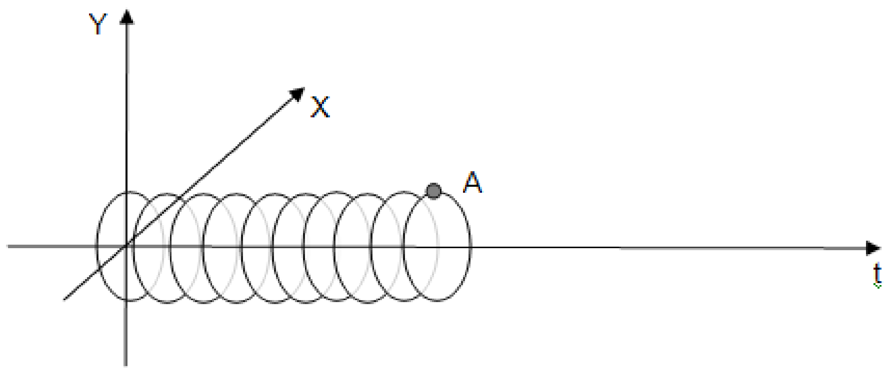

Рис 3. Вращательное движение точки в системе X-Y-t

В проекциях X-t, Y-t движение точки в системе X-Y-t представлено на Рис 4.

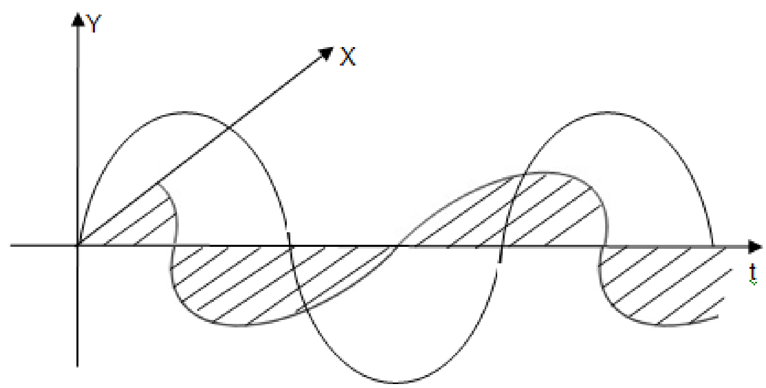

Рис 4. Вращение точки в проекциях системе X-Y-t

Из рисунка наглядно видно, как вращательное движение в пространстве X-Y-t раскладывается на синусоидальную и косинусоидальную проекции в плоскостях Y-t и X-t соответственно.

5 Гармонические колебания

Мы предполагаем, что

Процесс, описываемый гармонической функцией, представляет собой вращение в соответствующих координатах.

Чтобы пояснить наше предположение, рассмотрим колебания различной природы.

5.1 Механические системы

5.1.1 Шарик на пружинах

Рассмотрим пример из механики: шарик на пружинах (Рис 5).

Если вывести шарик из равновесия, он будет совершать колебательные движения. Читатель спросит: где здесь вращение или вторая составляющая, как предполагается в статье?

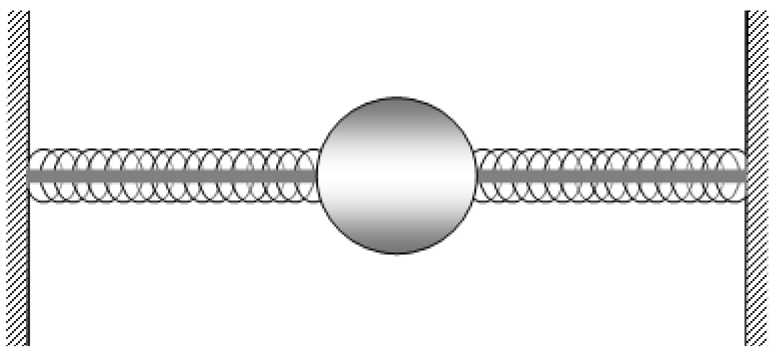

Рис 5. Колебания шарика на пружинах

Перемещение шарика описывается косинусоидой (5.1.1), которая будет незатухающей, если сопротивление среды и трение равны нулю.

$$x = a\cos(t) \qquad (5.1.1)$$

где a – максимальное отклонение шарика.

Колебания шарика имеют две энергетические составляющие: кинетическую (шарика E_k) и потенциальную (пружины E_p). Суммарная энергия системы остаётся неизменной (Состояние Покоя):

$$E_\Sigma = E_k + E_p = const \qquad (5.1.2)$$

Кинетическая энергия описывается известным выражением:

$$E_k = \int I_m\, \partial v = (m * v^2) / 2 \qquad (5.1.3)$$

где $I_m = m*v$ – импульс шарика (5.1.3i)

v – скорость шарика.

Скорость, как первая производная перемещения по времени, будет соответственно:

$$v = \partial x/\partial t = a\sin(t) \qquad (5.1.4)$$

Тогда выражение кинетической энергии примет вид:

$$E_k = m * (a \sin(t))^2 / 2 \qquad (5.1.3a)$$

Или, обозначив $(m*a^2)/2 = k_m$, получим:

$$E_k = k_m * \sin^2(t) \qquad (5.1.3b)$$

Потенциальная энергия сжатой пружины выражается как:

$$E_p = \int F \, \partial x \qquad (5.1.5)$$

где F – сила сжатой пружины. Поскольку пружин две:

$$F = 2 (k * x) \qquad (5.1.6)$$

Подставляя (5.1.6) в (5.1.5), получим:

$$E_p = 2k * x^2 /2 \qquad (5.1.7)$$

Подставляя (5.1.1) в (5.1.7), получим:

$$E_p = k * a^2 \cos^2(t) \qquad (5.1.7a)$$

Обозначив $(k*a^2) = k_p$, получим:

$$E_p = k_p * \cos^2(t) \qquad (5.1.7b)$$

Подставляя (5.1.3b) и (5.1.7b) в (5.1.2), получим:

$$E_\Sigma = k_m*\sin^2(t) + k_p*\cos^2(t) = const \qquad (5.1.8)$$

Уравнение (5.1.8) описывает окружность (при синхронизации масштабов). Если по оси X откладывать силу (пружин), действующую на шарик (5.1.6), а по оси Y – импульс шарика I_m, то движение шарика будет отображаться окружностью (Рис 6).

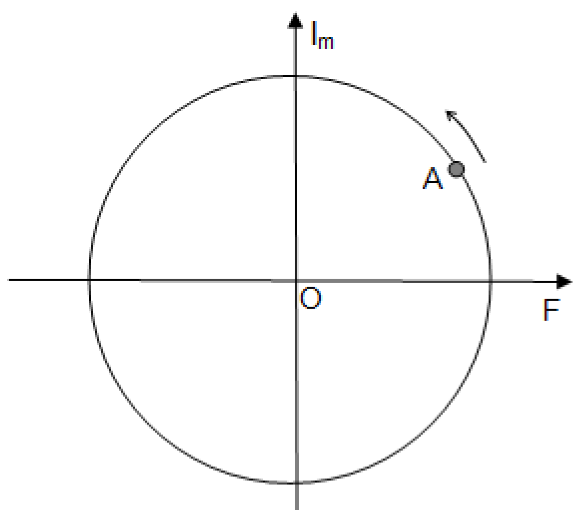

Рис 6. Движение шарика в координатах сила-импульс

Поскольку сила линейно зависит от перемещения (5.1.6), а импульс – от скорости (5.1.3i), можно рассмотреть координаты смещение-скорость (x-v) (Рис 7).

Действительно:

$$E_\Sigma = E_k + E_p = (m * v^2) / 2 + (2k * x^2) /2 \qquad (5.1.2a)$$

или

$$E_\Sigma = k_1 * v_A^2 + k_2 * x_A^2 = const \qquad (5.1.9)$$

x_A и v_A – проекции радиус-вектора ɍ на горизонтальную и вертикальную оси соответственно.

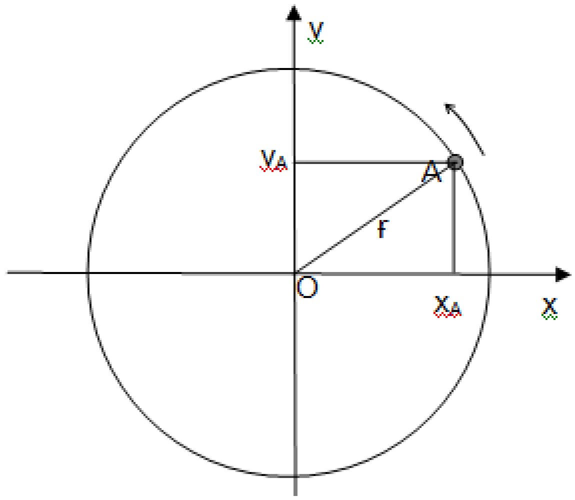

Рис 7. Движение шарика в координатах перемещение-скорость

При этом, *квадрат радиуса окружности ɍ² пропорционален суммарной энергии E_Σ* :

$$\mathbf{E_\Sigma \sim ɍ^2} \qquad (5.1.10)$$

Мы намеренно избегаем использование традиционного обозначения r для радиуса окружности. Поскольку речь идёт не о геометрических, а о физических координатах, смысл радиуса окружности совсем иной (5.1.10). Впредь мы будем использовать символ ɍ для обозначения радиуса окружности в физических координатах.

Пример шарика показывает, что представление волны как составляющей процесса вращения отвечает действительности, хотя определение обеих составляющих вращения не всегда является очевидным.

5.1.2 Маятник

Движение маятника (Рис 8) подобно колебаниям шарика: вращение происходит в плоскости потенциальная-кинетическая составляющие. Разница между ними в том, что физическая природа потенциальной составляющей иная.

При колебаниях маятника суммарная энергия системы остаётся неизменной:

$$E_\Sigma = E_k + E_p = \text{const} \qquad (5.1.2)$$

Угол отклонения от вертикали также описывается волновой функцией:

$$\alpha = b\cos(t) \qquad (5.2.1)$$

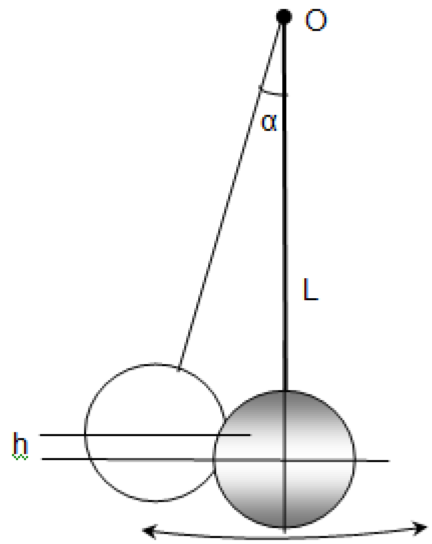

Рис 8. Движение маятника

Соответственно, перемещение груза по дуге будет описываться выражением:

$$x = L * \alpha = L * (b \cos(t)) \qquad (5.2.2)$$

Уравнение для кинетической энергии (5.1.3) сохраняются неизменными. Всилу (5.2.2), уравнение (5.1.4) не меняет свой вид (обозначив L*b = a). В результате уравнения (5.1.3a), (5.1.3b) сохраняются неизменными.

Выражение потенциальной энергии (5.1.5) принимает вид:

$$E_p = \int F \, \partial h \qquad (5.1.5a)$$

где F есть сила притяжения:

$$F = m * g \qquad (5.2.3)$$

Тогда выражение потенциальной энергии примет вид:

$$E_p = m * g * h \qquad (5.2.4)$$

Высота h определяется как:

$$h = L * (1 - \cos(\alpha)) \qquad (5.2.5)$$

Выражение (1 – cos(α)) можно преобразовать в:

$$1 - \cos(\alpha) = [(1 - \cos(\alpha)) * (1 + \cos(\alpha))] / (1 + \cos(\alpha))$$

или:

$$1 - \cos(\alpha) = (1 - \cos^2(\alpha)) / (1 + \cos(\alpha)) = \sin^2(\alpha) / (1 + \cos(\alpha))$$

При малых α, полагая 1 + cos(α) = 2 и sin(α) = α, получаем:

$$1 - \cos(\alpha) = \alpha^2 / 2$$

Подставляя (5.2.1), (5.2.5) преобразуется в:

$$h = L / 2 * b^2 \cos^2(t) \qquad (5.2.5a)$$

Тогда (5.2.4) примет вид:

$$E_p = (m*g*L* b^2 / 2) * \cos^2(t) \qquad (5.2.5b)$$

или

$$E_p = k_p * \cos^2(t) \qquad (5.2.6)$$

Тогда (5.1.2) примет вид:

$$E_\Sigma = k_m*\sin^2(t) + k_p*\cos^2(t) = const \qquad (5.1.8)$$

Что соответствует окружности при синхронизации масштабных коэффициентов.

Если рассматривать движение маятника в координатах высота-скорость, движение маятника будет отображаться окружностью (Рис 9). Действительно, в соответствии с (5.1.4) и (5.2.5a):

$$v^2 + h^2 = k_1*\sin^2(t) + k_2*\cos^2(t) = const \qquad (5.2.7)$$

что при синхронизации масштабов (k_1 и k_2) приводит к уравнению окружности.

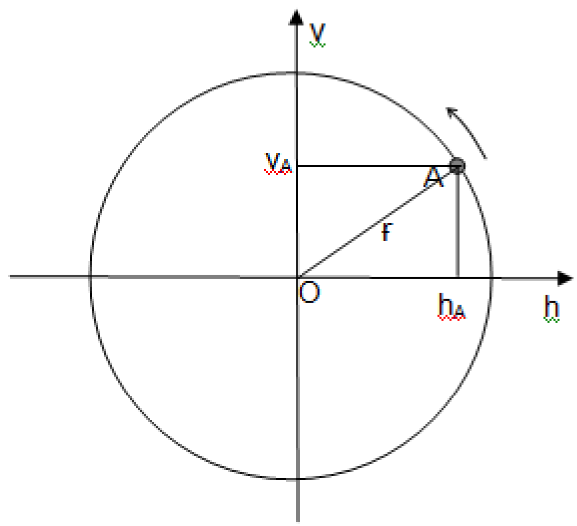

Рис 9. Движение маятника в координатах высота-скорость

Снова отметим, что к*вадрат радиуса окружности r^2 пропорционален суммарной энергии E_Σ*.

Можно утверждать, что «незатухающее» волновое движение является вращательным процессом в соответствующих координатах. Термин «незатухающее» взят в кавычки, поскольку на практике затухание процесса является следствием рассеяния энергии.

В технике существуют примеры, когда используется только одна составляющая процесса вращения. Например швейная машинка Singer версии 12 и её аналоги используют линейное возвратно-поступательное движение челнока (Рис 10).

Этот пример аналогичен движению шарика при отсутствии потенциальной составляющей (отсутствие пружин). Затухание движения такого механизма происходит очень интенсивно. Даже при хорошей смазке и качественных поверхностях (минимум потерь на трение) маховик останавливается едва сделав один оборот. Последующие версии машин Singer, или швейные машины Wheeler&Wilson №8 и №9 (выпущенные в то же время, что и Singer №12), использующие полноценное вращательное движение, показывают значительно лучшие кинетические характеристики (4-5 оборотов до полной остановки маховика).

Рис 10. Челночный механизм линейного возвратно-поступательного типа

5.2 Жидкости и газы

Было бы разумно рассмотреть волновое движение в жидкой и газовой средах. Следует сказать, что это непростые вопросы требующие серьёзного математического аппарата. В этой статье мы не станем углубляться в сложности этого вопроса и оставим его для последующего рассмотрения.

5.3 Электромагнитные колебания

5.3.1 Колебательный контур

Колебательный контур является простейшим устройством электромагнитных колебаний. Принцип действия и разбор процессов можно посмотреть в различных источниках, посвящённых этой теме. Используемые здесь схемы и уравнения контура приводятся из статьи «Колебательный контур: что это такое?».

Колебательный контур – это замкнутая электрическая цепь, состоящая из конденсатора ёмкостью C и катушки с индуктивностью L, в которой могут возбуждаться собственные колебания, обусловленные перекачкой энергии между электрическим полем конденсатора и магнитным полем катушки. Схема контура представлена на Рис 11.

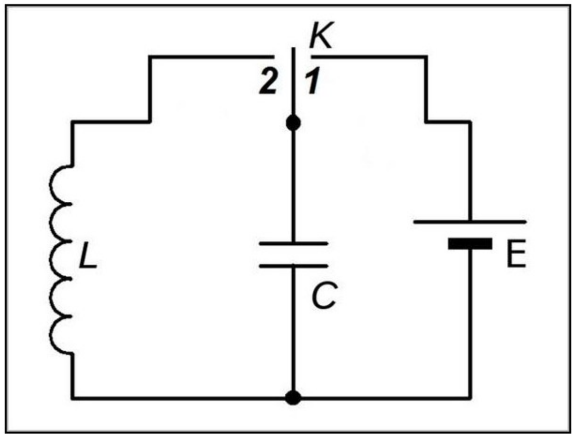

Рис 11. Схема идеального колебательного контура

Зарядка контура производится в положении переключателя «2». В процессе зарядки конденсатор запасает заряд q_0. Энергия конденсатора определяется формулой:

$$W_e = (C^* U^2) / 2 \quad (5.3.1)$$

или

$$W_e = q^2 / (2 * C) \quad (5.3.2)$$

Колебания в контуре происходят при замыкании контура (переключатель в положении «1»). В результате замыкания, в цепи начинает протекать электрический ток I, возбуждающий в катушке магнитное поле. Энергия магнитного поля катушки определяется формулой:

$$W_m = (L^* I^2) / 2 \quad (5.3.3)$$

Рис 12. Изменение тока и напряжения в цепи контура

Вследствие того, что конденсатор периодически обменивается энергией с катушкой и наоборот, напряжение и ток в электроцепи меняются по синусоидальному закону, причем напряжение по фазе отстает от тока на четверть периода (Рис 12).

На Рис 12 оси тока и напряжения совмещены. На деле это две различные составляющие, которые следовало бы нанести ортогонально друг к другу. В таком случае схема изменения тока и напряжения в контуре полностью совпадет со схемой вращения точки (Рис 13).

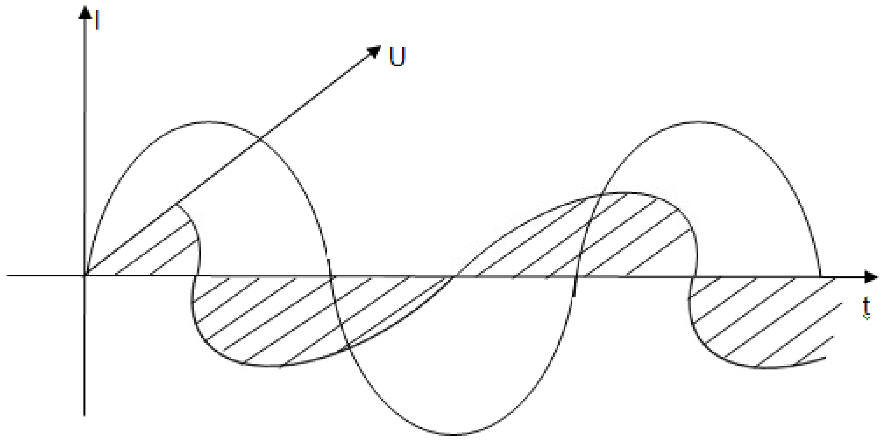

Рис 13. Изменение тока и напряжения в цепи контура в системе U-I-t

К этому же заключению можно подойти иначе. Общая энергия колебательного контура W_Σ, состоящая из энергии электрического поля в конденсаторе W_e и энергии магнитного поля в катушке индуктивности W_m, сохраняется неизменной:

$$W_\Sigma = W_e + W_m = const \qquad (5.3.4)$$

Подставляя (5.3.1) и (5.3.3) в (5.3.4), получим

$$W_\Sigma = C/\ 2 * U^2 + L/\ 2 * I^2 = const \qquad (5.3.5)$$

Уравнение (5.3.5) является уравнением окружности в координатах U-I (при синхронизации масштабов) (Рис 14). Поскольку ток и напряжение меняются по синусоидальному и косинусоидальному законам, получаем уравнение равномерного вращения:

$$L/\ 2 * \sin^2(t) + C/\ 2 * \cos^2(t) = const \qquad (5.3.6)$$

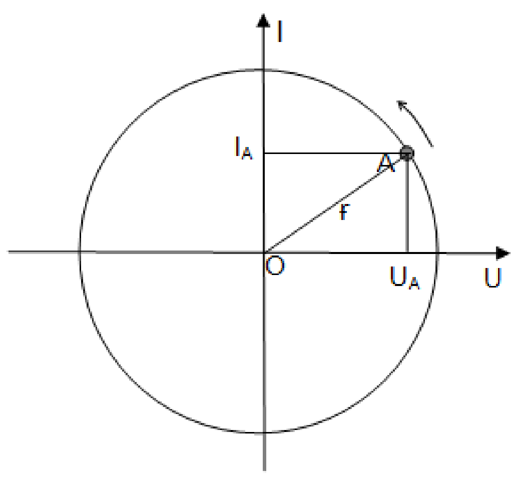

Рис 14. Колебания контура в координатах напряжение-ток

Вновь следует отметить, что *(5.3.5)*:

квадрат радиуса окружности r^2 пропорционален полной энергии системы W_Σ.

5.3.2 Электромагнитная волна

В данном случае предлагается рассматривать электрическую и магнитную составляющие как две компоненты процесса вращения. Если представить процесс в координатах Е-Н, где Е – напряжённость электрического поля, а Н – напряжённость магнитного поля, то в таких координатах электромагнитная волна представляется как «вращение» точки (Рис 15).

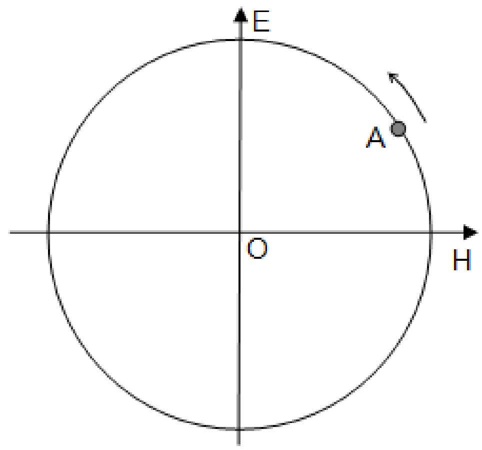

Рис 15. «Вращение» в электромагнитных координатах

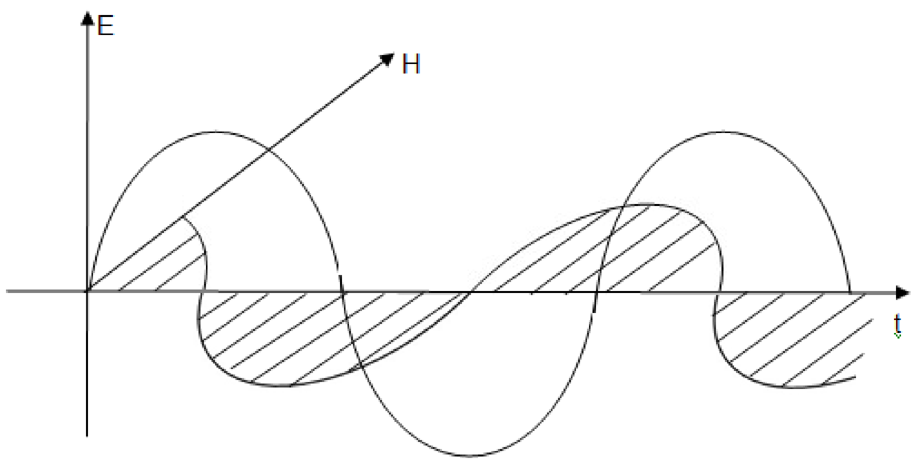

Рис 16. Движение электромагнитной волны в проекциях H-E-t

Развертка по оси времени превратится в электромагнитную волну (Рис 16). Интересно отметить, что электромагнитную волну часто изображают как две синусоиды (Рис 17).

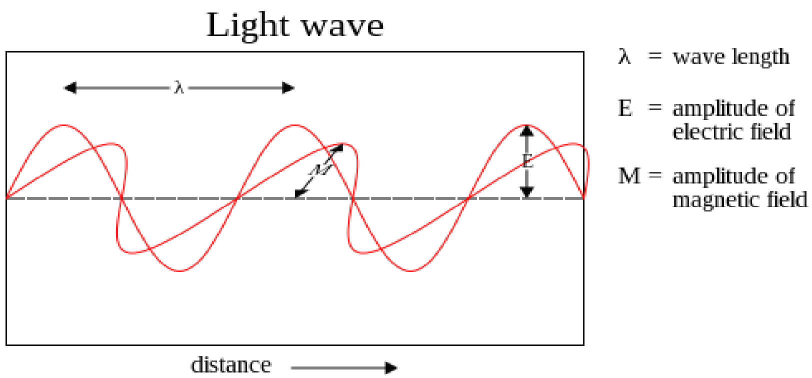

Рис 17. Электромагнитная волна (интерпретация статей)

На Рис 17 магнитная и электрическая составляющие имеют нулевое значение в определённых точках, что является явным несоответствием физическому процессу.
Совершенно очевидно, что волна представляет собой комбинацию синусоиды-косинусоиды (Рис 16), и между электрической и магнитной составляющими должен быть сдвиг на π/2. Этот пример показывает, насколько важным является процесс всестороннего понимания явления, выявления его отдельных сторон и связывания их в единое целое.

Отметим, что волновые процессы отличаются высокой степенью устойчивости и в отсутствии рассеяния энергии будут протекать с неизменными характеристиками. Эти процессы по своей природе не приводят к передаче энергии вовне или поглощению её извне. Это объясняется «вращательным» характером волновых процессов, что делает их частью Состояния Покоя.

6 Обобщение Физического Вращения

Физическое вращение – есть циклический процесс взаимного обмена энергией, протекающий между двумя или более физическими составляющими.

В предыдущей главе мы показали, что волновое движение есть вращение системы в соответствующих координатах. При этом путь, которым мы пришли к этому выводу, оказывается в своей основе одинаковым для разных систем. Можно описать логику нашего подхода в общем виде, не привязываясь к конкретному объекту.

Для начала сформулируем условия физического вращения:

1. Процесс состоит из двух составляющих, имеющих разную физическую природу.
2. Между компонентами происходит непрерывный процесс взаимного обмена энергией.
3. Система является замкнутой, то есть все инварианты системы (включая суммарную энергию) сохраняются.
4. Энергия каждой физической составляющей выражается как квадрат соответствующей физической переменной.

5. Зависимости физических переменных от времени определяются синусоидой (косинусоидой).

Обозначим физические компоненты знаками p и q. Тогда условие (3) для энергии запишется:

$$W_\Sigma = W_p + W_q = const \qquad (6.1)$$

По условию (4) каждую составляющую можно записать как:

$$W_p = k_1 * p^2 \qquad (6.2.1)$$

$$W_q = k_2 * q^2 \qquad (6.2.2)$$

Подстановка (6.2.1) и (6.2.2) в (6.1) даёт уравнение окружности в проекциях p-q (Рис 20):

$$W_\Sigma = k_1 * p^2 + k_2 * q^2 = const \qquad (6.3)$$

Квадрат радиуса окружности (r) выражает суммарную энергию системы W_Σ.

Если выполняется условие 5, то из (6.3) получаем:

$$W_\Sigma = k_1 * \sin^2(t) + k_2 * \cos^2(t) = const \qquad (6.4)$$

Волновой процесс представляет собой спиралеобразное движение системы в координатах p-q-t (Рис 18).

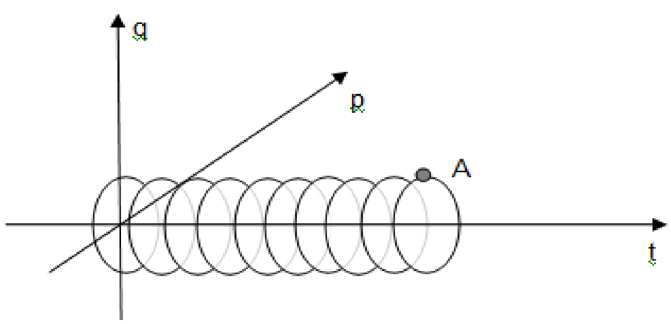

Рис 18. Волновой процесс в координатах p-q-t

Этот же процесс в проекциях p-q представляет собой косинусоиду и синусоиду (Рис 19):

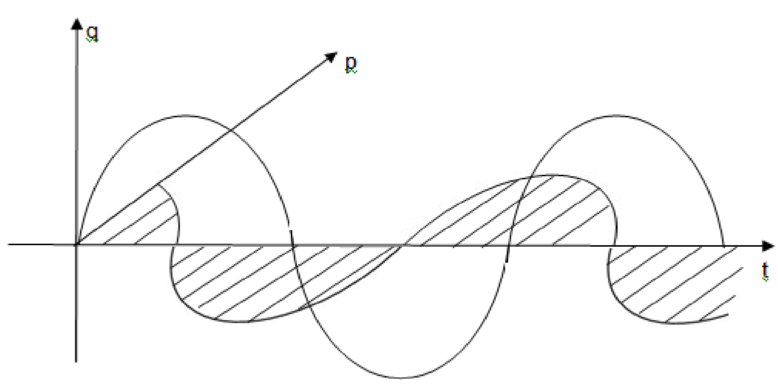

Рис 19. Волновой процесс в проекциях координат p-q

Из представленных рассуждений можно сделать следующие выводы:

При соблюдении условий 1–5, волновые процессы являются вращением в соответствующих координатах. (Рис 20)

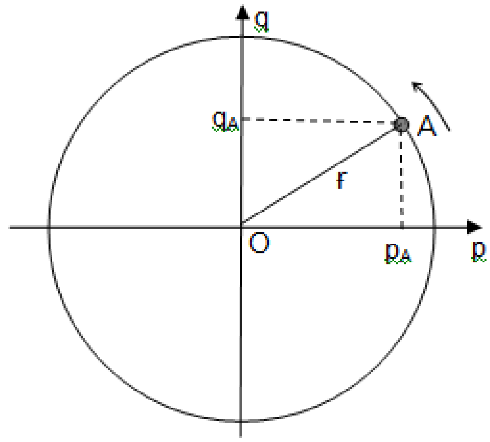

Рис 20. «Вращение» в координатах p-q

6.1.1 Энергия обмена

Обозначим энергию процесса W_{Σ} *энергией обмена* $\boldsymbol{\varepsilon}$. Как мы видели выше,

Энергия обмена ε пропорциональна квадрату радиуса окружности (r), представляющей процесс как вращение в физических координатах:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = k_{\varepsilon} * r^2 \qquad (6.5)$$

где k_{ε} – коэффициент пропорциональности.

Связь энергии обмена с квадратом радиуса вращения можно переписать иначе:

$$2 * k^{\varepsilon} * \boldsymbol{\varepsilon} = r^2 \qquad (6.6)$$

где k^{ε} – коэффициент пропорциональности.

Связь между обеими коэффициентами определяется как:

$$k_{\varepsilon} = 1/(2\, k^{\varepsilon}) \qquad (6.7)$$

6.2 Пространственное вращение как разновидность физического вращения

Мы рассмотрели пространственное и физическое вращения как самостоятельные типы процессов. Возможно ли объединить оба типа в единый процесс?

В статье «Система Ньютона – Современный взгляд» сделан вывод, что: *параметры описания процесса должны представлять собой инварианты.* В этом контексте пространственное движение можно описывать в терминах импульсов. Поскольку импульс является векторной величиной, мы можем рассматривать вращение как процесс в двух физических составляющих: $\mathbf{p}_x$ и $\mathbf{p}_y$ (Рис 21).

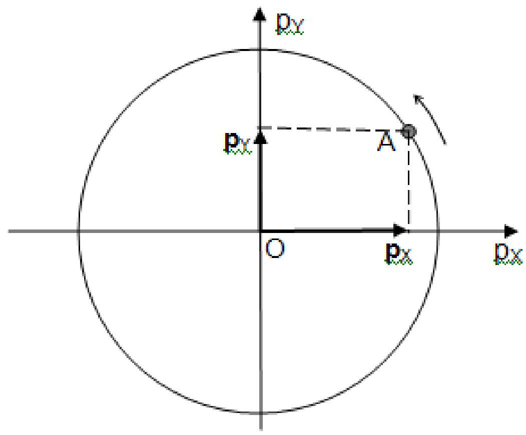

Рис 21. Вращение в координатах импульсов ($\mathbf{p}_x$, $\mathbf{p}_y$)

При таком представлении пространственное вращение становится физическим процессом, при котором происходит обмен энергией двух направлений. Представление в виде импульсов аналогично (при неизменных массах) представлению в координатах скоростей (Рис 22).

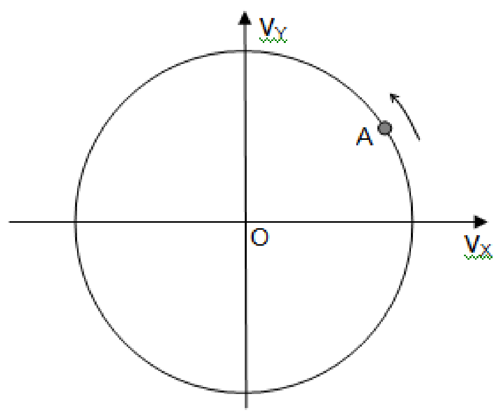

Рис 22. Вращение в координатах скоростей ($\mathbf{v}_x$, $\mathbf{v}_y$)

Хотя кинетическая энергия является скалярной величиной, но можно говорить о двух составляющих кинетической энергии, связанных с импульсами $\mathbf{p}_x$ и $\mathbf{p}_y$: $E^к_x$ и $E^к_y$. В таком случае, процесс можно интерпретировать как обмен энергией между компонентами $E^к_x$ и $E^к_y$, и *пространственное вращение в параметрах скоростей/импульсов соответствует* *условиям физического вращения* (A).

Выводы

Циклический процесс как Вращение

***Процесс, описываемый циклической функцией, представляет собой вращение в соответствующих координатах*.**

Волновой процесс всегда имеет две составляющие: «синусоиду и косинусоиду», которые дополняют его до полного вращения. *Обе составляющие необязательно будут одинакового типа и могут различаться по физической (если речь идёт о физическом процессе) природе.*

Как это ни странно, но в повседневной практике мы нередко используем синусоиду самостоятельно. Примером может служить энергетическая политика. Например летом мы тратим энергию на охлаждение зданий; зимой – на обогрев. Мы имеем явную (негармоническую) «синусоиду», при которой основные затраты энергии необходимы непрерывно, вне зависимости от знака функции и направления процесса. Термин основные затраты означает, что мы говорим не о потерях на «трение», а об обеспечении протекания процесса, даже при условии полного отсуствия потерь (100% эффективность).
Другим примером может служить транспорт, когда в условиях города мы непрерывно ускоряемся и тормозим. Особенно подобная схема выглядит неэффективной для общественного транспорта.
Решением проблемы (всегда) является реорганизация процесса с нахождением возможности второй составляющей – косинусоиды. Например на железнодорожном транспорте торможение электропоездов осуществлялось за счёт переключения электродвигателей в режим электрогенераторов. Качественно аналогичные решения предлагаются и в энергетике для решения ряда задач, например накопление воды в верхних резервуарах в одной части общего цикла при использовании её как источника электроэнергии в другой части цикла.
Как видите, синусоидальный процесс в отдельном виде с энергетической точки зрения является не просто неэффективным, но катастрофическим. Можно сказать, что подобный процесс является не синусоидальным, а суициидальным, и в естественных условиях протекать не может.

Вращение в физических координатах

Исследуя различные волновые процессы, мы приходим к выводу, что в*ращение можно рассматривать как процесс в физических параметрах.*

1. Гармонические колебания, характеризующиеся синусоидой, представляют собой одну составляющую процесса вращения. Если в процессе обнаружена синусоидальная зависимость, то необходимо существует вторая составляющая процесса – косинусоида, дополняющая процесс до полного вращения.
2. Вращение происходит в пространственных, а также в физических координатах.
3. Пространственное вращение представляет собой разновидность физического вращения

Физическое Вращение

Физическое вращение – есть циклический процесс взаимного обмена энергией, протекающий между двумя или более физическими составляющими.

Энергия обмена

Энергия обмена ε пропорциональна квадрату радиуса окружности (r), представляющей процесс как вращение в физических координатах.

ВРАЩЕНИЕ В ТРЁХМЕРНОМ ФИЗИЧЕСКОМ пространстве

Вращательный процесс всегда отображается как движение в плоскости. Говоря о физическом вращении, возможно вращение в трёхмерном и более координатном пространстве. При этом обмен энергией будет происходить между тремя (или более) физическими составляющими. Например, можно представить циклический процесс в координатах электрическая-тепловая-механическая составляющие или химическая-электрическая-тепловая составляющие.

7 Вращение в трёхмерном физическом пространстве

7.1.1 Трёхмерное пространственное вращение

Обычно мы видим геометрическое вращение как процесс в двумерном пространстве. На деле пространство трёхмерно, и представляя вращение как движение по окружности в плоскости (x, y), мы выбираем координатные оси совпадающими с плоскостью вращения. При произвольном выборе осей, мы получим вращение по пересечению сферы с плоскостью вращения. В самой плоскости вращение образует окружность. Проекции окружности на плоскости (x, y), (x, z), (y, z) образуют эллипсы.

7.1.2 Противоречие равномерного вращения

Равномерное вращение и Состояние Покоя

Рассматривая равномерное вращение, возникает вопрос: *соответствует ли равномерное вращение Состоянию Покоя***.**

Если равномерное вращение отвечает Состоянию Покоя, то это с необходимостью требует (Первое Положение) неизменности всех инвариантов вращения. Вращательное движение характеризуется двумя инвариантами:

- Моментом Импульса:
- Кинетической энергией.

Равномерное вращение определяется постоянством вращательной скорости. При равномерном вращении с неизменным радиусом мы имеем полное соответствие. В то же время равномерное вращение не всегда соответствует условиям, определяемым Первым Положением. При вращении по эллиптической орбите ситуация иная. *Равномерное вращение по эллиптической (или подобной) орбите характеризуется постоянством Момента Импульса; Кинетическая Энергия при этом изменяет значение в процессе вращения.*

Таким образом, рассматривая равномерное эллипсное вращение, мы имеем противоречие с предлагаемой теоретической базой.

Трёхмерное вращение и Состояние Покоя

Равномерное вращение по эллиптической траектории противоречит Первому Положению: кинетическая энергия процесса изменяется циклически. С другой стороны,:

- пространственное вращение есть разновидность физического вращения
- возможно вращение в трёхмерном физическом пространстве
- вращение в трёхмерном пространстве отображается в плоскостях в виде эллипсов.

Объединив отмеченные особенности, можно предположить, что при вращении по эллиптической траектории мы имеем дело с вращением в трёхмерном физическом пространстве. Это действительно так.

Рассматривая движение планеты вокруг Солнца, мы учитываем гравитационное взаимодействие между Солнцем и планетой. Эту составляющую мы называем Потенциальной энергией. Таким образом, движение планеты вокруг Солнца представляет собой вращение в трёхмерном физическом пространстве:

- кинетическая энергия $E^{к}_{x}$;
- кинетическая энергия $E^{к}_{y}$;
- потенциальная энергия гравитационного поля P^{g}.

При таком рассмотрении указанное выше противоречие:

$$E^{к}_{x} + E^{к}_{y} \neq const \qquad (7.1.1)$$

разрешается:

$$\mathbf{E^{к}_{x} + E^{к}_{y} + P^{g} =} const \qquad (7.1)$$

Этот факт вряд ли кого-нибудь удивит. Ведь Закон Сохранения Энергии лежит в основе трактовки вращения планет по орбитам. Новым является представление процесса как вращения в трёхмерном физическом пространстве.

Говоря об энергии как инварианте, уместно напомнить, что инвариантом процесса является полная (а не кинетическая) энергия. При рассмотрении линейного движения в потенциальном поле (как пример) кинетическая энергия изменяется (7.1.1). При этом полная энергия системы остаётся неизменной (7.1).

8 Примеры трёхмерного вращения

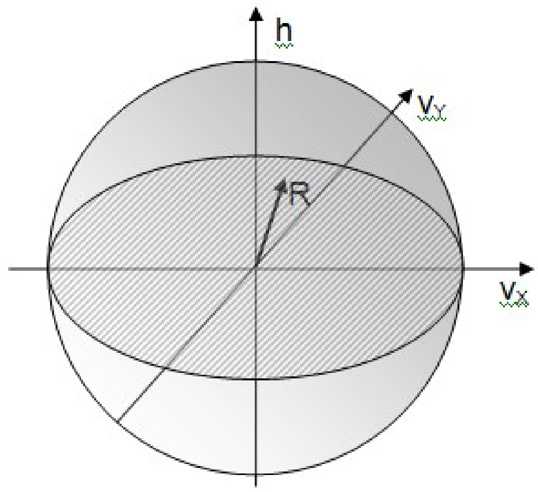

Рис 23. Вращение в трехмерном пространстве ($\mathbf{v_x}$, $\mathbf{v}_y$, h)

Рис 23 демонстрирует качественное представление трёхмерного вращения, объединяющего геометрическое вращение и физический процесс в единое целое.

Конкретное решение подобной задачи представляет определённый интерес и поможет глубже понять предлагаемый подход. С этой целью можно рассмотреть два случая вращения, имеющие принципиальные отличия.

8.1 Упругое вращение

Упругое вращение объединяет два процесса: вращательное пространственное движение тела А вокруг центра О и упругое взаимодействие тела А с центром О. Пример схематически представлен на Рис 24. Вращение представляет собой трёхмерный процесс:

- движение вдоль оси (X);
- движение вдоль оси (Y);
- упругое движение вдоль радиуса (r).

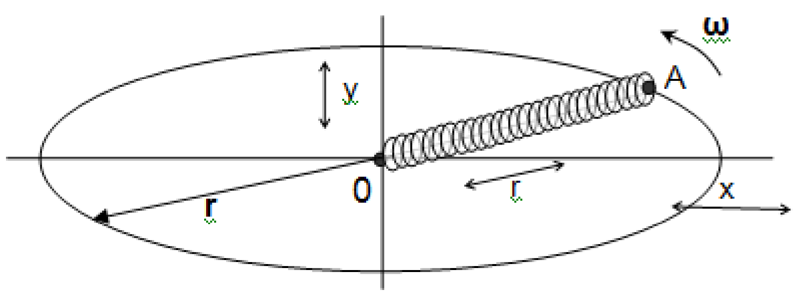

Рис 24. Упругое Вращение

Упругое движение описывается законом Гука:

$$\mathbf{F_u = k_u * r} \quad (8.2.1)$$

где F_u – сила упругости;

k_u – коэффициент упругости;

r – деформация (полагаем, что сила действует от нулевой точки).

Тогда упругая потенциальная энергия определяется выражением:

$$\mathbf{E_u = k_u * r^2 / 2} \quad (8.2.2)$$

Кинетическая энергия по осям выразится выражениями:

$$\mathbf{E^к_x = m * v_x^2 / 2} \quad (8.2.3)$$

$$\mathbf{E^к_y = m * v_y^2 / 2} \quad (8.2.3а)$$

В соответствии с (7.1) получаем:

$$m*v_x^2/2 + m*v_y^2/2 + k_u*r^2/2 = const \quad (8.2.4)$$

$$\mathbf{m*v_x^2 + m*v_y^2 + k_u*r^2 =} const \quad (8.2.5)$$

Выражение (8.2.5) представляет собой уравнение эллипсоида в координатах (v_x, v_y, r), которое может быть приведино к сфере (Рис 25). Формула (8.2.5) преобразуется как:

$$(\mu*v_x)^2 + (\mu*v_y)^2 + (k_{u1}*r)^2 = const \quad (8.2.5а)$$

где $\mu = m^{1/2}$; $k_{u1} = k_u^{1/2}$.

Операция приведения к сферической форме (8.2.5а) имеет ясный физический контекст. Все составляющие в уравнении (8.2.5) имеют смысл энергии. В этом случае вполне обоснованным выглядит выбор по всем осям единого масштаба, приведённого к единицам энергии. Именно эту операцию мы и осуществляем при переходе от (8.2.5) к (8.2.5а).

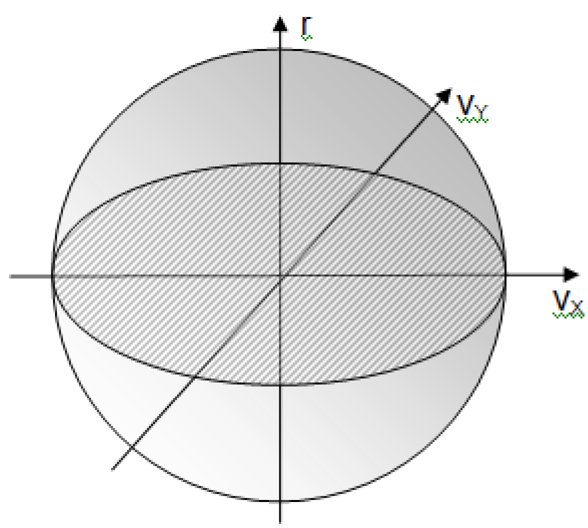

Рис 25. Упругое вращение в пространстве (**v_x**, **v_y**, r)

Поскольку все переменные v_x, v_y, r являются гармоническими функциями от времени, то движение точки в пространстве (v_x, v_y, r) становится вращательным движением по поверхности сферы.

8.2 Гравитационное вращение

Гравитационное вращение (Рис 26) «подобно» упругому вращению. Однако есть существенная разница: гравитационное взаимодействие описывается законом:

$$\mathbf{F_g = k_g / r^2} \qquad (8.3.1)$$

Это различие приводит к серьёзным последствиям и вращение в гравитационном поле происходит иначе. При этом изменяется не только закономерность движения, но центр вращения смещается в один из фокусов эллипса.

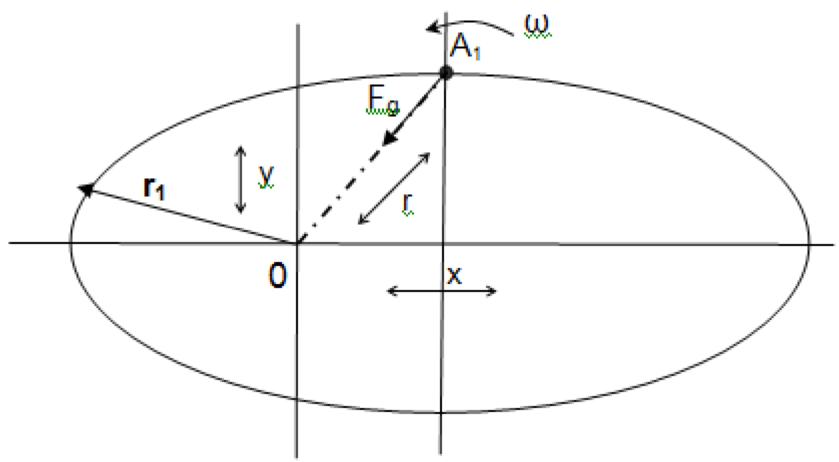

Рис 26. Гравитационное Вращение

Рассмотрим ситуацию подробнее. Энергия гравитационного поля выражается формулой:

$$\mathbf{E_g = k_g / r} \qquad (8.3.2)$$

Выражение полной энергии (8.1) принимает вид:

$$\mathbf{m^*v_x^2 + m^*v_y^2 + k_{g1}/r} = \mathrm{const} \qquad (8.3.3)$$

Можно предположить, что вращательные процессы должны описываться уравнениями, состоящими из суммы квадратов параметров, подобно уравнению (8.2.5). Однако, попытки изменить параметры описания так, чтобы получить физически осмысленный результат, подобный (8.2.5) не увенчались успехом. Я полагаю, что выражение (8.3.3) является полноценным описанием явления в параметрах физического вращения и не требует дальнейших преобразований.

Давайте оценим полученный результат. Выражение (8.3.3) можно переписать в виде:

$$\mathbf{m^*v_x^2 + m^*v_y^2 = E^\Sigma - k_{g1}/r} \qquad (8.3.4)$$

Левая часть выражения (8.3.4) описывает окружность радиусом R.

$$\mathbf{R^2 = E^\Sigma - k_{g1}/r} \qquad (8.3.5)$$

Как видно, квадрат радиуса меняется в соответствии с законом (8.3.5) (Рис 27), то есть является гиперболой.

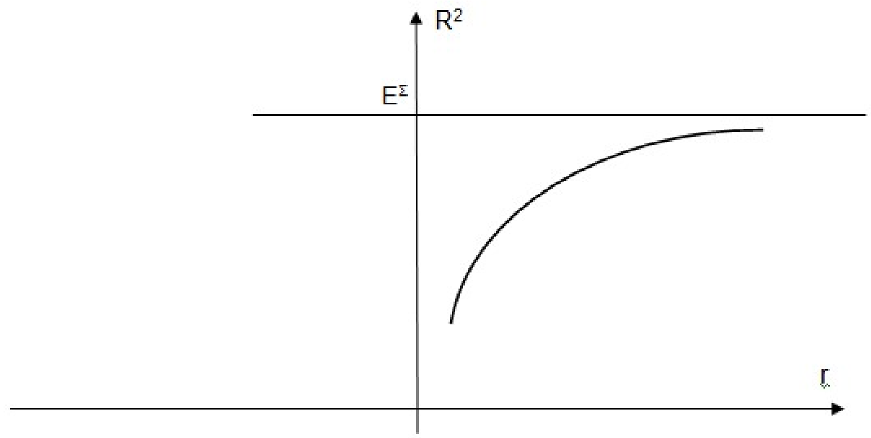

Рис 27. Изменение характеристики вращения (R^2) от расстояния между телами (r)

Величина R^2 характеризует кинетическую энергию вращения $E^к$ (8.3.4), то есть связана со скоростью движения v.

Графическое представление процесса движения в параметрах (v_x, v_y, r) представлено на Рис 28. Полученная схема описывает гравитационную воронку Эйнштейна, приводимую в источниках по теории относительности. Всё это показывает, что предлагаемая логика процесса соответствует имеющимся взглядам.

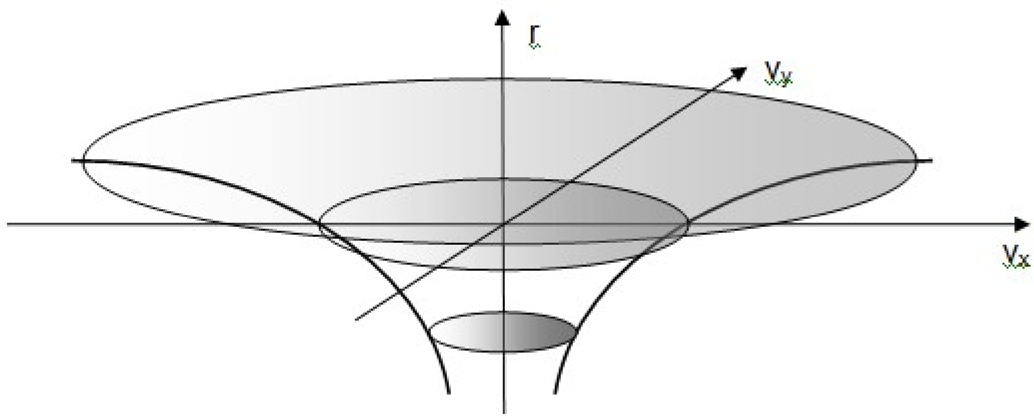

Рис 28. Гравитационное Вращение в параметрах (v_x, v_y, r)

Горизонтальным сечениям соответствуют случаи вращения тел (планет) по круговым орбитам. В общем случае, вращение представляет собой пересечение «воронки» с плоскостью, не параллельной плоскости (v_x, v_y). Такое сечение даёт эллипс, при этом ось r пересечёт плоскость в одном из фокусов эллипса.

Рассмотрение гравитационного вращения позволяет сделать следующие выводы относительно процессов трёхмерного вращения (В):

1. Две составляющие описываются квадратами соответствующих параметров. Это свойство является необходимым для вращательных процессов.
2. Остальные параметры могут участвовать в различных формах.

3. Процесс будет представляться как фигура вращения различного типа.
4. Тип фигуры вращения зависит от математической формы параметров п.2.

Отметим, что формулой (8.3.1) описываются также и электростатические взаимодействия, что делает решение задачи гравитационного вращения важным для этого типа взаимодействия. На основании этого можно предположить, что вращение заряженных частиц вокруг электростатического «неподвижного» центра может происходить не только по круговым орбитам, но и по эллиптическим.

8.3 Обобщение трёхмерного вращения

В предыдущем разделе мы определили, что в трёхмерном вращении могут иметь место различные случаи. Рассмотрим несколько возможных вариантов. В данном разделе мы рассмотрим трёхмерное вращение в общем виде. Параметры описания обозначим как (p, q, h). В общем виде (8.3.4) принимает вид:

$$\mathbf{p^2 + q^2 = E^{\Sigma} - E^{p}(h)} \qquad (8.4.1)$$

где $E^p(h)$ – некая функция от h.

Мы рассмотрим несколько вариантов энергии $E^p(h)$.

8.4 Типы вращений

8.4.1 Кубическая зависимость $E^p = h^3$

Потенциальная энергия: $\mathbf{E^p = h^3}$

Сила взаимодействия: $\mathbf{F = h^2}$

Соотношение энергии: $\mathbf{p^2 + q^2 = E^{\Sigma} - h^3}$

Кривая Кинетической энергии: Кубическая «парабола»

Кубическая функция не симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Параболический (кубический) конус

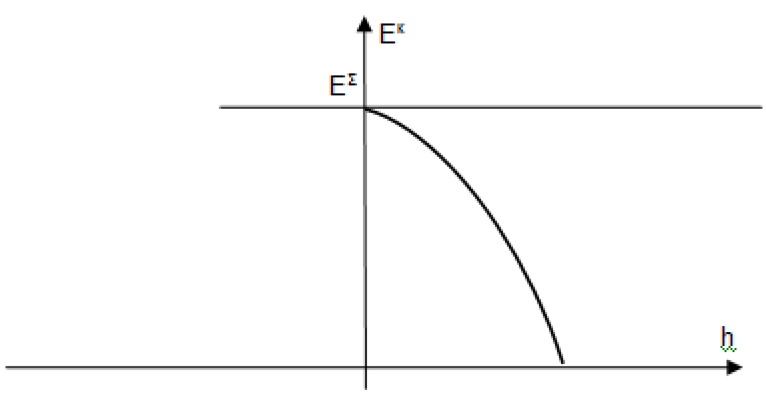

Рис 29. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.2 Квадратичная зависимость $E^p = h^2$

Потенциальная энергия: **$E^p = h^2$**

Сила взаимодействия: **F = h**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^\Sigma - h^2$**

Кривая Кинетической энергии: Парабола

Кривая симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Сфера

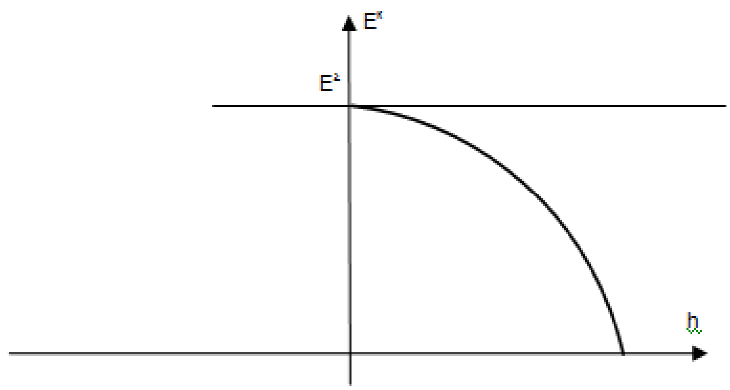

Рис 30. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.3 Линейная зависимость $E^p = h$

Потенциальная энергия: **$E^p = h$**

Сила взаимодействия: **F = k**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^\Sigma - h$**

Кривая Кинетической энергии: Линейная

Кривая не симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Конус (прямой)

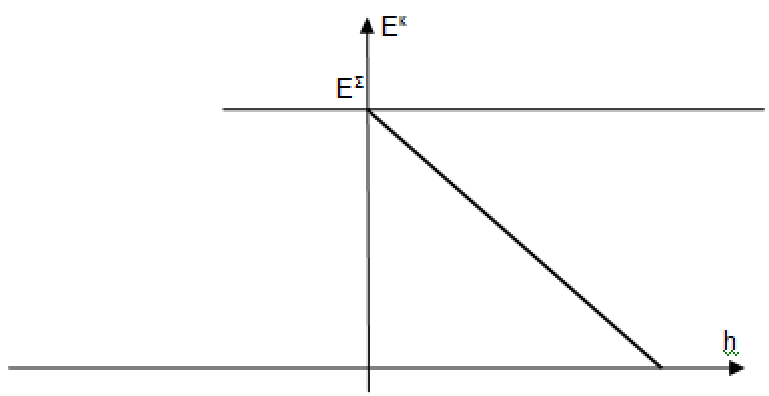

Рис 31. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.4 Константная зависимость E^p = к

Потенциальная энергия: **$E^p = k$**

Сила взаимодействия: **$F = 0$**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^{\Sigma} – k$** =const

Кривая Кинетической энергии: Константная

Кривая симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Окружность

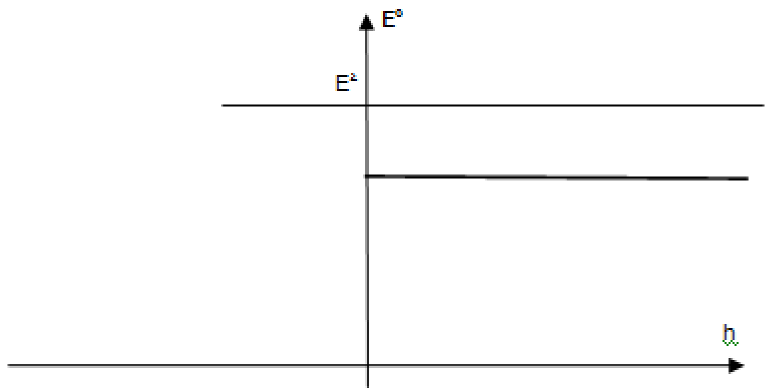

Рис 32. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.5 Логарифмическая зависимость E^p = ln(h)

Потенциальная энергия: **$E^p = \ln(h)$**

Сила взаимодействия: **$F = 1/h$**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^{\Sigma} – \ln(h)$**

Кривая Кинетической энергии: Логарифмическая

Фигура вращения (p, q, h): Воронка (логарифмическая)

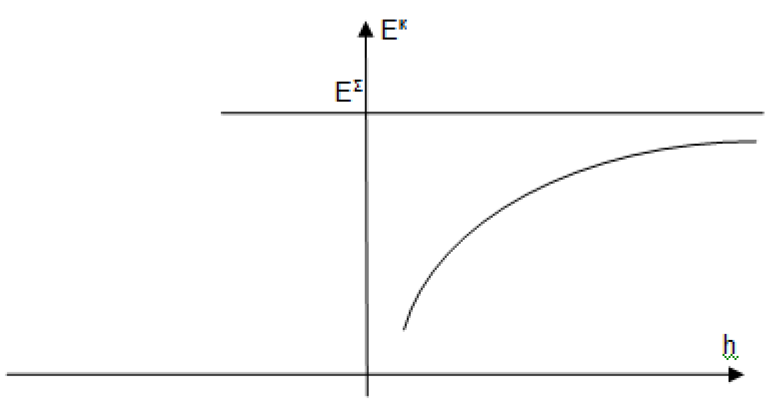

Рис 33. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.6 Обратная зависимость $E^p = 1/h$

Потенциальная энергия: **$E^p = 1/h$**

Сила взаимодействия: **$F = 1/h^2$**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^\Sigma - 1/h$**

Кривая Кинетической энергии: Гипербола

Кривая не симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Воронка гиперболическая

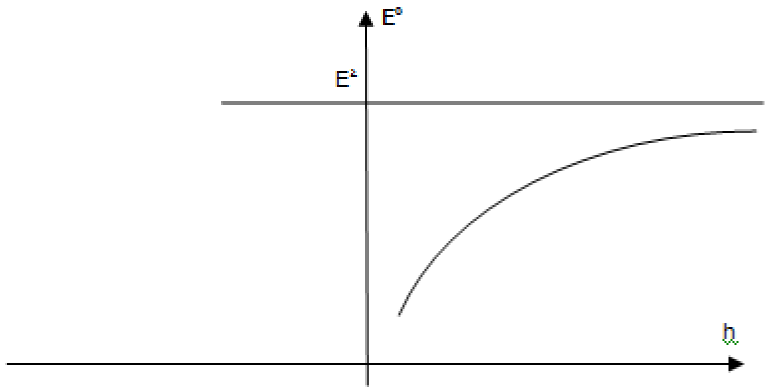

Рис 34. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.4.7 Обратная квадратичная зависимость $E^p = 1/h^2$

Потенциальная энергия: **$E^p = 1/h^2$**

Сила взаимодействия: **$F = 1/h^3$**

Соотношение энергии: **$p^2 + q^2 = E^\Sigma - 1/h^2$**

Кривая Кинетической энергии: Гипербола

Кривая симметрична относительно оси $E^к$.

Фигура вращения (p, q, h): Воронка гиперболическая квадратная

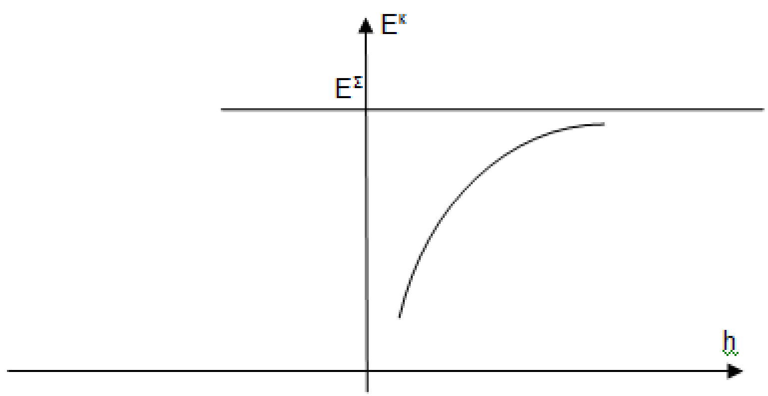

Рис 35. Изменение характеристики вращения $E^к$ от h

8.5 Энергия обмена трёхмерного вращения

Рассматривая различные виды физических вращений, мы пришли к выводу об их потенциальном многобразии. При этом следует обратить внимание, что не все компоненты непосредственно участвуют в процессе вращения. Как мы убедились выше, две составляющие всегда представляют собой элементы вращения. В то время как третий (остальные компоненты) могут не описываться квадратичной зависимостью, то есть не являются непостредственными составляющими вращательного процесса.

Физическое вращение представляет собой процесс обмена энергией между различными компонентами процесса. Эту энергию мы назвали Энергия Обмена. Поскольку компоненты процесса неодинаково участвуют в процессе вращения, имеет смысл выделить вращательную составляющую процесса как самостоятельную величину. Тогда общая энергия обмена представляет собой сумму двух составляющих, различающихся по их роли во вращательном процессе:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{\Sigma} = \boldsymbol{\varepsilon}^{o} + \boldsymbol{\varepsilon}^{\updownarrow} \qquad (8.5.1)$$

где $\boldsymbol{\varepsilon}^{\Sigma}$ – общая обменная энергия процесса;

$\boldsymbol{\varepsilon}^{o}$ – обменная энергия вращательных компонентов;

$\boldsymbol{\varepsilon}^{\updownarrow}$ – обменная энергия компонентов, не участвующих во вращении.

В Состоянии Покоя общая энергия обмена остаётся неизменной:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{\Sigma} = \mathrm{const} \qquad (8.5.2)$$

При *вращении в двумерном пространстве общая энергия обмена и вращательная энергия обмена равны*:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{\Sigma} = \boldsymbol{\varepsilon}^{o} \qquad (8.5.3)$$

При трёхмерном вращении равенство (8.5.3) не имеет места.

Ранее мы показали, что энергия обмена пропорциональна квадрату радиуса вращения в физических координатах. Этот вывод мы сделали рассматривая двумерное вращение. В общем случае трёхмерного вращения, вращательная обменная энергия (а не общая обменная энергия) пропорциональна квадрату радиуса:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{o} = k_{\varepsilon} * r^{2} \qquad (8.5.4)$$

Этот факт надо иметь в виду при рассмотрении многомерных вращений.

8.6 Плоскость вращения

Как отмечалось ранее, вращение всегда определяется как движение в двойных координатах. С точки зрения математики можно говорить, что вращение определяет «плоскость вращения». Если вращение происходит в двумерном пространстве, то плоскость вращения исчерпывающе определяет пространство процесса. В отличие от этого, в случае трёхмерного вращения «плоскость» вращения представляет собой часть пространства рассматриваемого процесса. В этом случае возникает вопрос: является ли вращение в трёхмерном пространстве движением в плоскости вращения?

В предыдущей главе мы рассмотрели несколько вариантов трёхмерного вращения. В пространстве физических параметров положение точки А (исследуемой системы) всегда принадлежит фигуре вращения. Тип фигуры вращения зависит от физической особенности «не вращающейся» составляющей. Процесс описывается как движение точки А по поверхности. При этом совсем необязательно, что вращение происходит в некоторой плоскости, пересекающей фигуру вращения.

Момент Импульса

Рассмотрение процесса в предшествующих главах основывалось на Законе Сохранения Энергии (6.1). Этот закон соответствует Первому Положению. При этом Первое Положение говорит, что в Состоянии Покоя все инварианты сохраняют свои значения. Энергия является одним из инвариантов процесса вращения. Другим инвариантом является Момент Импульса.

Момент импульса выражается:

$$L = m * (\mathbf{r} \times \mathbf{v}) \tag{2.2}$$

В случае вращения в физических координатах возможно определить величину скорости **v** как перемещение в пространстве (p, q, h) в единицу времени. Радиус-вектор вращения **r** представляет собой вектор в пространстве (p, q, h). При этом остаётся неясным, что считать радиус-вектором вращения в трёхмерном пространстве. Например в качестве центра вращения можно выбрать центр фигуры вращения (для сферического вращения – центр сферы), или любую точку на оси вращения.

Напомним, что рассматривая вращение как движение в пространстве, мы в качестве радиус-вектора выбираем вектор, принадлежащий плоскости вращения. Геометрическое вращение можно представить как вращение по линии пересечения сферы с плоскостью вращения. В этом случае мы также будем иметь радиус, соединяющий центр сферы с точкой вращения (и ортогональный вектору скорости). Более того, таких сфер можно предложить множество, и каждая будет характеризоваться своим радиус-вектором. Однако произвединие такого радиус-вектора на скорость не является инвариантом вращения поскольку результирующий вектор постоянно изменяется по направлению. Именно поэтому в уравнении момента импульса радиус-вектор должен принадлежать «плоскости вращения».

Доказательство Вращения в плоскости

Покажем, что ***вращение в Состоянии Покоя происходит таким образом, что в каждый момент времени точка А будет принадлежать одной и той же плоскости, называемой плоскостью вращения.***

Предположим, что в момент 1 состояние описывалось точкой A_1, вектором скорости $\mathbf{v}_1$ и центром вращения O_1. Через вектор $\mathbf{v}_1$ и центр вращения O_1 проведём плоскость Q_1. Поскольку вектор скорости $\mathbf{v}_1$ принадлежит плоскости Q_1, то в следующий момент времени (2) положение системы (точка A_2) также будет принадлежать плоскости Q_1. Поскольку мы рассматриваем вращение в Состоянии Покоя, то момент импульса в состоянии 1 и 2 равны и совпадают по направлению:

$$\mathbf{L_1 = L_2} \tag{8.5.4}$$

или

$$\mathbf{r_1} \times \mathbf{v_1} = \mathbf{r_2} \times \mathbf{v_2} \tag{8.5.5}$$

Радиус-вектора $\mathbf{r_1}$ и $\mathbf{r_2}$ определяются векторами $[O_1A_1]$ и $[O_1A_2]$ соответственно. Так как O_1, A_1, и A_2 принадлежат плоскости Q_1, вектор $\mathbf{r_2}$ также принадлежит плоскости Q_1. Если предположить, что вектор $\mathbf{v_2}$ не принадлежит плоскости Q_1, то момент импульса $\mathbf{L_2}$ не будет параллелен моменту импульса $\mathbf{L_1}$. Из этого следует, что вектор скорости $\mathbf{v_2}$ должен принадлежать плоскости Q_1.

8.7 Радиус вращение

Является ли вращение (в Состоянии Покоя) вращением с неизменным радиусом? Действительно, при двумерном физическом в Состоянии Покоя процесс описывается окружностью. Если рассматривать трехмерное физическое вращение, то ситуация выглядит аналогично для сферического вращения. В плоскости вращения траектория движения представляет собой окружность.

Однако сфера является частным случаем поверхности вращения. В зависимости от третьей составляющей мы получаем различные фигуры вращения. Пересечение плоскости с эллипсоидом или воронкой вращения даёт окружность только в случае особого относительного положения плоскости и оси вращения. В общем случае пересечение будет происходить по эллипсу. Таким образом, в случае ***трёхмерного (или более сложного) физического вращения радиус вращения не является постоянной величиной***.

8.8 Примеры сферического вращения

Многомерное вращение в физических координатах довольно сложно представить наглядно. С этой целью рассмотрим простые случаи, в основе которых лежит геометрическое вращение. За основу возьмём упругое вращение. Упругое вращение представляет собой вращение с постоянным радиусом, сферическое вращение. В пространстве (p, q, h) оно описывается выражением:

$$\mathbf{p^2 + q^2 + h^2 =} \text{const} \tag{8.6.1}$$

Процесс представляется как движение по сферической поверхности радиуса R (Рис 36).

Вращение происходит в плоскости вращения. Пересечение плоскости вращения со сферой происходит по окружности.

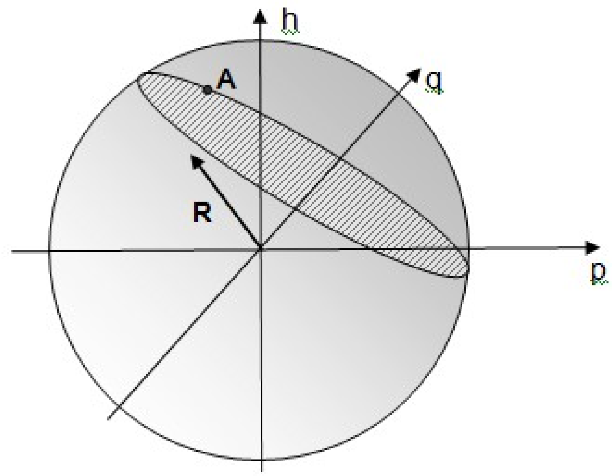

Рис 36. Сферическое вращение в пространстве (p, q, h)

8.8.1 Характерные сечения вращения

Чтобы описываемые случаи имели физический смысл мы будем представлять вращение, используя координаты ($\mathbf{v}_x$, $\mathbf{v}_y$, h).

В зависимости от ориентации плоскости вращения, возможны различные случаи. Плоскость удобно характеризовать вектором нормали. Тогда можно рассмотреть три характерных случая:

1. Нормаль плоскости совпадает с осью h.
2. Нормаль плоскости совпадает с осью $\mathbf{v}_x$ ($\mathbf{v}_y$).
3. Нормаль плоскости не совпадает с осями.

1. Нормаль Плоскости совпадает с осью h

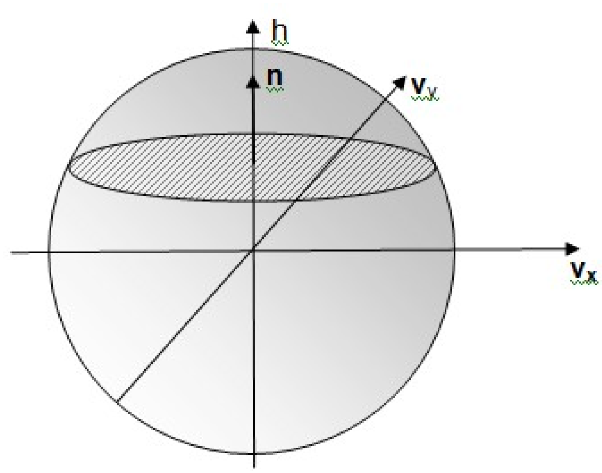

Рис 37. Нормаль **n** совпадает с **h**

Потенциальная энергия остаётся постояной h=const. Сечение плоскости со сферой параллельно плоскости ($\mathbf{v_x}$, $\mathbf{v}_y$) и даёт окружность в проекции на эту плоскость. В координатах (x, y) (координаты системы) рассматриваемый случай представляет собой вращение по окружности с неизменным натяжением пружины. Характеристики движения зависят от соотношения массы вращающегося тела и упругости пружины.

2. Нормаль плоскости совпадает с осью v_x, (v_y).

В этой ситуации составляющая скорости $\mathbf{v_x}$=const постоянна. Проекция на плоскость ($\mathbf{v}_y$, h) представляет собой окружность. Этот случай соответствует вращению, при котором действие пружины всегда совпадает с осью y.

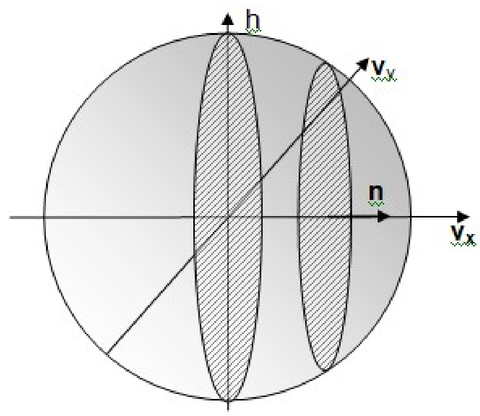

Рис 38. Нормаль **n** совпадает с $\mathbf{v_x}$

Можно рассмотреть частный случай, когда составляющая скорости $\mathbf{v_x}$=0 равна нулю. Движение происходит вдоль оси y (линейное движение). Примером такого вращения является вертикальное осцилированное движение шарика, подвешенного на пружине.

3. Нормаль плоскости не совпадает с осями.

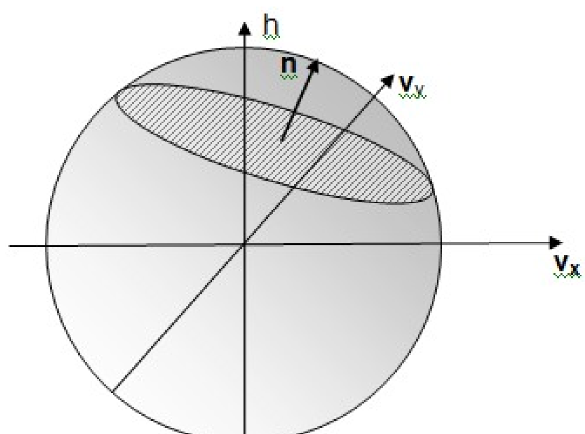

Рис 29. Нормаль **n** не совпадает с осями

Плоскость пересекает сферу по окружности под углом ко всем осям. В результате проекции окружности на все плоскости представляют собой эллипсы.

Вращение в плоскости (по окружности) происходит с равной скоростью (ω=const) (условие равномерности). Это условие в проекциях транслируется в неизменность моментов импульса. Чтобы показать это достаточно рассмотреть вектор момента импульса (**L**) в пространстве ($\mathbf{v_x}$, $\mathbf{v}_y$, h) и его проекции на соответствующие плоскости ($\mathbf{L}_x$=const; $\mathbf{L}_y$=const; $\mathbf{L_h}$=const).

Выводы

1. ***Вращение в трёхмерном (или более) физическом пространстве представляет собой процесс обмена энергией трёх (или более) составляющих, имеющих разную физическую природу.***
2. ***В состоянии Покоя сохраняются инварианты вращения :***
    a. ***энергия***
    b. ***момент импульса***
3. ***По форме энергии составляющие процесса вращения делятся на две группы:***
    a. ***Группа I: Энергия выражается как квадрат физической переменной описания.***
    b. ***Группа II: Энергия отличается от квадратичной зависимости.***
4. ***Процесс отображается как фигура вращения (группа I). Форма фигуры вращения определяется типом физической зависимости (группа II).***
5. ***Фигуры вращения делятся на два класса:***
    a. ***Класс α: Замкнутые фигуры (параболического типа [эллипсоиды]).***
    b. ***Класс β: Незамкнутые (открытые) фигуры (гиперболического типа).***
6. ***В состоянии Покоя процесс представляет собой пересечение фигуры вращения (сохранение энергии) и плоскости (сохранение момента импульса).***

Классы фигур вращения α и β можно представить как Риммановы поверхности с положительной и отрицательной кривизной.

Возможно, что два указанных класса вращений соответствуют проявлению материи в виде:

a) ***Материальных частиц – Класс α;***
b) ***Материальных полей – Класс β.***

ПАРАМЕТРЫ ФИЗИЧЕСКОГО ВРАЩЕНИЯ

Равновесное вращение в физических координатах

Итак, мы установили, что циклические процессы представляют собой вращения в физических параметрах.

Равновесное физическое вращение – вращение соответствующее Состоянию Покоя.

В таком случае,

Равновесное физическое вращение – самопроизвольный самодостаточный циклический процесс взаимного обмена энергией, протекающий между двумя или более физическими составляющими.

9 Уравнения физического вращения

Поскольку мы имеем дело с процессом вращения, возникает предположение о применимости уравнений геометрического вращения к процессам физического вращения. На основании этого мы попытаемся предложить уравнения физического вращения. При этом следует иметь в виду, что параметры описания для геометрического и физического вращений совершенно разные. Результатом такого различия является разница в физическом смысле и размерностях получаемых зависимостей. Насколько выдвинутое предположение может быть оправдано, покажет дальнейшее рассмотрение.

В этой главе мы ограничим рассмотрение вращением в двумерном пространстве. Это позволит нам сосредоточиться на процессе вращения как таковом. Поскольку при двумерном вращении общая энергия обмена тождественна вращательной энергии обмена (8.5.1.1), мы не станем различать эти два понятия, а будем ссылаться на энергию обмена.

9.1 Основной параметр вращения

В главе «Основной параметр вращения» было отмечено, что вращательные процессы описываются в параметрах площади сектора радиус-вектора вращения (3.1). Тогда основной параметр физического вращения записывается как:

$$\text{ʊ} = \tfrac{1}{2} * \text{ꞅ}^2 * \alpha \qquad (9.1)$$

Поскольку при физическом вращении квадрат радиуса пропорционален энергии обмена (6.5), выражение (9.1) принимает вид:

$$\text{ʊ} = \tfrac{1}{2}k_\varepsilon * \varepsilon * \alpha \qquad (9.1.1)$$

или (6.6)

$$\psi = k^{\varepsilon} * \boldsymbol{\varepsilon} * \boldsymbol{\alpha} \quad (9.1.2)$$

9.2 Вращательная скорость

Используя 3.3 и 6.6:

$$\vartheta = ½*r^2*\omega + r*\alpha* \partial r/\partial t \quad (3.3)$$

$$\vartheta = ½*(r^2*\omega + \alpha* \partial r^2/\partial t) \quad (3.3.1)$$

$$2* k^{\varepsilon} * \boldsymbol{\varepsilon} = r^2 \quad (6.6)$$

вращательная скорость для физического вращения выражается:

$$\boldsymbol{\theta} = k^{\varepsilon} *(\boldsymbol{\varepsilon}*\boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\alpha}*\partial\boldsymbol{\varepsilon}/\partial \mathbf{t}) \quad (9.2)$$

Физическое вращение аналогично геометрическому вращению в трёхмерном пространстве: угловая скорость, вращательная скорость представляют собой векторные величины.

9.3 Инварианты вращения в физических координатах

Выражение вращательной скорости (9.2) кажется разумным и отвечает описанию процесса. Кроме скорости нас интересуют инварианты процесса физического вращения.
В «Система Ньютона – Современный взгляд» была предложена Аксиома Инвариантов**:**
Для каждого процесса существует характеристика(и) или величина(ы), которая остаётся неизменной в ходе процесса. Такая характеристика (величина) называется инвариантом процесса.
Если предположить, что вращение в физических координатах имеет инварианты, являющиеся аналогами вращения в пространственных координатах, то возможно предложить форму этих аналогов.

9.3.1 Вращательный импульса

Момент импульса вращательного движения имеет вид:

$$L = 2* m * \vartheta \quad (3.5)$$

Для вращения в физических координатах будем иметь ***вращательный импульс***:

$$\boldsymbol{\Lambda} = 2* \mathbf{k_i} * \boldsymbol{\theta} \quad (9.3)$$

где k_i – «коэффициент инвариантности» системы.
Множитель 2 в (9.3) можно было бы ввести в коэффициент k_i. Однако этого не следует делать, поскольку k_i является физическим коэффициентом инвариантности и должен быть синхронизирован. Вращательный импульс представляет собой векторную величину, совпадающую по направлению с вектором вращательной скорости.
Подставив выражение вращательной скорости (9.2) в (9.3) и обозначив

$$k^{\varepsilon}_i = k_i * k^{\varepsilon} \quad (9.3.2)$$

$$\mathbf{\Lambda = 2k^{\varepsilon}{}_i * (\varepsilon*\omega + \alpha* \partial\varepsilon/\partial t)} \qquad (9.3.3)$$

Размерности момента импульса (геометрическое) и вращательного импульса (физическое вращение) соответственно: [кг м²/сек], [Дж/сек]*[k^{ε}]*[k_i]. Если коэффициент k^{ε} является масштабным коэффициентом (при выборе масштаба энергии может не иметь размерности), то k_i является аналогом массы, то есть несёт существенную физическую нагрузку. Каков смысл и размерность k_i пока сказать нельзя. Этот вопрос ещё ждёт разрешения.

9.3.2 Вращательная «энергия»

Энергия вращения определяется уравнениями:

$$E_c = L * \vartheta / r^2 \qquad (3.12)$$

$$E_c = 2* m * \vartheta^2 / r^2 \qquad (3.13)$$

Аналог энергии вращения в физических параметрах ***(вращательная энергия***) будет:

$$\mathbf{Є = \Lambda * \theta / 2k^{\varepsilon}\varepsilon} \qquad (9.4.1)$$

$$\mathbf{Є = k_i/k^{\varepsilon} * \theta^2/\varepsilon} \qquad (9.4)$$

Раскрывая (9.4) для физического вращения (9.2) и (9.3.2), получим:

$$Є = k_i/k^{\varepsilon} * (k^{\varepsilon} *(\varepsilon*\omega + \alpha*\partial\varepsilon/\partial t)^2 / \varepsilon = k^{\varepsilon}{}_i *(\varepsilon*\omega + \alpha*\partial\varepsilon/\partial t)^2 / \varepsilon$$

После преобразований:

$$\mathbf{Є = k^{\varepsilon}{}_i * \varepsilon * (\omega + \alpha/\varepsilon*\partial\varepsilon/\partial t)^2} \qquad (9.4.2)$$

Размерности вращательной энергии для геометрического и физического случаев соответственно: [Дж] и [Дж/сек²]*[k_i]. Как видим, все размерности настолько различаются, что неизбежно возникает вопрос смысла и легитимности аналогий инвариантов вращения.

10 Размышления

В предыдущей главе мы сконструировали уравнения физического вращения, взяв за основу уравнения пространственного вращения. Подход, который мы при этом применили, основан на предположении, что вращения имеют общность в описании. Основанием для общности является **предположение** о том, что:

Процессы вращения описываются аналогично, независимо от физической основы вращений.

Утверждение, сформулированное выше, не следует рассматривать как аксиому, поскольку для этого нет оснований. Насколько подобное предположение может соответствовать реальности, нам следует попытаться оценить.

Поскольку формулы физического вращения, полученные выше, основаны на предположении, то возникает вопрос об их легитимности и смысле. Например, при формулировке инвариантов вращения, вращательного импульса и вращательной энергии, появляется физическая величина, коэффициент иннерционности k_i. При пространственном вращении аналогичным коэффициентом является масса тела m. Поскольку понятие массы является ключевым в физике, то возникает вопрос о физическом смысле и роли коэффициента иннерционности k_i.

10.1.1 Вопросы физического вращения

В отношении физического вращения возникает ряд вопросов принципиального характера:

1. *Являются ли величины, определённые как вращательный импульс и вращательная энергия, инвариантами вращений в физических координатах?*
2. *Существует ли величина, характеризующая инерционность физического вращения?*
3. *Каков физический смысл коэффициента инерционности?*
4. *Является ли коэффициент инерционности постоянной процесса вращения?*
5. *Возможно ли установить связь коэффициента инерционности с характеристиками физического вращения?*

10.2 Вращательная скорость

Говоря о вращении в физических координатах, вполне реально ввести понятие скорости вращения. Мы используем понятие скорости во множестве процессов. Химические процессы характеризуются скоростью реакции, которая определяется как изменение массы реагента во времени. В тепловых процессах мы вводим понятие скорости передачи тепловой энергии. Мы говорим о скорости распространения волн. К этому же можно отнести скорость распространения фронта пламени. В биологии, медицине, экономике мы также оперируем понятием скорости, рассматривая её как изменение соответствующего параметра во времени.

Вращение в физических координатах представляет собой процесс, протекающий во времени. Этот процесс характеризуется соответствующими параметрами. Всвязи с этим, изменение параметров процесса во времени можно определить как скорость.

В физическом вращении мы фактически рассматриваем обмен энергией между физическими составляющими процесса. Скорость обменных процессов является объективной характеристикой процесса. В соответствующих координатах процесс взаимообмена описывается как вращение по окружности. В этом контексте совершенно неудивительно, что вращательная скорость физического вращения рассматривается как скорость процесса.

Размерность вращательной скорости

Сравним размерности вращательной скорости.

Вращательная скорость (пространственное вращение):

$$\vartheta = ½*\omega*r^2 * + r*\alpha* \partial r/\partial t \qquad (3.3)$$

имеет размерность [$м^2$/сек].

Вращательная скорость (физическое вращение):

$$\theta = k^{\varepsilon} *(\varepsilon*\omega + \alpha*\partial\varepsilon/\partial t) \qquad (9.2)$$

выглядит как [Дж/сек]*[k^{ε}]. При выборе соответствующего масштаба, коэффициент k^{ε} можно полагать безразмерным. Тогда вращательная скорость будет [Дж/сек].

Поскольку физическое вращение представляет собой процесс энергообмена, вполне естественно, что вращательная скорость представляет собой скорость процесса в энергетических единицах (9.2), то есть, по-сути, аналогична мощности. Можно рассмотреть параллель с электрическим двигателем. Мощность двигателя связана с крутящим моментом двигателя через соотношение

$$P = к* M * n$$

где M – крутящий момент двигателя Н*м,

n – частота вращения двигателя в об/мин.

Формально, единицы измерения P [Н м / мин] совпадают с единицами θ [Дж/сек]=[Н м /сек].

10.3 Инварианты

Выражение вращательной скорости, данное в (9.2), кажется разумным и отвечает описанию процесса. Кроме скорости нас интересуют инварианты процесса физического вращения. Прежде чем заняться анализом предложенных формул, рассмотрим как формируются инварианты линейного движения.

10.3.1 Линейное движение

В соответствии с понятием инварианта, можно записать:

$$\mathbf{\Phi^A_1 + \Phi^B_1 = \Phi^A_2 + \Phi^B_2} \qquad (10.5.1)$$

где Ф – инвариант процесса взаимодействия A и B. Знаки «1» и «2» относятся к состоянию элементов до и после процесса. Величина «Ф» может быть как непосредственно измеряемой, так и представлять комбинацию характеристик элементов.

Рассмотрим столкновение твёрдых тел A и B (взаимодействие). Мы предполагаем:

- наличие инварианта(ов) процесса;
- инварианты линейного взаимодействия нам не известны.

Предположим, что линейная скорость удовлетворяет выражению (10.5.1). То есть, выполняется равенство:

$$v^A_1 + v^B_1 = v^A_2 + v^B_2 \qquad (10.5.2)$$

где v – скорости тел. Предположение (10.5.2) вполне разумно. К сожалению опыт показал, что (10.5.2) выполняется лишь при условии, что A и B одинаковы. В случае различных тел равенство (10.5.2) не имеет места.

Можно предположить, что выполняется изменённый вариант равенства:

$$k^A * v^A{}_1 + k^B * v^B{}_1 = k^A * v^A{}_2 + k^B * v^B{}_2 \qquad (10.5.3)$$

где k – некоторый коэффициент.

Выражение (10.5.3) должно выполняться для различных значений $v^A{}_1$ и $v^B{}_1$. Оказалось, что действительно такое соотношение имеет место и коэффициенты k^A и k^B можно подобрать. Если проводить опыт для тел A и C (C отличается от B), то также выполняется равенство, подобное (10.5.3):

$$k^{A1} * v^A{}_1 + k^C * v^C{}_1 = k^{A1} * v^A{}_2 + k^C * v^C{}_2 \qquad (10.5.3a)$$

Результат (10.5.3а) вполне ожидаем. Что является весьма интересным, так это тот факт, что:

$$k^{A1} = k^A \qquad (10.5.4)$$

Коэффициент k^A не зависит от второго тела (B, C...), а определяется телом A, то есть является его свойством. Тогда можно сделать выводы, что

1. *Выражение **k * v** является **инвариантом** процесса линейного движения.*
2. *Коэффициент **k** является свойством тела, отражающим инвариантность.*

Равенство (10.5.3) является чрезвычайно полезным. Зная коэффициенты k^A и k^B, а также начальные скорости $v^A{}_1$ и $v^B{}_1$, можно определить конечные скорости... Как вы понимаете, это утверждение не вполне верно. Можно определить соотношение конечных скоростей, но не сами значения. Если бы дело ограничилось только соотношением (10.5.3), то повторяя эксперимент для одних и тех же начальных скоростей, мы бы получили разнообразие результатов ($v^A{}_2$, $v^B{}_2$). Но результирующие скорости ($v^A{}_2$ и $v^B{}_2$) устойчиво воспроизводятся.

С математичекой точки зрения выражение (10.5.3) является равенством с двумя неизвестными. Поскольку опытный результат устойчив, это означает, что должно существовать другое равенство, дополняющее (10.5.3) до системы двух уравнений с двумя неизвестными. Выражаясь языком наших поисков, должен существовать ещё один инвариант линейного движения. Действительно, им оказалась сумма квадратов скоростей (тоже с коэффициентами):

$$\check{k}^A * v^A{}_1{}^2 + \check{k}^B * v^B{}_1{}^2 = \check{k}^A * v^A{}_2{}^2 + \check{k}^B * v^B{}_2{}^2 \qquad (10.5.5)$$

Как и в предыдущем случае, коэффициент $\check{k}^A$ оказался свойством тела A, вторым коэффициентом инвариантности.

То есть мы обнаружили:

- два инварианта процесса линейного движения;
- инварианты являются функциями скорости;
- коэффициенты инвариантности являются свойством тела.

Но что уж совсем замечательно, так это тот факт, что коэффициенты k и ǩ полностью совпали. Теперь мы подходим к понятию массы.

10.3.2 Понятие «массы» тела

Понятие «массы» мы формируем в раннем детстве. Родители водят нас взвешиваться и мы осознаём вес тела. Параллельно мы понимаем, что «любое» тело имеет вес, и у нас складывается устойчивое ощущение этого понятия. В школе нам вводят понятие «массы тела», которое мы напрямую связываем с весом тела, и порой вообще перестаём их различать.
Что такое масса? В школе определение массы. появляется в современной формулировке Второго Закона Ньютона: «Ускорение, приобретаемое материальной точкой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных сил. *Коэффициент пропорциональности является характеристикой тела и называется массой.»*

Таким образом, *масса является коэффициентом инерционности тела*. Чем больше масса, тем меньше будет реакция тела на внешнее воздействие. В большинстве случаев это определение массы остаётся единственным определением.

10.3.3 Характеристики тела

Итак, со школы мы усвоили, что масса является характеристикой тела и определяет свойство инерционности.
Рассматривая поиски инвариантов, мы обнаруживаем ещё две характеристики тела: коэффициенты инвариантности k (k_v^1) и ǩ (k_v^2). Эти коэффициенты являются характеристиками двух инвариантов линейного движения. Дальнейшие исследования привели к определению ещё одной (четвёртой) характеристики тела – гравитационной.
По-существу, мы можем сказать, что тело имеет пять характеристик: коэффициент инерционности, коэффициент инварианта первого (линейного) порядка, коэффициент инварианта второго (квадратичного) порядка, коэффициент гравитации и коэффициент энергии (Эйнштейновская масса).
Однако к нашему изумлению, все характеристики в точности равны. Равенство имеет место не в пределах некоторой погрешности, а в точности. Таким образом обнаруживается, что тело имеет не пять различных харакеристик, а одну, и эта характеристика определяет как инерционность тела, так и инвариантность движения, так и гравитацию тела, так и энергию.

Существуют пять доказательств Бога. Одно их них говорит о том, что в мире всё точно сбалансированно. Если хотя бы один из составляющих был бы иным, то мир не смог бы существовать. Такое «совпадение» по мнению богословов нельзя объяснить ничем, как Высшей Волей, обладающей Абсолютным Знанием. Нет сомнений, что совпадение всех характеристик тела является одним из проявлений такого чуда, и это чудо мы называем «массой тела».

Математические преобразования

Я уверен, что знающие люди охладят мои восторги. Они с лёгкостью приведут математические доказательства, показывающие общность коэффициента инерционности и коэффициентов инвариантности.

Действительно, используя форму Второго Закона в виде импульса и проводя дифференцирование по времени, выносим коэффициент за дифференциал и получаем форму закона через ускорение. Отсюда немедленно следует равенство коэффициента инерционности и первой константы инвариантности.

Интегрируя выражение импульса по скорости, снова выносим коэффициент из-под интеграла и получаем форму кинетической энергии, то есть второй инвариант. Равенство коэффициентов инвариантности следует немедленно.

Всё это так, но вот вопрос: является ли математика продуктом чистого разума или отражением окружающей реальности? Конечно, ответы будут различные у разных людей. Я стою на позиции того, что математика является отражением реальности. В таком случае математическое доказательство не объясняет совпадение коэффициентов. Скорее наоборот.

Действительно, Второе Положение формулируется следующим образом:

Изменение инвариантов системы в результате внешнего воздействия пропорционально приложенному воздействию и совпадает с направлением, в котором это воздействие происходит.

$$F = k_p * \partial p / \partial t \qquad (A)$$

$$F = k_E * \partial E / \partial s \qquad (B)$$

Соотношения между коэффициентами будут соответственно:

$$k_i^1 = k_p * k_v^1 \qquad (A1)$$

$$k_i^2 = k_E * k_v^2 \qquad (B1)$$

На деле мы имеем соотношения, которые представляют собой равенства:

$$F = \partial p / \partial t \qquad (A.0)$$

$$F = \partial E / \partial s \qquad (B.0)$$

Равенства (A.0) и (B.0) устанавливает равенство коэффициентов:

$$k_i^1 = k_v^1 \qquad (A2)$$

$$k_i^2 = k_v^2 \qquad (B2)$$

При этом значения (k_p=1) и (k_E=1) не могут быть получены математически, а являются следствием эксперимента. Будучи заложены в соответствующие математические соотношения (A.0 и B.0), они приводят к озвученному выше выводу. На деле, как мы видим, математический «вывод» является не доказательством, а отражением наблюдаемых связей.

Напомним, что дифференциальное и интегральное исчисления были развиты как математический аппарат, обслуживающий (отражающий) законы механики. Если рассматривать ситуацию с такой позиции, то чудо действительно имеет место.

Вероятно читатели сочтут все предшествующие рассуждения излишними. Однако если вы возьмёте знаменитый труд Ньютона, то обнаружите, что никакого упоминаия массы в законах Ньютона нет. Более того, значительная часть труда посвящена обоснованию этого понятия. Если же вы спросите современного физика: «Что такое масса?», то вы не получите вразумительного ответа, кроме ссылок на авторитеты и определения.

Задача Буратино

Тот факт, что все пять характеристик тела в точности совпадают, является не случайным. В нём содержится ключ к пониманию понятия «масса». Однако наличие ключа ещё не решение проблемы. Буратино носил золотой ключик. Но нужно было найти ту дверь, которую этот ключик откроет.
Подобно Буратино, ключ к понимаю «массы» лежит перед нами. Но где та единственная дверь, которая открывается этим ключём и за которой содержится понимание фундаментальной истины?

11 Связи физического вращения

Теперь настало время вернуться к нашей теме. Перед нами стоит задача: определить инварианты физического вращения. Вопрос об инвариантах является сложным. Конечно, мы можем определить момент импульса и вращательную скорость (10.3.1), (10.4.2) опираясь на формальную аналогию. Но будут ли эти величины являться инвариантами процессов?

Рассмотрим два вращения, процесс A и процесс B. Каждый из этих процессов является физическим вращением. В рассматриваемой системе происходит взаимодействие между процессами A и B. В результате мы получаем вращения в новых состояниях:

$$\mathbf{A_1 + B_1 \longrightarrow A_2 + B_2} \qquad (11.A)$$

Величина Ф является инвариантом лишь в том случае, когда выполняется условие:

$$\mathbf{\Phi^{\Sigma}_1 = \Phi^{\Sigma}_2} \qquad (11.1)$$

Отвечают ли условию (11.1) величины, определённые как Λ и Є? Это совсем не очевидно.
Запишем выражение инвариантов (11.1) в общем виде:

$$\mathbf{f(\varepsilon^A{}_1, \omega^A{}_1) + f(\varepsilon^B{}_1, \omega^B{}_1) = f(\varepsilon^A{}_2, \omega^A{}_2) + f(\varepsilon^B{}_2, \omega^B{}_2)} \qquad (11.1.1)$$

Равенство (11.1.1) связывает четыре неизвестные ($\varepsilon^A{}_2$, $\omega^A{}_2$, $\varepsilon^B{}_2$, $\omega^B{}_2$). Из этого следует, что однозначность решения требует системы из четырёх уравнений.
Можно предложить три варианта равенств:

- вращательных скоростей

$$\mathbf{\theta^A{}_1 + \theta^B{}_1 = \theta^A{}_2 + \theta^B{}_2} \qquad (11.2)$$

$$\theta = k^{\varepsilon} * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial\varepsilon/\partial t) \qquad (9.2)$$

- вращательных импульсов

$$\mathbf{\Lambda^A{}_1 + \Lambda^B{}_1 = \Lambda^A{}_2 + \Lambda^B{}_2} \qquad (11.3)$$

$$k^{\mathbf{A}}\boldsymbol{\theta}^{\mathbf{A}}{}_{\mathbf{1}} + k^{\mathbf{B}}\boldsymbol{\theta}^{\mathbf{B}}{}_{\mathbf{1}} = k^{\mathbf{A}}\boldsymbol{\theta}^{\mathbf{A}}{}_{\mathbf{2}} + k^{\mathbf{B}}\boldsymbol{\theta}^{\mathbf{B}}{}_{\mathbf{2}} \qquad (11.3a)$$

$$\Lambda = k^{\varepsilon}_i * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial\varepsilon/\partial t) \qquad (9.3.3)$$

- вращательных энергий

$$\mathbf{Є^A{}_1 + Є^B{}_1 = Є^A{}_2 + Є^B{}_2} \qquad (11.4)$$

$$\boldsymbol{\check{k}^A\theta^A{}_1{}^2/\varepsilon + \check{k}_i{}^B\theta^B{}_1{}^2/\varepsilon = \check{k}_i{}^A\theta^A{}_2{}^2/\varepsilon + \check{k}_i{}^B\theta^B{}_2{}^2/\varepsilon} \qquad (11.4a)$$

$$Є = \check{k}_i/2 * \varepsilon * (\omega + \alpha/\varepsilon * \partial\varepsilon/\partial t)^2 / 2 \qquad (9.4.2)$$

В равенствах (11.3a) и (11.4a) мы не делаем никаких предположений относительно коэффициентов k и $\check{k}$. Мы полагаем их некоторыми постоянными уравнений. Как следствие, мы <u>не утверждаем</u> равенство $k=\check{k}$.

Глядя на предлагаемый лист инвариантов, можно предположить, что (основываясь на аналогии вращения) уравнение вращательных скоростей (11.2) следует исключить из рассмотрения. Однако параметры описания и физический смысл вращательной скорости θ существенно различаются от скорости пространственного вращения. Это достаточное основание, чтобы рассмотреть возможность инварианта (11.2), не делая поспешных выводов.

При ближайшем рассмотрении оказывается, что уравнение (11.2) действительно является излишним. Рассматривая:

$$k_i^A * \theta^A{}_1 + k_i^B * \theta^B{}_1 = k_i^A * \theta^A{}_2 + k_i^B * \theta^B{}_2 \qquad (11.3a)$$

Равенство (11.2) является частным случаем (11.3a) при $k_i^A=1$ и $k_i^B=1$. На этом основании выражение (11.2) можно исключить из списка потенциальных инвариантов.

11.1 Закон сохранения энергии

Рассмотрим два вращения в физических параметрах A и B. Между вращениями A и B происходит взаимный обмен энергией, в результате чего оба вращения претерпевают переходы (11.A). В результате взаимодействия <u>общая энергия системы сохраняется</u> (инвариант Энергия). Тогда можно записать:

$$\boldsymbol{\varepsilon^A{}_1 + \varepsilon^B{}_1 = \varepsilon^A{}_2 + \varepsilon^B{}_2} \qquad (11.5.1)$$

Выражение (11.5.1) означает, что:

Энергия обмена является инвариантом процесса физического вращения.

$$\boldsymbol{\varepsilon}^{\Sigma} \mathbf{=} \text{const} \qquad (11.5)$$

11.2 Уравнения физических параметров

Лист соотношений, описывающих физическое вращение, на этом не исчерпывается. Дело в том, что когда мы имеем дело с физическим вращением, то возможны дополнительные уравнения, определяющие связи между физическими параметрами.
Например в случае маятника период колебаний является фиксированной величиной. С другой стороны, электромагнитные колебания меняют частоту в широких пределах. В то же время энергия обмена в таких процессах остаётся неизменной.

11.2.1 Уравнение Периода колебаний

Период колебаний маятника зависит от длины плеча и гравитационного ускорения; период колебательного контура определяется ёмкостью и индуктивностью. То есть для подобного типа физического вращения имеет место зависимость:

$$T = \varphi(p, q) \tag{11.6}$$

Соотношение (11.6), устанавливает связь физических характеристик компонента с периодом вращения, а следовательно, с вращательной скоростью/частотой:

$$\eta = f_{\eta} (p, q) \tag{11.7}$$

11.2.2 Уравнение Энергии обмена

Имеются примеры, когда энергия обмена является фиксированной величиной: вращение в двойных координатах. Это означает, что энергия обмена такого процеса является функцией параметров процесса:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = f_{\varepsilon}(p, q) \tag{11.8}$$

11.2.3 Уравнения связи

Картина в обобщённом виде выглядит следующим образом. Имеется две характеристики вращения:

- Энергия обмена **$\boldsymbol{\varepsilon}$;**
- Частота вращения **$\boldsymbol{\eta}$** (угловая скорость, период вращения).

Возможны пять вариантов:

1. постоянная энергия обмена: $\boldsymbol{\varepsilon}$ = const;
2. постоянная частота вращения: $\boldsymbol{\eta}$ = const;
3. постоянная энергия и частота: $\boldsymbol{\varepsilon}$ = const; $\boldsymbol{\eta}$ = const;
4. энергия и частота связаны: f($\boldsymbol{\varepsilon, \eta}$) = const;
5. характеристики изменяются.

Вариантам 1...4 соответствуют уравнения связи:

1. постоянная энергия обмена: $\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{f}_{\varepsilon}(p, q)$;
2. постоянная частота вращения: $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{f}_{\eta}(p, q)$;
3. постоянная энергия и частота: $\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{f}_{\varepsilon}(p, q)$: $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{f}_{\eta}(p, q)$;
4. энергия и частота связаны: $\mathbf{f}(\boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\eta}) = \mathrm{const}$;
5. характеристики изменяются: нет связи.

Уравнения связи дополняют систему инвариантов, которая совместно описывает процессы физического вращения.

11.3 Система уравнений физического вращения

Суммируя вышесказанное, имеется (четыре) уравнения, связывающие параметры вращения:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^A{}_1 + \boldsymbol{\varepsilon}^B{}_1 = \boldsymbol{\varepsilon}^A{}_2 + \boldsymbol{\varepsilon}^B{}_2 \qquad (11.5) \qquad (I)$$

$$k_i^A\boldsymbol{\theta}^A{}_1 + k_i^B\boldsymbol{\theta}^B{}_1 = k_i^A\boldsymbol{\theta}^A{}_2 + k_i^B\boldsymbol{\theta}^B{}_2 \qquad (11.3a) \qquad (II)$$

$$\check{k}_i^A(\boldsymbol{\theta}^A{}_1)^2/\boldsymbol{\varepsilon}^A{}_1 + \check{k}_i^B(\boldsymbol{\theta}^B{}_1)^2/\boldsymbol{\varepsilon}^B{}_1 = \check{k}_i^A(\boldsymbol{\theta}^A{}_2)^2/\boldsymbol{\varepsilon}^A{}_2 + \check{k}_i^B(\boldsymbol{\theta}^B{}_2)^2/\boldsymbol{\varepsilon}^B{}_1 \qquad (11.4a) \qquad (III)$$

уравнение(я) связи (IV)

Уравнение (I) (инвариант энергия) является доказанным соотношением.
Уравнения связи (IV) (там где они имеют место) также получены (или могут быть получены) используя экспериментальные данные и математический аппарат.
Связи вращательного импульса (II) и вращательной энергии (III) предложены как соотношения, возможно, определяющие инварианты физического вращения. Эти соотношения требуют экспериментальной проверки и дальнейшего осмысления.

Если предлагаемые соотношения отражают связи физического вращения, то это позволяет говорить о системе уравнений, описывающих физическое вращение. Дело остаётся за малым установить:

- инварианты физического вращения;
- коэффициенты инвариантности и их физический смысл;
- соотношение коэффициентов инвариантности (k и $\check{k}$);
- уравнения связи для каждого типа физического вращения.

Все перечисленные вопросы являются принципиально важными. Дальнейшее развитие предложенного подхода возможно только после разрешения поставленных проблем.

Выводы

Гипотеза вращения

Характеристики физического вращения полученны на основе аналогии вращательных процессов. Несомненно, что все вращательные процессы имеют общность. Следствием этого должна быть определённая аналогия в описании процессов.
В то же время, пространственное и физическое вращения различаются по своей природе:

- Пространственное вращение является движением тела в пространстве. Физическое вращение представляет собой процесс обмена энергией.
- Пространственное вращение неизбежно связано с наличием центробежной силы. Вращение в физических координатах такой особенности не имеет.
- Вращающееся тело характеризуется свойством тела (массой). Физическое вращение характеризуется свойствами процесса (k и $\check{k}$).

Различие в природе вращений не может не сказаться в формах их описания. Ключевой вопрос в таком случае сводится к определению границы, отделяющей специфику от общности. Лишь после этого можно будет с уверенностью говорить о форме общего вращательного описания.
Принимая аксиому общности вращений, мы не утверждаем её как окончательное положение. Напротив, мы выдвигаем её как предположение, которое предлагаем подвергнуть проверке в дальнейших исследованиях.

Характеристики физического вращения, полученные на основе аналогии вращательных процессов, на сегодня не могут рассматриваться как убедительный положения. Параметры, предложенные в качестве инвариантов физического посвращения имеют иной физический смысл. Имеют ли предложенные величины свойство инвариантности требует тщательной проверки.
Вопрос о том, каковы значения коэффициентов инвариантности и смысл этих характеристик, ответа пока не имеет. Более того, остаётся неясным, имеются ли в принципе подобные коэффициенты как свойства процесов вращения.

Заключение

Равновесное вращение

Равновесным называется вращение, при котором все инварианты процесса остаются постоянными.

Равновесное физическое вращение – самопроизвольный самодостаточный циклический процесс взаимного обмена энергией, протекающий между двумя или более физическими составляющими.

В соответствии с определением можно утверждать, что:
Равновесное вращение соответствует Состоянию Покоя.

Состояние Покоя

Два типа Состояния Покоя

Аристотель ограничил состояние Покоя постоянством координат; Ньютон – постоянством линейных скоростей. Мы расширили это, определив *Состояние Покоя как постоянство инвариантов.*
Этот переход оказался принципиальным. Покой в понятии Аристотеля и Ньютона не характеризуется процессами обмена энергией. В противоположность этому, Состояние Покоя, определённое выше, не накладывает более такого ограничения. Это означает, что Состояние Покоя является состоянием определённых процессов.
В таком контексте можно говорить о ***двух типах Состояния Покоя***:

1. ***Статическом – процессы обмена в системе отсутствуют;***
2. ***Динамическом – в системе происходят циклические процессы обмена энергией.***

Непрерывные самопроизвольные циклические процессы обмена энергией между различными физическими составляющими в полной мере отвечают Состоянию Покоя. То есть Состояние Покоя представляет собой непрерывное протекание процессов внутри системы.

Две группы Процессов Системы

Учитывая этот факт, все ***процессы делятся на две категории***, которые разнятся по главному критерию – Состоянию Покоя. Эти две категории можно определить как:

- ***Процессы*** *(Состояния)* ***Покоя (А) – процессы протекающие в системе, находящейся в Состоянии Покоя.***

- ***Процессы Изменения (В) – процессы определяющие <u>изменение</u> Состояния Покоя и переход системы из одного Состояния Покоя в другое.***

Принципиально важно чётко различать эти категории процессов между собой.
Процессы Состояния Покоя (группа А) помогают определить внутреннюю сущность Состояний Покоя и условия, не нарушающие равновесие внутри системы (не разрушающие Состояние Покоя).
Вторая категория процессов, Процессы Изменения (группа В), дают понимание причин и закономерностей перехода из одного Состояния Покоя в другое.

Если следовать Аристотелевой Логике, то в отношении этих двух категорий процессов можно сказать: «третьего не дано», что означает исчерпание возможных вариантов. Для понимания Мира крайне важно изучение обеих процессов. Полное осмысление Мира возможно лишь при полноценном понимании указанных типов процессов.
Следующая, заключительная часть обзора («Процессы Покоя – процессы Изменения») посвящена рассмотрению этого вопроса.

Немного философии

В статье «Четвёртый Закон Диалектики» выдвинуто предположение, что:

В основе любого процесса лежит циклический (волновой) процесс.

Если принять это положение за аксиому, то мы приходим к взгляду на Вселенную как на систему непрерывного циклического изменения. Это одновременно соответствует Состоянию Покоя. В свете этих идей Вселенная предстаёт как система, находящаяся в состоянии Динамического Покоя.
Динамический Покой, основанный на циклических процессах, составляет существо Вселенной. *Циклические процессы, происходящие на разных уровнях и взаимодействующие между собой, составляют базис существования и развития Вселенной во всех её многообразных формах*. Понимание этих процессов и динамики их развития возможно только на основе изучения циклов.

Приложение: список статей по теме

Об устойчивости распределённых масс
Второй Закон Ньютона

Философия законов Ньютона
Философия законов Ньютона – Часть II
Положения «Ньютона» и законы сохранения
Законы Ньютона как общие положения

Равномерное вращение как состояние покоя – Часть I
Равномерное вращение как состояние Покоя – Часть II
Параметры Системы – параметры Состояния
Вращение в трёхмерном физическом пространстве

Уравнения физического вращения
Процессы Состояния Покоя – группа А
Процессы изменения Покоя – группа В

Философия Законов Ньютона – заключение

Система Ньютона – Современный взгляд
Процессы Покоя – процессы Изменения

2024, Март