

Уравнения физического вращения

В основе любого процесса лежит цикл.

Клящицкий Григорий (GK)

1 Введение

В предыдущих статьях мы показали важность вращательных процессов. При этом мы существенно расширили процессы вращения, включив в них циклические процессы. В качестве вращательных процессов мы рассматриваем не только пространственные вращения, но также вращения в физических параметрах. Эти идеи привели нас к необходимости обобщения вращений. В этой статье мы подробнее исследуем физическое вращение и делаем попытку сформировать систему уравнений, с помощью которой можно было бы описать физическое вращение.

2 Вращение в геометрических координатах

Вначале повторим некоторые выводы, касающиеся пространственного вращения.

Параметры Вращения

В статье «[Равномерное вращение как состояние Покоя – Часть II](#)» было показано, что параметры вращательной системы отличаются от параметров линейного движения. В статье был определён критерий, который предлагается использовать для установления параметров рассмотрения, в которых внутренние связи и закономерности проявляются в явном виде. Исходя из этого критерия,

Параметром вращения является площадь сектора, покрываемого радиус-вектором за рассматриваемый промежуток времени t :

$$\psi = 1/2 * r^2 * \alpha \quad (1.1)$$

В предложенных параметрах вращательная скорость имеет вид:

$$\vartheta = 1/2 * \omega * r^2 * + r * \alpha * \partial r / \partial t \quad (1.2)$$

Состояние Покоя определяется как состояние равномерного движения.

Равномерность вращения определена как постоянство вращательной скорости ϑ .

Инварианты Вращения

Момент импульса в новых параметрах записывается в виде:

$$L = m * \vartheta \quad (1.3)$$

Энергия вращения (кинетическая энергия) определяется уравнением:

$$E^k = L * \vartheta / r^2 \quad (1.4)$$

или

$$E^k = m * \vartheta^2 / r^2 \quad (1.5)$$

3 Вращения в физических координатах

3.1 Вращение в физических координатах

Рассматривая различные волновые процессы («[Равномерное вращение как состояние Покоя – Часть I](#)»), мы приходим к выводу, что все они могут быть представлены вращениями в физических координатах:

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 сохраняются.
4. Энергия обеих физических составляющих выражается как квадрат соответствующих физических переменных.
5. Зависимости физических переменных от времени определяются синусоидой (косинусоидой) – условие равномерного вращения.

При соблюдении этих условий, волновые процессы являются вращением в соответствующих физических координатах (Рис 1).

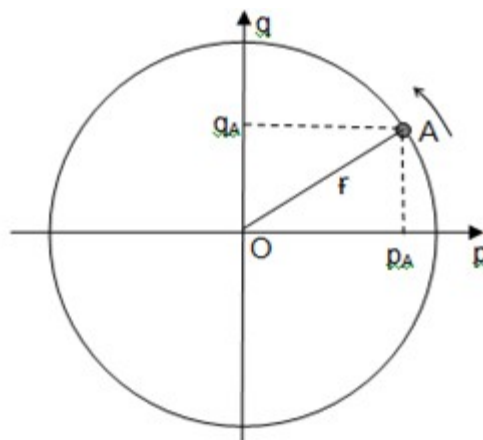


Рис 1. Вращение в координатах p-q

При этом, энергия обмена ε пропорциональна квадрату радиуса окружности (r), представляющей процесс как вращение в физических координатах (Рис 1):

$$\varepsilon = k_{\varepsilon} * r^2 \quad (2.1)$$

где k_{ε} – коэффициент пропорциональности.

Связь энергии обмена с квадратом радиуса вращения можно переписать иначе:

$$2 * k^{\varepsilon} * \varepsilon = r^2 \quad (2.2)$$

где k^{ε} – коэффициент пропорциональности.

Связь между обеими коэффициентами определяется как:

$$k_{\varepsilon} = 1/(2 k^{\varepsilon}) \quad (2.3)$$

Таким образом,

Вращение можно рассматривать в общих терминах как вращательный процесс в геометрических или физических параметрах.

3.2 Параметры Вращения в физических координатах

Итак, мы установили, что циклические процессы представляют собой вращения в физических параметрах. Поскольку мы имеем дело с процессом вращения, возникает предположение о применимости формул геометрического вращения к процессам 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.

Несмотря на фундаментальное различие, мы попытаемся (чисто формально) предложить уравнения физического вращения. Насколько подобное предположение оправдано, покажет дальнейшее рассмотрение.

3.3 Вращательная скорость

В главе «[Вращение в геометрических координатах](#)» было отмечено, что вращательные процессы описываются в параметрах площади сектора радиус-вектора вращения:

$$\psi = 1/2 * r^2 * \alpha \quad (1.1)$$

Поскольку физическое вращение обладает свойством (2.1), выражение (1.1) принимает вид:

$$\psi = 1/2 k_{\varepsilon} * \varepsilon * \alpha \quad (2.4)$$

или

$$\psi = k^{\varepsilon} * \varepsilon * \alpha \quad (2.5)$$

Тогда вращательная скорость выражается:

$$\theta = k^{\varepsilon} * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) \quad (2.6)$$

Вектора вращения

При вращении в трёхмерном пространстве угловая скорость является трёхмерным вектором, направленным перпендикулярно плоскости вращения и имеющим направление «по часовой стрелке». Вращательная скорость в этой системе также является вектором, совпадающим с вектором угловой скорости.

Физическое вращение трёхмерного (и более) процесса будет аналогично геометрическому вращению в трёхмерном пространстве. Угловая скорость, вращательная скорость, момент импульса будут представлять собой вектор трёхмерного пространства.

Если же рассматривать физическое вращение с двумя компонентами, то вращение, являясь двухпараметрическим движением, полностью определяет единственную плоскость. В результате угловая скорость, векторная скорость, момент импульса, момент силы представляют собой вектор единичной размерности (скаляр).

3.4 Инварианты вращения в физических координатах

Выражение вращательной скорости, данное в (2.6) кажется разумным и отвечает описанию процесса. Кроме скорости процесса нас интересуют инварианты процесса физического вращения. Мы будем исходить из следующей аксиомы:

Аксиома инвариантов

Для каждого процесса существует характеристика или величина, 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, опираясь на предшествующий материал, возможно предложить форму этих аналогов.

3.4.1 Вращательный импульс

Момент импульса вращательного движения имеет вид:

$$L = m * \vartheta \quad (1.3)$$

Для вращения в физических координатах будем иметь (вращательный импульс):

$$\Lambda = k_i * \theta \quad (3.1)$$

где k_i — «коэффициент инвариантности» системы. Смысл и размерность коэффициента инвариантности пока неясен.

Вращательный импульс в трёхмерном пространстве представляет собой векторную величину. При вращении в двумерных физических координатах, вращательная скорость является скаляром (одномерным вектором). В результате вращательный импульс для двумерного физического вращения также представляет собой одномерный вектор.

Подставив выражение вращательной скорости (2.6) в (3.1) и обозначив

$$k_i^\varepsilon = k_i * k^\varepsilon \quad (3.2)$$

$$\Lambda = k_i^\varepsilon * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) \quad (3.3)$$

Размерности момента импульса для геометрического и физического вращений соответственно: [кг м²/сек], [Дж/сек]*[к^ε]*[к_i]. Если коэффициент к^ε является масштабным коэффициентом (при выборе масштаба энергии может не иметь размерности), то к_i является аналогом массы, то есть несёт существенную физическую нагрузку. Каков смысл и размерность к_i пока сказать нельзя. Этот вопрос ещё ждёт разрешения.

3.4.2 Вращательная Энергия

Энергия вращения (кинетическая энергия) определяется уравнением:

$$E^k = L * \vartheta / r^2 \quad (1.4)$$

$$E^k = m * \vartheta^2 / r^2 \quad (1.5)$$

Аналогом энергии вращения в физических параметрах (вращательной энергией) будут:

$$\epsilon^k = \Lambda * \theta / 2k^\varepsilon \quad (4.1)$$

$$\epsilon^k = k_i / 2k^\varepsilon * \theta^2 / \varepsilon \quad (4.2)$$

Раскрывая (4.1) для физического вращения (2.2), (2.6) и (3.2), получим:

$$\epsilon^k = k_i^\varepsilon / 2k^\varepsilon * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) * (k^\varepsilon * \varepsilon * \omega * + k^\varepsilon * \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) / (2 * k^\varepsilon * \varepsilon) \quad (4.3)$$

После преобразований:

$$\epsilon^k = k_i / 2 * \varepsilon * (\omega + \alpha / \varepsilon * \partial \varepsilon / \partial t) * (\omega * + \alpha / \varepsilon * \partial \varepsilon / \partial t) / 2 \quad (4.3a)$$

$$\epsilon^k = k_i / 2 * \varepsilon * (\omega + \alpha / \varepsilon * \partial \varepsilon / \partial t)^2 / 2 \quad (4.4)$$

Размерности вращательной энергии для геометрического и физического случаев соответственно: [Дж] и [Дж/сек²]*[к_i].

Как видим, все размерности настолько различаются, что неизбежно возникает вопрос смысла и легитимности аналогий вращения.

4 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 общности является **положение** 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.

4.1 Вопросы физического вращения

При формулировке инвариантов вращения, вращательного импульса и вращательной энергии, появляется физическая величина, k_i . При пространственном вращении коэффициентом, связывающим соответствующий инвариант со скоростью, является масса тела m . В случае вращения в физических координатах мы ввели её аналог, коэффициент инерционности k_i . При этом 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 (k_i)?***
- 3. Каков физический смысл коэффициента инерционности?***
- 4. Является ли коэффициент инерционности константой процесса вращения?***
- 5. Возможно ли установить связь коэффициента инерционности с физическими характеристиками составляющих физического вращения?***

Озвученные вопросы являются принципиальными для дальнейшего движения в этом направлении.

4.2 Вращательная скорость

Говоря о вращении в физических координатах, вполне реально вводить понятие скорости вращения. Мы используем понятие скорости во множестве процессов. Химические реакции 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. В связи 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. Пространственное вращение:

$$\vartheta = \frac{1}{2} \omega^2 r^2 + r \alpha \frac{\partial r}{\partial t} \quad (1.2)$$

имеет размерность [м²/сек].

Вращательная скорость физического вращения:

$$\theta = k^\varepsilon (\varepsilon \omega + \alpha \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}) \quad (2.6)$$

выглядит как [Дж/сек]*[к^ε]. При выборе соответствующего масштаба (энергии), коэффициент к^ε можно полагать безразмерным. Тогда вращательная скорость будет [Дж/сек].

Поскольку физическое вращение представляет собой процесс энергообмена, вполне естественно, что вращательная скорость включает энергию обмена и угловую скорость (2.6).

В физических координатах вращательная скорость определяет скорость энергетического обмена между компонентами, то есть, по-сути, представляет мощность.

В некотором смысле можно рассмотреть аналогию с электрическим двигателем. Мощность двигателя связана с крутящим моментом двигателя через соотношение

$$P = k^* M * n$$

где М – крутящий момент двигателя Н*м,

п – частота вращения двигателя в об/мин.

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

5 Инварианты

Выражение вращательной скорости, данное в (2.6), кажется разумным и отвечает описанию процесса. Кроме скорости процесса нас интересуют инварианты процесса физического вращения.

5.1 Линейное движение

Для начала посмотрим процесс поиска инвариантов на примере линейного движения. В соответствии с понятием инварианта, можно записать:

$$\Phi^A_1 + \Phi^B_1 = \Phi^A_2 + \Phi^B_2 \quad (5.1)$$

где Φ – инвариант процесса взаимодействия $A + B$. Знаки «1» и «2» относятся к состоянию элементов до и после процесса. Величина « Φ » может быть как непосредственно измеряемой, так и представлять комбинацию характеристик элементов A и B . Рассмотрим столкновение твёрдых тел A и B (процесс взаимодействия).

Предположим, что линейная скорость удовлетворяет выражению (5.1). То есть, выполняется равенство:

$$v^A_1 + v^B_1 = v^A_2 + v^B_2 \quad (5.2)$$

где v – скорости тел. Предположение (5.2) вполне разумно. К сожалению опыт показал, что (5.2) выполняется лишь при условии, что A и B одинаковы. В случае различных тел равенство (5.2) не имеет места.

Можно предположить, что выполняется изменённый вариант равенства:

$$k^A * v^A_1 + k^B * v^B_1 = k^A * v^A_2 + k^B * v^B_2 \quad (5.3)$$

где k – некоторый коэффициент.

Выражение (5.3) должно выполняться для различных значений v^A_1 и v^B_1 . Оказалось, что действительно такие коэффициенты можно подобрать. Если проводить опыт для тел A и C (C отличается от B), то также выполняется равенство, подобное (5.3):

$$k^{A1} * v^A_1 + k^C * v^C_1 = k^{A1} * v^A_2 + k^C * v^C_2 \quad (5.3a)$$

Результат (5.3a) вполне ожидаем. Что является весьма интересным, так это тот факт, что:

$$k^{A1} = k^A \quad (5.4)$$

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

*Выражение $k * v$ является инвариантом процесса линейного движения.*

Коэффициент k является свойством тела, отражающим инвариантность.

Равенство (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 (5.3), то повторяя эксперимент для одних и тех же начальных скоростей, мы бы получили разнообразие результатов. Но результирующие скорости (v^A_2 и v^B_2) устойчиво воспроизводятся.

С математической точки зрения выражение (5.3) является равенством с двумя неизвестными. Поскольку опытный результат устойчив, это означает, что должно существовать другое равенство, дополняющее (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):

$$\check{k}^A * v_1^{A,2} + \check{k}^B * v_1^{B,2} = \check{k}^A * v_2^{A,2} + \check{k}^B * v_2^{B,2} \quad (5.5)$$

Как и в предыдущем случае (5.3), коэффициент $\check{k}$ оказался свойством тела А, 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 $\check{k}$ полностью совпали.

5.2 Понятие «массы» тела

Понятие «массы» мы формируем в раннем детстве. Родители водят нас взвешиваться и мы видим и 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? Для большинства этот вопрос покажется лишённым смысла, поскольку понятие столь ощутимо, что «не нуждается в определении». 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.

5.2.1 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 k (k_v^1) и $\check{k}$ (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 четыре характеристики: коэффициент инерционности, коэффициент инварианта первого (линейного) порядка, коэффициент инварианта второго (квадратичного) порядка и коэффициент гравитации.

Однако, к нашему изумлению, все характеристики в точности равны и имеют одно и то же значение. Равенство имеет место не в пределах некоторой погрешности, а в точности. Таким образом обнаруживается, что тело имеет не четыре различные характеристики, а одну, и эта характеристика определяет как инерционность тела, так и инвариантность движения, так и гравитацию тела.

Существуют пять доказательств Бога. Одно из 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 четырёх 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 преобразования, показывающие общность коэффициента инерционности и коэффициентов инвариантности.

Действительно, используя формулу Второго Закона в виде импульса и проводя дифференцирование по времени, выносим коэффициент за дифференциал и получаем формулу 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 формулу 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, Второй Закон Ньютона в терминах инвариантов (см [«Философия законов Ньютона – Часть II»](#)) формулируется следующим образом:

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

Этот закон можно записать как:

$$F = k_p \cdot \partial p / \partial t \quad (A)$$

$$F = k_E \cdot \partial E / \partial s \quad (B)$$

Тогда соотношения между коэффициентами будут соответственно:

$$k_i^1 = k_p \cdot k_v^1 \quad (A1)$$

$$k_i^2 = k_E \cdot k_v^2 \quad (B1)$$

На деле мы имеем соотношения (А и В), которые в формулировке Второго Закона представляют собой равенство:

Производная (Изменение) инварианта по соответствующему параметру системы равна внешнему воздействию и совпадает с ним по направлению.

Откуда следует равенство коэффициентов:

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

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

Соотношения ($k_p=1$) и ($k_E=1$) не могут быть получены математически, а являются следствием эксперимента. Будучи заложены в соответствующие математические соотношения, 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 окружающего мира. 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 упоминания 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.

5.2.2 Задача Буратино

Тот факт, что все четыре характеристики 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. Только тогда ему удастся попасть в будущее.

Подобно Буратино, ключ к пониманию «массы» лежит перед нами. Но где та единственная дверь, которая открывается этим ключом, и за которой содержится понимание фундаментальной истины?

6 Связи физического вращения

Теперь настало время вернуться к теме нашей статьи. В свете стоящей перед нами проблемы, я думаю, вам стало более ясным, с какой целью мы ввязались в историю понятий. Перед нами стоит похожая задача: определить инварианты физического вращения и понятие коэффициентов.

Вопрос об инвариантах является сложным. Конечно, введя некий коэффициент, мы можем определить момент импульса и вращательную скорость (3.1), (4.2). Но будут ли эти величины являться инвариантами процессов?

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

$$\mathbf{A}_1 + \mathbf{B}_1 \rightarrow \mathbf{A}_2 + \mathbf{B}_2 \quad (6.0)$$

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

$$\Phi^{\Sigma_1} = \Phi^{\Sigma_2} \quad (6.1.0)$$

Отвечают ли условию (6.1) величины, определённые как Λ и $\mathcal{E}$? Это совсем не очевидно.

Запишем выражение инвариантов (6.1.0) в общем виде:

$$f(\varepsilon^A_1, \omega^A_1) + f(\varepsilon^B_1, \omega^B_1) = f(\varepsilon^A_2, \omega^A_2) + f(\varepsilon^B_2, \omega^B_2) \quad (6.1)$$

Равенство (6.1) 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.

Предыдущие поиски предлагают три варианта равенств:

- вращательных скоростей

$$\theta^A_1 + \theta^B_1 = \theta^A_2 + \theta^B_2 \quad (6.2)$$

$$\theta = k^\varepsilon * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) \quad (2.6)$$

- вращательных импульсов

$$\Lambda^A_1 + \Lambda^B_1 = \Lambda^A_2 + \Lambda^B_2 \quad (6.3)$$

$$k^A \theta^A_1 + k^B \theta^B_1 = k^A \theta^A_2 + k^B \theta^B_2 \quad (6.3a)$$

$$\Lambda = k^\varepsilon_i * (\varepsilon * \omega + \alpha * \partial \varepsilon / \partial t) \quad (3.3)$$

- вращательных энергий

$$\mathcal{E}^A_1 + \mathcal{E}^B_1 = \mathcal{E}^A_2 + \mathcal{E}^B_2 \quad (6.4)$$

$$\check{k}^A \theta^{A_1^2} / \varepsilon + \check{k}^B \theta^{B_1^2} / \varepsilon = \check{k}^A \theta^{A_2^2} / \varepsilon + \check{k}^B \theta^{B_2^2} / \varepsilon \quad (6.4a)$$

$$\mathcal{E} = \check{k}_i / 2 * \varepsilon * (\omega + \alpha / \varepsilon * \partial \varepsilon / \partial t)^2 / 2 \quad (4.2)$$

В равенствах (6.3a) и (6.4a) мы не делаем никаких предположений относительно коэффициентов k и $\check{k}$. Мы полагаем их некоторыми постоянными уравнений. Как следствие,

мы не утверждаем равенство $k=\check{k}$, поскольку соотношение (4.1) пока является предполагаемым.

Глядя на предлагаемый лист инвариантов, можно предположить, что (основываясь на аналогии вращения) уравнение вращательных скоростей (6.2) следует исключить из рассмотрения. Однако параметры описания и физический смысл вращательной скорости θ существенно различаются от скорости пространственного вращения. Это (на мой взгляд) достаточное основание, чтобы рассмотреть возможность инварианта (6.2), не делая поспешных выводов.

При ближайшем рассмотрении оказывается, что уравнение (6.2) действительно является излишним. Раскрывая (6.3) с (3.1), получаем:

$$k_i^A * \theta_1^A + k_i^B * \theta_1^B = k_i^A * \theta_2^A + k_i^B * \theta_2^B \quad (6.3a)$$

Равенство (6.2) является частным случаем (6.3a) при $k_i^A=1$ и $k_i^B=1$. На этом основании выражение (6.2) можно исключить из списка потенциальных инвариантов.

6.1 Закон сохранения энергии

Рассмотрим два вращения в физических параметрах А и В. Между вращениями А и В происходит взаимный обмен энергией, в результате чего оба вращения претерпевают переходы (6.0.1) и (6.0.2). В результате взаимодействия общая энергия системы сохраняется (Закон Сохранения Энергии). Тогда можно записать:

$$\varepsilon_1^A + \varepsilon_1^B = \varepsilon_2^A + \varepsilon_2^B \quad (6.5)$$

Выражение (6.5) означает, что

для процесса вращения в физических параметрах энергия обмена является инвариантом процесса физического вращения.

6.2 Период колебаний

Лист возможных соотношений, описывающих физическое вращение, на этом не исчерпывается. Дело в том, что когда мы имеем дело с вращением в пространстве, то угловая скорость может принимать «любое» значение. Рассматривая физическое вращение, мы имеем иную ситуацию. Напомню, что период колебаний маятника зависит от длины плеча и гравитационного ускорения; период колебательного контура определяется ёмкостью и индуктивностью.

$$T^A = \varphi^A(p^A, q^A) \quad (6.6)$$

Таким образом, для физических вращений имеется ещё одно соотношение, устанавливающее связь физических характеристик компонента с периодом вращения (а следовательно, с вращательной скоростью).

$$\omega^A = f^A(p^A, q^A) \quad (6.7)$$

7 Система уравнений физического вращения

Формально у нас имеется четыре уравнения, связывающие параметры вращения:

$$\varepsilon^A_1 + \varepsilon^B_1 = \varepsilon^A_2 + \varepsilon^B_2 \quad (6.5) \quad (I)$$

$$k^A_1 \theta^A_1 + k^B_1 \theta^B_1 = k^A_2 \theta^A_2 + k^B_2 \theta^B_2 \quad (II)$$

$$\check{k}^A_1 (\theta^A_1)^2 / \varepsilon^A_1 + \check{k}^B_1 (\theta^B_1)^2 / \varepsilon^B_1 = \check{k}^A_2 (\theta^A_2)^2 / \varepsilon^A_2 + \check{k}^B_2 (\theta^B_2)^2 / \varepsilon^B_2 \quad (III)$$

$$\omega^z = f^z(p^z, q^z) \quad (6.7) \quad (IV)$$

Уравнения (6.5) и (6.7) являются доказанными соотношениями. Если предлагаемые инварианты (6.3) и (6.4) отражают физическое вращение, то это позволяет говорить о полной системе уравнений. Дело остаётся за малым:

- установить, действительно ли выражения $k^* \theta$ и $\check{k}^*(\theta)^2 / \varepsilon$ являются инвариантами физического вращения;
- каковы коэффициенты инвариантности k и $\check{k}$, их физический смысл и размерности;
- как соотносятся коэффициенты инвариантности k и $\check{k}$.

8 Заключение

8.1 Аксиома движения – аксиома вращения

В основании наших представлений лежат базовые положения, которые мы называем аксиомами. Определение аксиомы звучит следующим образом:

Аксиома – это утверждение, принимаемое без доказательств.

Проблема состоит в том, что аксиомы не доказываются. Потому возможны «ошибки» на уровне принятия аксиом. В результате складываются неверные представления об объекте. Конечно, со временем мы обнаружим несоответствия и вынуждены будем вернуться к рассмотрению аксиом и, возможно, к их замене иными аксиомами. В этой связи мне кажется, что определение аксиомы не вполне отражает существо дела. Более правильным было бы определить

аксиому как Предположение, принимаемое без доказательств.

В этом случае у нас остаётся понимание, что всякая аксиома – это предположение.

8.1.1 Аксиома Вращения

Размышляя над законами движения («[Равномерное вращение как состояние Покоя – Часть II](#)») мы пришли к заключению, что используем (по умолчанию) следующую аксиому:

Независимо от типа, все виды движения описываются в одних и тех же переменных, которыми являются координаты точки и время.

Исследование вращательных процессов привели нас к выводу о неверности этой аксиомы и необходимости замены её иной:

Различные типы движения могут описываться в различных переменных.

Рассматривая вращения, мы обнаружили, что возможно говорить не только о вращении в пространственных координатах, но и о вращении в физических координатах. Пытаясь выявить закономерности физического вращения, мы сформулировали Аксиому Вращения:

процессы вращения описываются аналогично, независимо от физической основы вращений.

Всвязи с этим возникает вопрос: не вступаем ли мы в противоречие, отвергая аксиому общности движения, и одновременно принимая аксиому общности вращения?

8.1.2 Аксиома или гипотеза

Несомненно, что все вращательные процессы имеют общность. Следствием этого должна быть определённая аналогия в описании вращений.

В то же время, вращения различаются по физической природе весьма существенно. Так пространственное вращение неизбежно связано с наличием центробежной силы. Вращение в физических координатах такой особенности не имеет.

Пространственное вращение является движением тела в пространстве. Физическое вращение представляет собой процесс обмена энергией.

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.

2023, Ноябрь