

Новый Метод Определения Оаправления Гироскопического Моментa как части Нелинейной Динамики.

A New Method for Determining the Direction of Gyroscopic Torque as Part of Nonlinear Dynamics

BOJIDAR DJORDJEV
Independent Researcher
Bulgaria

Аннотация: Предложен новый метод определения направления гироскопического момента, основанный на инерционном потенциале изменения направления орбитальной скорости в плоскости прецессии. Показано, что он является теоретической предпосылкой для применения законов нелинейной динамики к гироскопу. Обсуждаются нелинейная динамика и новый метод расчета гироскопического момента. Приведены соответствующие замечания.

Ключевые слова: Гироскоп, векторное умножение, ньютоновская и классическая механика, нелинейная динамика.

1. Введение. Существуют устоявшиеся правила определения направления гироскопического момента.

В классической физике давно установлены стандартные методы (правила) определения направления создаваемого гироскопического момента (рис. 1). Основные методы:

- Теорема Резаля: согласно ей, скорость вершины вектора кинетического момента $J\omega$ равна моменту внешних сил M . Это означает, что для понимания того, куда отклонится ось вращения, необходимо отслеживать движение вершины вектора вращения — она всегда следует за вектором приложенного момента.

- Правило Жуковского (правило совпадения векторов) определяет, будет ли гироскоп вращаться «влево» или «вправо». Применяются три шага: 1. Определение направления вращения маховика по правилу согнутых пальцев правой руки: если пальцы указывают в направлении вращения диска, то большой палец указывает в направлении вектора угловой скорости. 2. Вектор вращения (вынужденная прецессия) определяется по тому же правилу. 3. Гироскопический момент стремится повернуть вектор угловой скорости так, чтобы он совпал с вектором вращения вдоль кратчайшего пути.

- Правило «преследования» (угловой момент следует за моментом). Вектор углового момента движется в направлении, в котором направлен вектор приложенного внешнего момента. Это наиболее интуитивно понятная версия теоремы Резаля.

- Правило Фуко, которое формулирует правила ориентации гироскопа относительно оси вращения Земли. Его второе правило гласит, что гироскоп с двумя степенями свободы всегда стремится установить свою ось вращения параллельно оси вращения Земли.

- Правило активного момента (того, который мы прикладываем) и реактивного момента (реакции гироскопа). Реактивный момент всегда направлен в противоположную сторону от активного момента, поскольку он является причиной прецессии гироскопа.

- Правило векторного произведения $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$: Направление результирующего момента τ_z всегда перпендикулярно векторам угловой скорости ω_x и ω_y . Направление определяется свойством векторного произведения в правосторонней системе координат, без необходимости физического использования рук.

- Правило 90 градусов (прецессия): Гироскопический момент всегда действует в направлении, перпендикулярном как оси вращения ротора, так и оси приложенного внешнего возмущения. Если наклонить вращающийся гироскоп, он отклонится в направлении, перпендикулярном силе тяги.

- Правило правостороннего винта: Когда вы сгибаете пальцы правой руки в направлении вращения диска, большой палец указывает на вектор угловой скорости вращения,

также называемый угловым моментом. Когда внешняя сила, действующая на гироскоп, создает момент, гироскоп пытается выровнять вектор (вращения или углового момента) с вектором приложенной силы кратчайшим возможным путем.

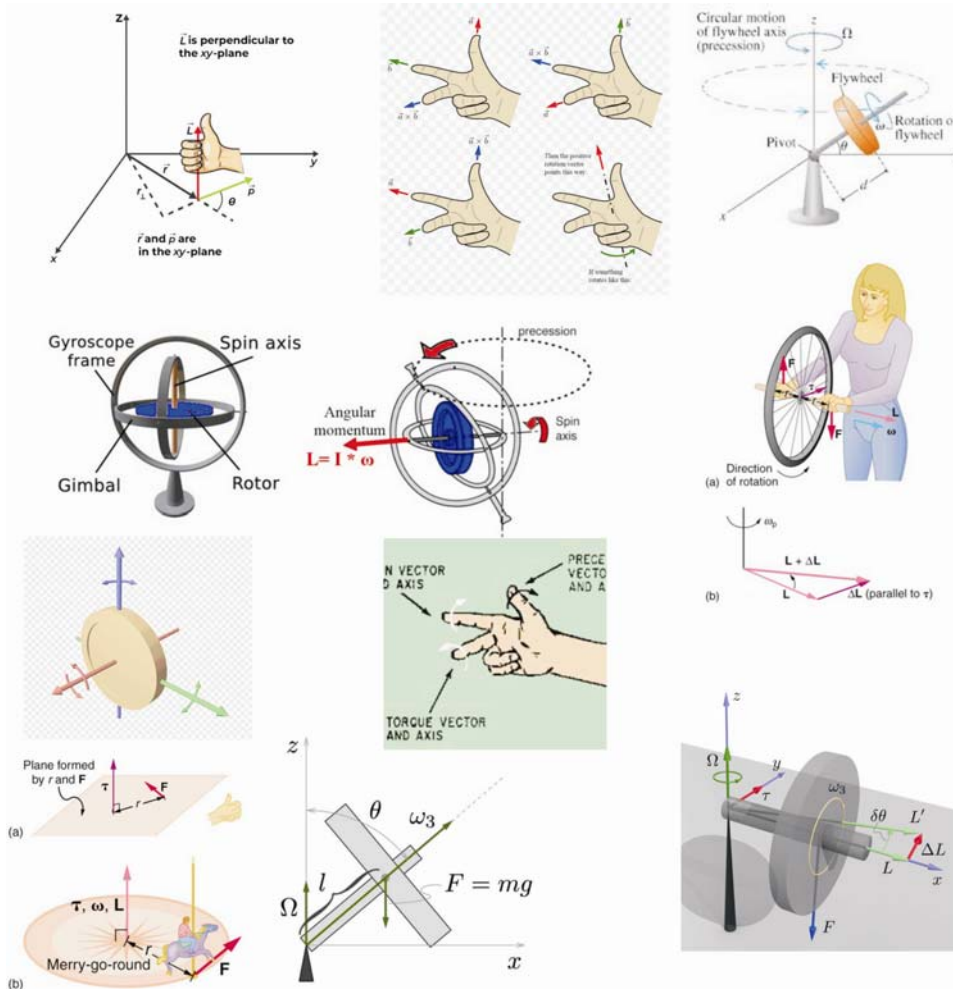


Рис. 1. Иллюстрации общепринятых методов и правил определения направления гироскопического момента. Источник: Интернет.

- Правило трех пальцев правой руки: 1. Большой палец указывает направление угловой скорости вращения. 2. Указательный палец указывает направление углового момента. 3. Когда большой и указательный пальцы находятся под прямым углом, средний палец, расположенный перпендикулярно им, указывает направление вектора гироскопического момента. Например, если большой палец (вращение) указывает вперед, а указательный палец (кручение) — вверх, то средний палец указывает влево.

Систематически все правила объединены в три группы:

1. Теорема Резаля и ее производные: правило Жуковского и правило «погони».
2. Математический векторно-координатный подход, в котором векторное произведение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ применяется в правосторонней системе координат X, Y, Z, которая является условной системой отсчета, в которой ось x, вращающаяся вокруг оси y, дает положительное направление оси Z.
3. Мнемонические правила: правило винта правой руки (на согнутых пальцах правой руки). Правило трех пальцев (большой, указательный и средний). Правило захвата правой рукой.

Но хотя они кажутся тремя различными основными группами методов, эти правила иерархически связаны. Теорема Резаля — это физический закон, векторное произведение — его

математический язык, а мнемонические правила — практические инструменты для визуализации.

Хотя векторное произведение также присутствует в теореме Резаля, они представляют собой два разных подхода к анализу одного и того же инерционного явления. Теорема Резаля рассматривает гироскоп как целое твердое тело с кинетическим моментом $L=J\omega$. Согласно ей, при приложении внешнего момента M кончик вектора $L(\omega)$ движется со скоростью, равной этому моменту. Векторное произведение возникает из математического описания вращения вектора в пространстве. Сила Кориолиса $F_k=2m(\omega \times v)$ действует на эти движущиеся частицы перпендикулярно их траекториям. Сумма этих микроскопических сил Кориолиса по всему диску создает пару сил, которые порождают макроскопический гироскопический момент. Связь с векторным произведением осуществляется через теорему Кориолиса для производной вектора в движущейся системе.

Таким образом, у нас есть одно правило. Это закон сохранения импульса. Все упомянутые нами методы представляют собой различные математические или фундаментальные «интерпретации» этого закона.

Поскольку теорема Резаля рассматривает диск как единое тело, она дает результат действия. Но действие силы Кориолиса на каждый сектор диска периодически пульсирует, и поэтому теорема применяет секторальный анализ явления. Микросекторальный анализ предпочтительнее макроанализа.

Классическая физика предполагает, что сила Кориолиса является физической причиной гироскопического момента. Она действует по-разному на каждую точку маховика, создавая пару сил. Давайте шаг за шагом покажем действие этой силы, рис. 2:

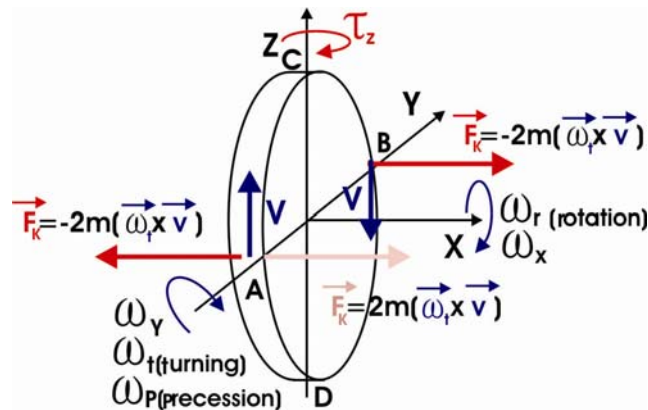


Рис. 2. Формирование гироскопического момента из силы Кориолиса.

У нас есть маховик, вращающийся вокруг оси X с угловой скоростью $\omega_{rotation}$ и вокруг оси Y с угловой скоростью прецессии ω_p . Но давайте уточним, что здесь угловая скорость вращения вокруг оси X равна ω_x , и это также угловая скорость вращения ω_r . Угловая скорость прецессии ω_p — это угловая скорость поворот ω_t вокруг оси Y, и, следовательно, она равна ω_y .

Шаг 1: Определим периферийные скорости в двух симметричных точках A и B, где ось вращения Y пересекает диск.

Шаг 2: Вычислим силу Кориолиса $F_k = -2m(\omega_y \times v)$ для каждой точки: В точке A векторное произведение ω_y и v создает силу F_k , которая, из-за знака минус, действует влево. В точке B векторное произведение $\omega_y \times v$ создает силу F_k , которая, из-за знака минус, действует вправо. Для точного определения направлений мы используем некоторые из перечисленных выше правил.

Например, мы используем правило трех пальцев: если в точке A большой палец равен ω_y , а указательный палец равен v , то средний палец указывает в направлении векторного произведения (вправо). Но из-за знака „-“ в формуле реальная сила Кориолиса F_k направлена влево.

Другое правило: если мы направим вытянутые пальцы правой руки в направлении вектора вращения (прецессии) ω_y , а затем сократим пальцы в направлении периферийной

скорости v , то большой палец будет указывать в направлении векторного произведения. Знак „-“ меняет направление силы F_k .

Шаг 3: Формирование гироскопического момента: Две силы F_{kA} и F_{kB} равны по величине и противоположны по направлению, действуют на расстоянии r и создают момент τ_z относительно оси Z . Этот момент перпендикулярен плоскости, образованной осью вращения X и осью разворот (прецессии) Y .

В итоге: сила Кориолиса действует на частицы ротора в противоположных направлениях, что приводит к появлению реактивного гироскопического момента, направленного перпендикулярно осям вращения и прецессии. На практике это проявляется в наклоне гироскопа в плоскости, в которой не действует никакая сила.

Ключевым математическим (теоретическим) моментом в объяснении инерционного явления является двойное использование векторного произведения в двух вариантах: как векторное произведение линейной и угловой скорости $F_k = -2m(\omega_y \times v)$ и как векторное произведение двух угловых скоростей $\tau_z = J_x \omega_x \times \omega_y$. Устоявшаяся теоретическая модель предполагает, что математическая операция «векторное произведение» универсальна и всегда подчиняется правилу правой руки. Разница заключается в том, что сила Кориолиса действует на «микро» уровне, поскольку она действует на сектор. Гироскопический момент находится на «макро» уровне, поскольку он действует на всё тело. В обоих случаях используются одни и те же правила. Для перехода от микро к макроуровню мы применяем математическое упрощение: мы выражаем элементарный момент как векторное произведение элементарной силы Кориолиса на радиус-вектор. Мы применяем тождество двойного векторного произведения. После интегрирования и редукции мы получаем макровекторное произведение $\tau_z = J_x \omega_x \times \omega_y$. Это показывает, что суммарный эффект всех сил Кориолиса эквивалентен векторному произведению двух угловых скоростей, масштабированному инерцией тела.

$$d\vec{\tau} = \vec{r} \times d\vec{F}_k = -2dm[\vec{r} \times (\vec{\omega}_r \times (\vec{\omega}_x \times \vec{r}))] \quad (1)$$

$$\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) = \vec{B}(\vec{A} \cdot \vec{C}) - \vec{C}(\vec{A} \cdot \vec{B}) \quad (2)$$

$$(\vec{\omega}_r \times (\vec{\omega}_x \times \vec{r})) = \vec{\omega}_x(\vec{\omega}_r \cdot \vec{r}) - \vec{r}(\vec{\omega}_r \cdot \vec{\omega}_x) \quad (3)$$

$$d\vec{\tau}_z = -2dm[\vec{r} \times (\vec{\omega}_x(\vec{\omega}_y \cdot \vec{r}) - \vec{r}(\vec{\omega}_y \cdot \vec{\omega}_x))] \quad (4)$$

$$d\vec{\tau}_z = -2dm[(\vec{r} \times \vec{\omega}_x)(\vec{\omega}_y \cdot \vec{r})] \quad (5)$$

$$d\vec{\tau}_z = J_x \vec{\omega}_x \times \vec{\omega}_y \quad (6)$$

Более подробно это выглядит так: Мы выражаем момент через силу Кориолиса. Для любой элементарной массы dm с радиус-вектором r и скоростью $v = \omega r$ сила Кориолиса имеет смысл (1). Применяем тождество для двойного векторного произведения (2). Для внутренних скобок получаем (3). Подставляя обратно в (1) и получаем (4). Поскольку вектор $gr = 0$, второй член исчезает и остается (5). При интегрировании всего объема массы диска члены, содержащие r , становятся моментом инерции массы J . После преобразований получаем (6). Это показывает, что суммарный эффект всех сил Кориолиса эквивалентен векторному произведению двух угловых скоростей, масштабированному инерцией тела вдоль оси вращения.

Это объяснение отнюдь не единственное, циркулирующее в информационном пространстве. Поэтому многие читатели не согласятся с предложенным здесь, поскольку у них, вероятно, есть свои любимые объяснения. В интернете можно найти несколько десятков видеороликов, например [1] и [2], где секреты гироскопа объясняются вживую. Хорошим чтением является [3], где на 23 страницах подробно описаны различные аспекты явления гироскопа. Во многих других учебниках объяснения сводятся к типичным: «Если тело совершает вращения вокруг оси X и поворот вокруг оси Y , то вполне естественно, что вокруг

оси Z возникает крутящий момент, потому что именно это предсказывает векторное произведение». Вы когда-нибудь задумывались, почему существует так много объяснений одного явления? Почему, например, так мало обсуждается явление третьего закона Ньютона $F_a = F_r$? Потому что оно исчерпывающее! Почему мы продолжаем публиковать материалы о гироскопе, включая публикации с такими претенциозными названиями [4], хотя все утверждают, что все было открыто очень-очень давно? В чем проблема? Вероятно, проблема в подходе. Мы принимаем классическую механику как нечто монолитное, давно завершенное самым совершенным образом, и поэтому здесь просто нет проблем. Но это совсем не так. В классической физике существует множество нерешенных проблем:

- Проблема несогласованности системы законов Ньютона: Первый закон регулирует сохранение скорости и направления, а Второй и Третий касаются только сохранения скорости.
- Проблема фиктивной силы $F = m\mathbf{v}\omega$, согласно которой сила может быть создана из сохраняющихся скоростей. Это прямое возбуждение для Вечного Движения! Подстрекательство к Вечному Движению веками считалось наказуемым деянием в Классической Физике. Мы невольно задаемся вопросом, почему вся классическая физика не находится в тюрьме?
- Векторное произведение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ не Должно Быть Возможным, потому что оно Соединяет Взаимно Перпендикулярные векторы, которые Должны Быть Взаимно Изолированы согласно Принципу Проекций Галилея. Явление гироскопического крутящего момента физически не должно существовать, как и векторное произведение. И если они существуют, то это означает, что классической механике чего-то не хватает.
- Проблема в том, что векторное произведение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ не соответствует векторной сумме.
- Проблема в однонаправленности векторного произведения [5] $J_x \omega_x \omega_y \rightarrow \tau_z$.
- Векторное произведение не соответствует принципу суперпозиции.
- Идея второго главного движения в классической механике не очень хороша, потому что векторы второго главного движения не отражают всех аспектов вращения.
- Почему фундаментальная инерция, формирующая наше фундаментальное представление о материальном мире, считается фиктивной и не является частью фундаментальных сил?

Это еще не все, но автор предполагает, что этого достаточно, чтобы прийти к выводу, что, возможно, пришло время расширить рамки, оставленные нам отцами классической механики. Если мы этого не сделаем, то как бы мы ни искажали и ни переворачивали устоявшиеся представления, мы будем получать одно и то же снова и снова, или, в лучшем случае, что-то похожее на это. Например, мы могли бы создать новое мнемоническое правило, которое мы бы назвали правилом двух локтей: мы можем расположить локти обеих рук в пространстве таким образом, чтобы получить правильное направление гироскопического момента. Но это снова будет то же самое, или что-то очень похожее на это. Отцы классической механики проделали замечательную работу в те далекие эпохи. Возможно, пришло время нам сделать что-то полезное в современном XXI веке.

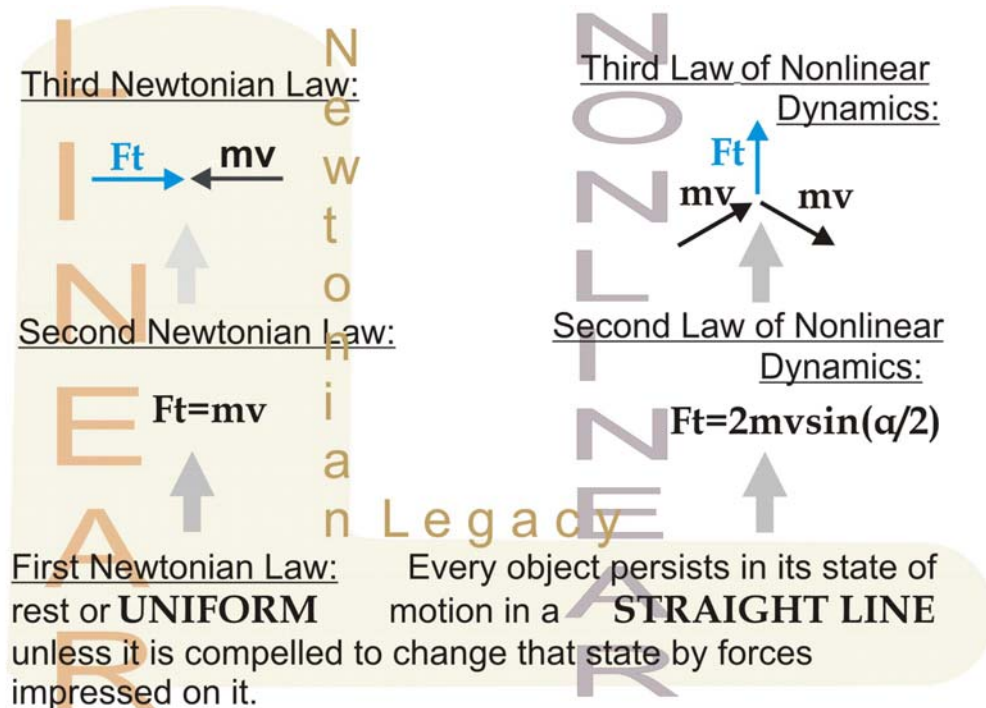
2. Новый метод определения направления гироскопического момента.

2.1 Нелинейная динамика.

Более двадцати лет Автор использует в своих теоретических и экспериментальных работах Новый метод определения направления гироскопического момента. Он является прямым следствием волновой природы образования гироскопического момента, как описано в [6] и [7]. Новый метод представляет собой применение Второго и Третьего Законов Нелинейной Динамики, см. рис. 3, которые разработаны в серии из трех статей [8], [9] и [10].

Необходимость добавления новых законов к трем ньютоновским возникает из-за так называемой Несогласованности в ньютоновских законах. Как показано в [10] и [11], несогласованность заключается в том, что если Первый закон Ньютона формулирует два сохраняющихся потенциала инерционного движения, скорости и направления, то есть скорости

внутри направления и направления внутри скорости, то Второй и Третий имеют дело только с инерционным потенциалом измененной скорости внутри направления. А как насчет инерционного потенциала измененного направления внутри скорости? Как показано в [10] и [11], первый закон Ньютона не делает различий между инерционным потенциалом измененной скорости и инерционным потенциалом измененного направления. И скорость, и направление являются запасенными инерционными состояниями. Оба изменяются под действием внешней силы. Оба инерционных состояния сопротивляются изменению силой, равной и противоположной приложенной. В чем разница? Третий закон не делает различий.



Фиг. 3. Законы на Линеината и Нелинейната Динамика.

Как было определено в параграфе “About Mother Nature’s Rules” [11], инерционная сила, изменяющая направление, объявляется фиктивной в классической механике. Путаница возникает из-за того, что эти типы сил и моментов являются функциями двух скоростей. Скорости в классической механике сохраняются в силу фундаментального понятия Первого закона Ньютона, в отличие от ускорения. Сохраняющиеся скорости лежат в основе нашего устоявшегося понимания физического мира инерции. Поэтому выражения типа $F_k=2mv\omega$, $F_c=mv\omega$ и $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ показывают, что нечто, изменяющее инерцию (сила, момент), может быть создано из инерции, которая не изменяется (произведение сохраняющихся линейной и угловой скоростей ($v\omega$)). И это прямой запрос на Вечное Движение. Чтобы выйти из этой запутанной ситуации, предлагаются решения. Устоявшееся решение классической физики заключается в том, что F_k , F_c и τ_z являются фиктивными, и поэтому нам не нужно с этим разбираться. Решение, предложенное в [11], состоит в том, что $v\omega$ не является произведением двух сохраняющихся скоростей, а представляет собой неконсервативную комплексную скорость, также согласно Первому закону Ньютона. Мы обнаружим как минимум два различия в выбранных концепциях:

Во-первых: Устоявшаяся классическая концепция ищет решения в F_k , F_c и τ_z , объявляя эти силы и моменты фиктивными. То есть решение классической физики относится к левым частям уравнений задачи $F_k=2mv\omega$, $F_c=mv\omega$ и $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$. В противоположность этому, концепция нелинейной динамики из [11] заключается в поиске решения в $v\omega$ и $\omega_x\omega_y$, то есть в правых частях $F_k=2m\omega v$, $F_c=mv\omega$ и $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$.

Во-вторых: решение классической физики в первую очередь относится к человеческой деятельности: «Не стоит этим заниматься, потому что F_k , F_c и τ_z фиктивны!» Решение из [11] относится к физической природе инерции: v и ω сохраняются или $v\omega$ не сохраняется.

Кстати, сила Кориолиса $F_k=2mv\omega$ не менее фиктивна, чем центробежная сила $F_c=mv\omega$, поскольку обе основаны на инерционном явлении ($v\omega$), или, точнее, $(mv\omega)$. Несмотря на многовековое развитие, классическая механика до сих пор не разработала приемлемого физического объяснения явления $F=mv\omega$ в качестве контраргумента к $F=ma$. Тем не менее, она охотно использует фиктивную силу Кориолиса в выложениях от (1) до (6) для объяснения происхождения гироскопического момента. Однако, когда тот же самый «кирпич» ($v\omega$) используется для объяснения движения без реакции, классическая физика говорит: «Это невозможно, потому что $F=mv\omega$ фиктивна, поскольку она нарушает «правильное» $F=ma$ ». Почему классическая физика использует двойной стандарт?

Конечно, если мы проведем исторический обзор создания векторного произведения, мы доберемся до заслуг Уильяма Гамильтона, Джозии Гиббс и других, которые разработали идеи скалярного произведения, векторного произведения, умножения векторов и других. История [12] описывает открытие математиком сэром Уильямом Роуэном Гамильто кватернионов 16 октября 1843 года, после многих лет попыток объяснить комплексные трехмерные числа, которые его дети часто спрашивали, может ли он «умножить тройки». Прогуливаясь по Королевскому каналу в Дублине, он понял, что решение представляет собой квадратуру четырехмерных чисел, выгравировав основную формулу на камне Брумского моста, где сейчас установлена памятная табличка. Работа Гамильтона над кватернионами непосредственно привела к современному векторному исчислению, включая векторное произведение. Эта история легендарна. Хотя некоторые версии упоминают «гироголоволомку» (поскольку кватернионы теперь являются ключом к вычислению вращения объектов в трехмерном пространстве), первоначальный «детский» вопрос касался умножения троек. Каждый год 16 октября математики со всего мира собираются на «Прогулку Гамильтона» в честь этого момента гениальности.

Одно из рациональных объяснений заключается в том, что инерционное явление гироскопа было навязано классической физике. Керамические волчки использовались в качестве игрушек еще в Древнем Египте. Классическая физика не может избежать «боксерского ринга» гироскопа, заявив: «Мы этим не занимаемся!», как это происходит с «боксерским рингом» нереакционного движения. Она вынуждена искать решение. Оказавшись в первичной ситуации, когда существует явление, но нет объяснения, физика обычно сначала исследует это явление эмпирически. Затем она совершает прорыв, выстраивая скалярное эмпирическое соотношение $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$. Но эта связь скандальна, потому что она соединяет перпендикулярные векторы, которые должны быть изолированы в соответствии с основами классической механики. Мы не можем умножать тройки. Затем физика ищет, как «облечь» это скандальное эмпирическое понятие в законную теоретическую форму. Конечно, сначала ищут решения с помощью существующей векторной суммы. Но очевидно, что её нельзя использовать, потому что сколько бы мы ни суммировали векторы ω_x и ω_y , мы никогда не получим перпендикулярное направление τ_z . Тогда классическая физика находит решение в правиле векторного произведения $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$, предназначенном для легализации невозможной связи между тремя взаимно перпендикулярными векторами. Таким образом, классическая физика говорит нам: «Смотрите, нет ничего скандального в том, что три взаимно перпендикулярных вектора соединены в нарушение принципа проекций, это совершенно нормальная связь». Эта устоявшаяся позиция мешает нам осознать, что, открывая векторное произведение, мы открываем модель физической сущности, а не саму физическую сущность. Если бы мы не нашли векторное произведение, мы бы, безусловно, нашли другую модель. Это возможно, потому что физическая сущность едина, а моделей физической сущности бесконечно много.

Например, в отличие от этого, закон нереактивного движения не навязывается классической физике, и поэтому она может заявить: «Мы не будем с этим бороться». Закон нереактивного движения — это проверка интеллекта, умение построить новое решение из старых «кирпичей». Найдём ли мы возможность, которая нам не навязывается? Кстати, в жизни

есть и другие правила: если ты считаешь себя чемпионом, ты должен бороться с каждым соперником. Если ты отказываешься бороться, то ты больше не чемпион. Возможно, мы будем рассматривать законы нелинейной динамики не как прихоть, а как необходимость. Возможно, мы будем относиться к ним серьезнее, как к единственно возможному развитию, исходящему из первого закона Ньютона.

2.2 Второй и третий законы нелинейной динамики.

Законы Нелинейной Динамики представляют собой обобщенное выражение инерционного эффекта изменения направления линейного импульса mv под углом α (см. рис. 4). Физически изменение направления импульса mv под углом α происходит плавно вдоль дуги 1-2-3. Элементарные инерционные силы, возникающие при изменении направления, известные как центробежные силы, равномерно распределены вдоль дуги. Они выглядят как искривленное поле сил. Это поле неконсолидированных центробежных сил, поскольку их действие не сосредоточено в одном направлении, а рассеяно во многих последовательно близких направлениях. Для установления полного инерционного эффекта необходимо объединить рассеянные силы в единую величину, действующую вдоль одного направления. Именно это и делают Второй и Третий законы Нелинейной Динамики. Иными словами, законы Нелинейной Динамики преобразуют рассеянную вращательную энергию изменившегося направления в консолидированный поступательный импульс изменившейся скорости путем управления (суммирования) дискретными рассеянными частями.

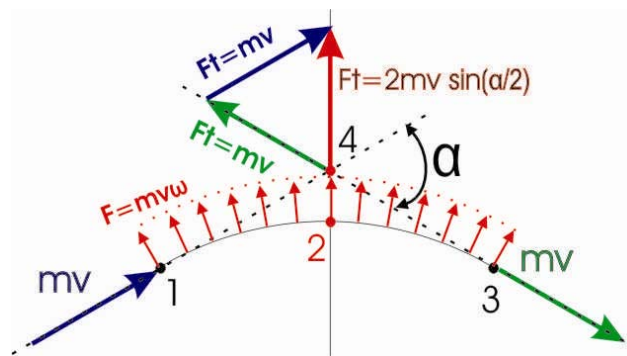


Рис. 4. Совокупный инерционный эффект изменения направления mv .

Очевидно, что полная величина (скаляр) равна векторной сумме всех элементарных $F_c=mv\omega$. Поскольку все $F_c=mv\omega$ равны по величине и отличаются только направлением, мы можем суммировать их с помощью простого интеграла [10] и [13]. Еще проще представить консолидированную величину как векторную сумму импульса F_t , созданного импульсом входного момента mv ($F_t=mv$), и равного и противоположного по знаку F_t выходного момента mv , [8] и [9] и [10]. Таким образом, мы заменяем плавное диффузное высвобождение $F_c=mv\omega$ при плавном изменении угла α и $v=const$ векторной суммой импульса $F_t=-mv$ при плавном уменьшении скорости v до 0 в постоянном направлении от точек 1 до 4 и импульса $F_t=mv$ при плавном увеличении скорости от 0 до v от точек 4 до 3. Таким образом, мы заменяем диффузный эффект фиктивного $F_c=mv\omega$ (когда скорость постоянна, направление меняется) векторной суммой двух допустимых $F_t=mv$ (направление постоянно, скорость меняется). В обоих случаях мы получаем один и тот же результат: величина (скаляр) инерционного потенциала, предсказанного первым законом Ньютона для изменения направления на один mv с углом α , равна $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$. Но, как мы уже говорили, если в первом случае F_t является векторной суммой элементарных фиктивных $F_c=mv\omega$, то во втором случае F_t равна векторной сумме двух макроскопических «легальных» $F_t=mv$ из второго закона Ньютона. То есть, вывод (формулировка) с помощью макроскопической векторной суммы двух $F_t=mv$ имеет преимущество в том, что он выводится непосредственно из второго закона Ньютона. Более того, векторная сумма двух макроскопических векторов проще, чем интеграл. Таким образом,

$F_t=2mv\sin(\alpha/2)$ успешно объединяет понятие центробежной силы $F_c=mv\omega$ с линейным импульсом из второго закона Ньютона $F_t=mv$. Следовательно, Второй закон Нелинейной Динамики является переформулированным вторым законом Ньютона инерционного потенциала измененного направления в диапазоне скоростей.

Консолидация, показанная на рис. 4, устанавливает три важных угла: это угол (α) преломления (или изгиба) входящего и исходящего mv ; это угол $(\pi-\alpha)$; и это угол (π) . Очевидно, что направление консолидированной функции $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$ проходит через точку 2 в направлении биссектрисы угла $(\pi-\alpha)$ на выпуклой стороне преломления наружу.

2.3 Новый метод определения направления гироскопического момента с точки зрения законов нелинейной динамики.

Мы подошли к сути этой статьи: чтобы определить направление гироскопического момента, нам достаточно применить к гироскопу законы Нелинейной Динамики, представленные на рис. 4. Мы будем использовать теоретическую формулировку силы Кориолиса, представленную на рис. 2, без изменений. Мы согласны с тем, что точками приложения сил от гироскопической пары должны быть точки А и В, как если силы являются силами Кориолиса (рис. 2), так и если силы являются результатом инерционного эффекта изменения направления (рис. 4 и рис. 5). Но когда силы представляют собой инерционный эффект изменения направления орбитальной скорости в плоскости X-Z (перпендикулярно Y, рис. 5), то точки А и В являются точками консолидации, эквивалентными точке 2 на рис. 4. Направления периферийных скоростей в точках А и В на рис. 5 вертикальны, как на рис. 2. Чтобы адаптировать направления на рис. 5 к теоретической постановке на рис. 4, мы покажем четыре возможных случая векторов Третьего закона Нелинейной Динамики на рис. 5а/. Для нашего удобства далее мы будем писать только v вместо mv и только F вместо F_t . На всех рисунках входные скорости v (mv) показаны синим цветом, а выходные скорости v (mv) — зеленым. Генерируемые силы F (F_t) и гироскопические моменты показаны красным цветом.

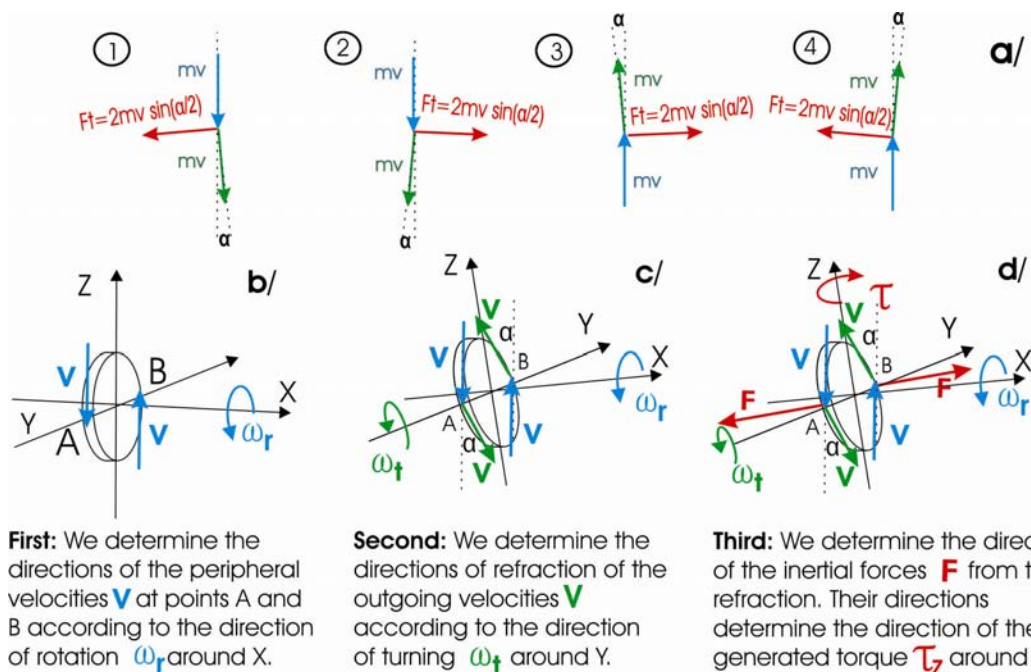


Рис. 5. Применение третьего закона нелинейной динамики для определения направления гироскопического момента. а) Четыре возможных случая в вертикальной конфигурации. б) Определение направлений периферийных скоростей в точках А и В, пересекающих ось вращения Y. в) Определение направлений преломления периферийных скоростей относительно плоскости вращения X-Z. г) Определение направлений $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$ и гироскопического момента τ_z относительно Z.

Рассмотрим три шага:

Первый: Пусть маховик на рис. 5 b/, c/ и d/ вращается вокруг оси X с угловой скоростью ω_r (ω_x), например, против часовой стрелки. Периферийная скорость каждой частицы маховика на рис. 5 b/ будет пересекать горизонтальную ось вращения (прецессию) Y сверху вниз в точке А и снизу вверх в точке В.

Второй: Пусть маховик на рис. 5 c/ поворачивается вокруг оси Y против часовой стрелки с угловой скоростью ω_t (ω_y). Тогда скорость, направленная вниз из точки А, будет отклоняться (изгибаться) вправо, как в случае 1 на рис. 5 a/. Скорость, направленная вверх из точки В, будет изгибаться влево, как в случае 3 на рис. 5a/. Таким образом, одновременно с поворачивания маховика вокруг оси Y мы физически поворачиваем скорости, исходящие из точек А и В.

В-третьих: изгибающаяся вправо выходная скорость в точке А создаст импульс Ft (обозначаемый как F), направленный влево, рис. 5 d/. Изгиб влево скорость в точке В создаст импульс, направленный вправо. Две силы (импульса) действуют в противоположных направлениях из диаметрально противоположных точек относительно оси Z и создают крутящий момент τ_z , направленный по часовой стрелке.

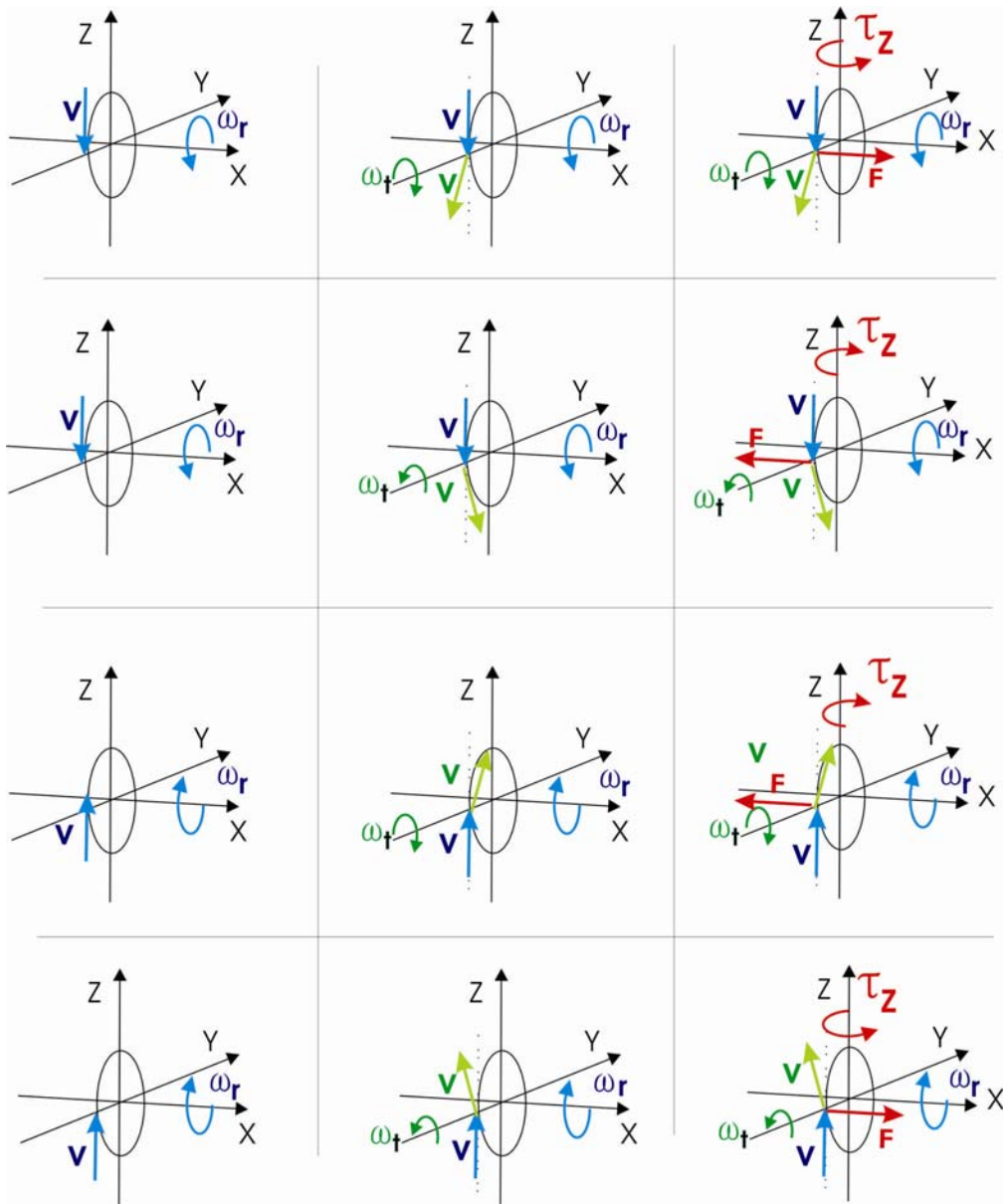


Рис. 6. Четыре варианта преломления периферических скоростей.

На рис. 6 показаны четыре возможных комбинации направлений периферийной скорости и направлений изгиба относительно оси Y , как показано на рис. 5 а/. Мы еще больше упростим метод, если вместо физического вращения маховика вокруг оси Y будем вращать только выходную скорость. Кроме того, мы понимаем, что для определения направления крутящего момента достаточно рассмотреть изгиб периферийной скорости только в одной точке. Мы выбираем точку А просто потому, что она ближе.

В первом столбце (рис. 6) показаны направления входящих скоростей в точке А, определяемые в соответствии с направлением ω_r (ω_x). Во втором столбце показаны направления преломления исходящих скоростей в соответствии с направлением ω_l (ω_y). В третьем столбце показаны силы (импульсы), создаваемые изменением направления орбитальной скорости в плоскости преломления, и направление создаваемого ими гироскопического момента τ_z .

Мы еще больше упростим применение нового метода, исключив систему координат с направленными осями (рис. 7). Нам больше не нужно определять, является ли система координат левосторонней или правосторонней. Нам не нужно применять правило правой руки для определения направлений вращения ω_x , вращения ω_y и момента τ_z .

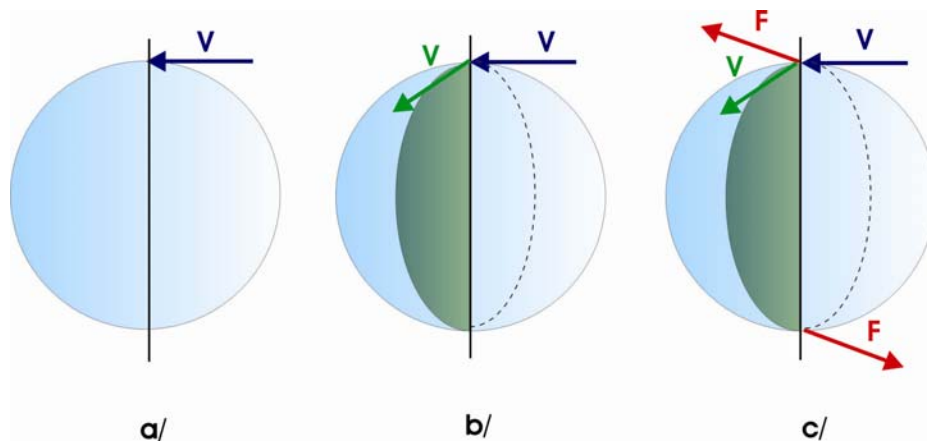


Рис. 7. Упрощенное применение нового метода. а) Определяем направление периферийной скорости, пересекающей ось поворота. б) Определяем направление отклонения периферийной скорости относительно направления поворота. в) Определяем направления сил инерционного отклонения и крутящего момента.

Нам нужно лишь определить направление периферийной скорости, пересекающей ось поворачивания (рис. 7 а) на одной из двух сторон маховика. Затем нам нужно определить, как разворот маховика вокруг этой оси искажает выходную скорость (рис. 7 б). Это определяет направление инерционной силы (рис. 7 в). Мы знаем, что зеркальная инерционная сила создается на диаметрально противоположной стороне. Эти две силы образуют ось, вокруг которой они вращают маховик.

3. Новый Метод определения направления является частью теоретической формулировки для вывода новой формулы для гироскопического момента.

Идея состоит в том, чтобы показать, что Новый метод определения направления гироскопического момента не является изолированным мнемоническим правилом, а представляет собой теоретическую формулировку Нового Метода Определения Гироскопического Моментa, разработанного в трех работах [8], [9] и [10]. Более того, он является небольшой частью нелинейной динамики.

3.1 Геометрия сил.

Силы гироскопической пары создаются инерцией массы. Для создания однонаправленного крутящего момента силы должны действовать в противоположных направлениях относительно Z, рис. 8. Но массы вращаются вокруг оси X и, следовательно, периодически меняют свое положение относительно Z. Соответственно, каждая масса меняет свое положение из точки A в точку B и наоборот. Следовательно, однонаправленный крутящий момент может быть создан только в том случае, если массы одновременно меняют направления создаваемых ими инерционных сил при изменении своего положения. Поэтому гироскопические силы, создающие однонаправленный крутящий момент, должны периодически менять знак. Этот вопрос более подробно рассматривается в [6] и особенно в [7]. Там утверждается, что даже если мы не знаем физического происхождения сил (силы Кориолиса или другие), они, безусловно, должны быть периодическими, чтобы создать однонаправленный крутящий момент.

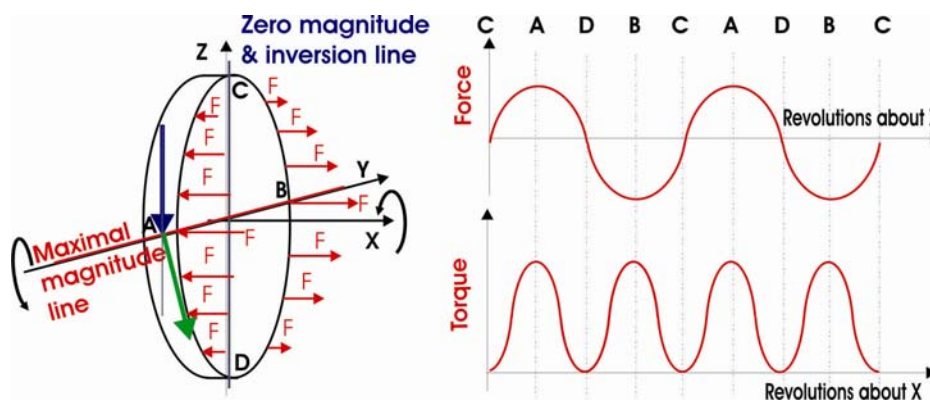


Рис. 8. Геометрия сил и моментов.

Если сила, создаваемая массой, направлена в противоположные стороны в точках A и B, то это означает, что при перемещении из A в B сила плавно меняет направление с +1 на -1 и наоборот. Это означает, что переход от +1 к -1 и наоборот проходит через 0. Следовательно, масса (сектор) не должна создавать силу при прохождении через промежуточные точки C и D. Поэтому сила максимальна, но направлена в противоположные стороны в точках A и B, но равна нулю в точках C и D. То есть, крутящий момент, создаваемый двумя диаметрально противоположными массами, пульсирует: он максимален, когда массы проходят через точки A и B, но равен нулю, когда массы проходят через точки C и D.

Это дает нам основание назвать линию, соединяющую точки консолидации A и B, «линией максимальной величины», поскольку массы создают максимальные силы и крутящий момент, когда пересекают точки этой линии. Мы называем линию, соединяющую C и D, «линией нулевой величины и инверсии», потому что силы там равны нулю, когда они меняют свое направление. Очевидно, что частота изменения гироскопического крутящего момента в два раза превышает частоту изменения сил.

3.2 Скоростная геометрия.

Скорость любой элементарной массы или сектора маховика периодически претерпевает два типа изменений (рис. 9):

Первое: Когда масса проходит через линию максимальной величины, её скорость максимально преломляется. Если в точке A скорость изгибается вправо, то в точке B она изгибается влево.

Второе: Когда масса проходит через линию нулевой величины и инверсии, периферийная скорость вращения вокруг оси X не преломляется, а вместо этого векторно суммируется с периферийной скоростью вращения вокруг оси Y: $v = v_x \times v_y = R(\omega_x \times \omega_y)$. Если в точке C векторная сумма направлена влево, то в точке D векторная сумма направлена вправо.

Период обоих типов изменений равен 2π . Но они сдвинуты по фазе относительно друг друга на угол $\pi/2$. Преломление (изгибание) равно нулю в точках С и D, где векторная сумма максимальна, и оно максимально в точках А и В, где векторная сумма равна нулю. Рассмотрим это подробнее на рис. 9:

- от А до D изгибание вправо уменьшается и переходит в возрастающую векторную сумму вправо,
- от D до В векторная сумма уменьшается и переходит в возрастающее изгибание вправо,
- от В до С изгибание уменьшается и переходит в возрастающую векторную сумму влево,
- и от С до А векторная сумма уменьшается и переходит в изгибание вправо.

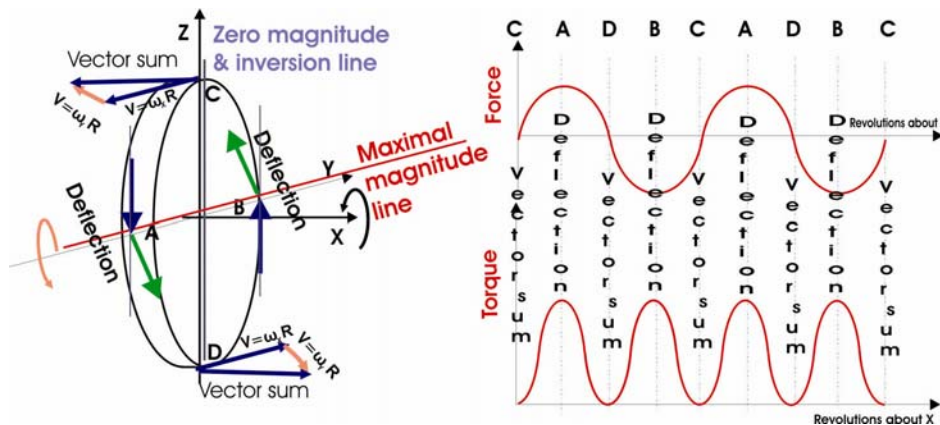


Рис. 9. Геометрия скорости

3.3 Совпадение.

На рис. 9 легко установить, что силы максимальны в точках А и В, где преломление периферийных скоростей максимально. Силы, создающие гироскопический момент, равны нулю там, где преломление периферийных скоростей равно нулю. Это совпадение, случайное или нет, представляет собой теоретическую основу для вывода новой формулы, а также для нового метода определения направления гироскопического момента.

3.4 Новый метод определения направления является частью теоретической основы для вывода новой формулы для гироскопического момента.

Новый метод определения направления гироскопического момента точно повторяет теоретическую формулу, использованную для вывода новой формулы для гироскопического момента из [3], [4] и [5]. Как и на рис. 4, $Ft=2mvs\sin(\alpha/2)$ собирается (консолидируется) в точке 2 дуги 1-2-3, так и на рис. 5 $Ft=2mvs\sin(\alpha/2)$ консолидируется в точках А и В дуг С-А-D и D-B-A в плоскости разворот вокруг оси Y. Следовательно, каждый π -оборот элементарной массы маховика от С к D и от D к С создает один $Ft=2mvs\sin(\alpha/2)$, приложенный в точках А или В в плоскости X-Z. Мы не будем обозначать элементарную массу как Δm , поскольку она может быть достаточно большой, например, угловой сектор маховика.

На рис. 10 показано движение отдельно в перпендикулярных друг другу плоскостях Y-Z и X-Z. Таким образом, мы изолируем скорости и центробежные силы вращения вокруг оси X от скоростей и центробежных сил разворот вокруг оси Y. Дуги С-А-D и D-B-C в плоскости Y-Z образуют замкнутую траекторию, поскольку они соединены. Следовательно, центробежные силы в плоскости Y-Z взаимно уравновешиваются. Однако проекции трехмерных дуг С-А-D и D-B-C представляют собой открытые двумерные траектории $C_{on\ leaving}-A-D_{arriving}$ и $D_{on\ leaving}-B-C_{arriving}$, в плоскости X-Z вращения вокруг оси Y. Эти открытые дуговые

траектории напоминают дугу 1-2-3 на рис. 4, поэтому мы применяем законы Нелинейной Динамики, как и на рис. 4. Второй закон Нелинейной Динамики суммирует все рассеянные инерционные силы изменения направления вдоль дуг $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$, и объединяет их в импульсы $Ft=2mvsin(\alpha/2)$, приложенные в точках объединения А и В. Импульсы $Ft=2mvsin(\alpha/2)$ радиальны вращению масс диска вдоль дуг $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$, и объединяются в точках А и В. Следовательно, силы $Ft=2mvsin(\alpha/2)$ лежат в плоскости вращения X-Z вокруг оси Y, и, следовательно, перпендикулярны плоскости вращения диска Y-Z.

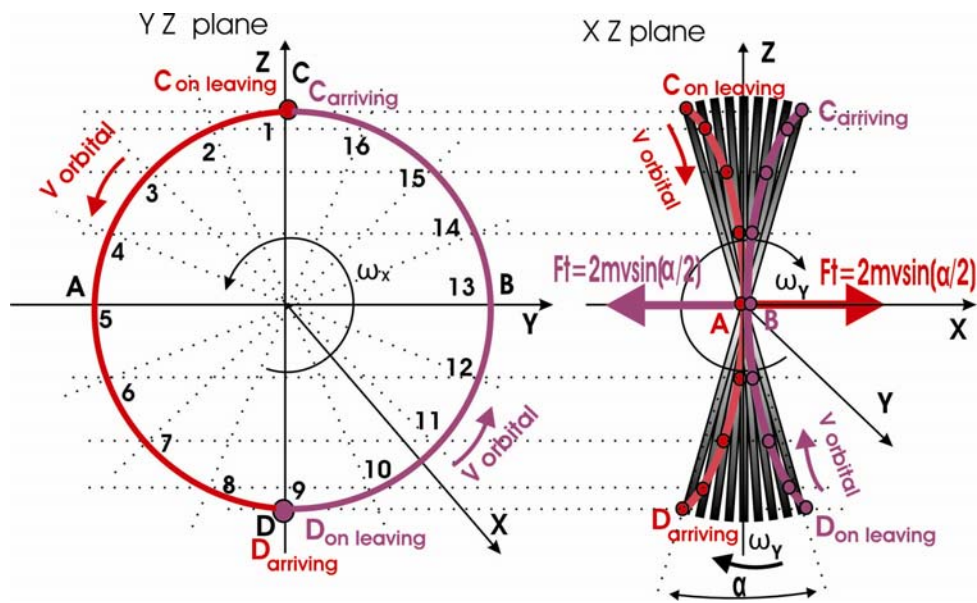


Рис. 10. Работа нелинейной динамики.

Законы Нелинейной Динамики дали нам величину и направление гироскопических сил без необходимости прибегать к услугам векторного умножения. Тогда нам нужно лишь вычислить величину одного суммарного импульса $Ft=2mvsin(\alpha/2)$, умножить результат на число импульсов в секунду и, конечно же, на радиус R, чтобы получить величину и направление гироскопического момента. Для вычисления одной силы $Ft=2mvsin(\alpha/2)$ нам необходимо знать орбитальную скорость v и угол α вращения (прецессии) маховика вокруг оси Y для каждой дуги D-B-A (C-A-D). Для вычисления угла α нам сначала нужно вычислить число N_π π -дуг в секунду (7). Затем мы делим угловую скорость разворот (прецессию) вокруг Y на N_π и получаем угол α вращения для каждой дуги $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$ (8). Затем (9) вычисляет величину $Ft=2mvsin(\alpha/2)$ для одной дуги (одного π -кванта). Чтобы определить величину генерируемого импульса Ft за одну секунду, мы умножаем обе стороны уравнения (8) на число N_π π -дуг $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$ в секунду. Мы определяем крутящий момент относительно Z, умножая обе стороны на радиус R (10). Затем подставляем в (11) $v = \omega R$. Мы интегрируем по всему объему массы диска и получаем момент инерции массы J ($J = mR^2$). Мы получаем окончательное уравнение для генерируемого гироскопического крутящего момента (12).

$$N_\pi = \frac{\omega_x}{\pi} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{\omega_y}{N_\pi} = \frac{\pi\omega_y}{\omega_x} \quad (8)$$

$$Ft = 2mv \sin\left(\frac{\pi\omega_y}{2\omega_x}\right) \quad (9)$$

$$\tau_z = FtRN_\pi = \frac{2}{\pi}mvR\omega_x \sin\left(\frac{\pi\omega_y}{2\omega_x}\right) \quad (10)$$

$$\tau_z = \frac{2}{\pi}mvR^2\omega_x^2 \sin\left(\frac{\pi\omega_y}{2\omega_x}\right) \quad (11)$$

$$\tau_z = \frac{2}{\pi}J_x\omega_x^2 \sin\left(\frac{\pi\omega_y}{2\omega_x}\right) \quad (12)$$

Зависимость (8) выражает угол преломления α как отношение угловых скоростей вращения вокруг X (ω_x) и розворот вокруг Y (ω_y). Когда $\omega_x \gg \omega_y$, тогда $\sin(\pi\omega_y/2\omega_x) \approx (\pi\omega_y/2\omega_x)$ (13). С этим отношением мы получаем скалярную форму векторного умножения (14). Примечательно, что отношение $\omega_x \gg \omega_y$ точно совпадает с классическим пониманием гироскопа как тела, которое быстро вращается вокруг своей оси X и одновременно медленно поворачивается (прецессирует) вокруг перпендикулярной оси Y, то есть это в точности условие $\omega_x \gg \omega_y$.

$$\tau_z = \frac{2}{\pi}J_x\omega_x^2 \left(\frac{\pi\omega_y}{2\omega_x}\right) \quad (13)$$

$$\tau_z = J_x\omega_x\omega_y \quad (14)$$

Оказывается, в (14) мы получили скалярную форму векторного произведения (6) без использования векторов и векторных произведений для определения направления гироскопического момента. Нам не нужно правило правой руки для определения направления заданного вектора. Нам не нужно правило трех пальцев, ни правоцентрированная система координат, ни теорема Резаля. Нам не нужно правило Жуковского, правило преследования, правило активного момента, правило умножения троек, правило 90 градусов, скалярное произведение, векторное произведение, dot product, cross product, комплексный анализ от (1) до (6) и так далее. Вместо использования всех этих правил и соглашений мы получили гироскопические силы, перпендикулярные плоскости диска, радиальные поворота вокруг оси Y (в плоскости X-Z), приложенные в точках консолидации A и B. Работа по определению направления была выполнена законами Нелинейной Динамики.

Читатель, вероятно, заметил, что дуги $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$, на рис. 10 не являются однородными, как и дуги на рис. 4. Более того, орбитальные скорости в точках $C_{on\ leaving}$, $D_{arriving}$, $D_{on\ leaving}$ и $C_{arriving}$, перпендикулярны плоскости X-Z. Для определения консолидированной силы $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$ в неоднородных дугах мы разработали и применили теоремы. Существует три группы двумерных теорем:

- Первая группа двумерных теорем регулирует консолидацию $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$ в неравномерных, но симметричных дугах, таких как $C_{on\ leaving-A-D_{arriving}}$ и $D_{on\ leaving-B-C_{arriving}}$.
- Вторая группа двумерных теорем регулирует консолидацию $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$, создаваемую дугами, на которые одновременно действуют радиальное и тангенциальное ускорения. То есть, это происходит, когда масса одновременно меняет направление и скорость.
- Третья группа регулирует периодические характеристики $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$.

Существуют также трехмерные теоремы, регулирующие специфику движения вдоль сложных трехмерных дуг. Мы не будем подробно рассматривать эти теоремы здесь, поскольку

нам потребуется 80-100 страниц. Теперь важно знать, что консолидированная $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$, созданная неравномерными, но симметричными двумерными дугами на рис. 10, ничем не отличается от $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$, созданной четными дугами 1-2-3 на рис. 4. Другими словами, мы можем рассматривать неравномерные, но симметричные дуги $C_{\text{on leaving-A-D}_{\text{arriving}}$ и $D_{\text{on leaving-B-C}_{\text{arriving}}$, так же, как и дуги 1-2-3 на рис. 4.

4. Анализ, Сравнения, Тезисы, Перспективы.

На первый взгляд, следующее выходит далеко за рамки первоначальной идеи объявления о Новом Методе определения направления гироскопического момента. Цель этой части — показать, что старая концепция гироскопа, хотя и хорошо зарекомендовавшая себя, страдает от серьезных фундаментальных недостатков, поскольку была создана с нарушением основных правил. По этим причинам она не способна к дальнейшему развитию и, следовательно, является бесперспективной концепцией. Да, старая концепция дает нам рабочую формулу для определения τ_z и правила для определения его направления в частном случае $\omega_x \gg \omega_y$. Это дает нам возможность использовать гироскоп в инерциальной навигации, в частности, в гироскопах с управляющим моментом, в качестве датчика в электронике, и это все.

Идея состоит в том, чтобы показать посредством анализа и сравнений, что при создании новой концепции удалось избежать фундаментальных недостатков, связанных с Нарушением основных правил. Это дает возможность генерировать разработки в направлении Нелинейной Динамики. Нелинейная Динамика — обширная область. Здесь мы отобрали лишь 20 пунктов, представленных в максимально краткой форме. Предполагается, что они позволяют составить общее представление. Читатель, никогда не сталкивавшийся с этой темой, воспримет многие из представленных тезисов как чистые домыслы.

1. Векторное произведение, используемое классической механикой для вывода $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$, не соответствует векторной сумме. Математика построена на простых правилах, согласно которым любая более высокая математическая (алгебраическая) операция должна быть представлена более низкой, поскольку более высокая является развитием более низкой. Например, 3.5 — это просто сокращенное обозначение $3+3+3+3+3$ или $5+5+5$. Если векторное произведение не может быть представлено векторными суммами, это означает, что оно не соответствует векторной сумме, и, следовательно, является псевдонаучным. А как бы мы определили необходимость деления векторов?

2. Алгебраическое (скалярное) выражение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ из (14) вполне достаточно для определения направления τ_z , поскольку оно определяет силы, перпендикулярные диску гироскопической пары, как радиальные розворот в перпендикулярной плоскости.

3. Законы Нелинейной Динамики обеспечивают хорошо развитую сеть соответствий между Законом Ньютона, $F=ma$ ($Ft=mv$), $F_c=mv\omega$, $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$, $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ и $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$.

4. Векторное произведение $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$, полученное в (6), не может быть разложено обратно на силу Кориолиса, поскольку отсутствует деление векторов. Скалярное произведение $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$, полученное в (14), может быть математически разложено обратно на центробежную силу.

5. Алгебраическая (скалярная) форма векторного произведения $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ является частным случаем $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$. То есть, $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ — это большее значение, а $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ — это меньшее значение. Следовательно, $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ — это не только $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$, но и нечто гораздо большее.

6. Геометрия гироскопа такова, что только сила, меняющая знак и создаваемая массой dm , может создавать однонаправленный крутящий момент. Следовательно, сила Кориолиса должна действовать как $+F$ и $-F$ для периодов Δt , то есть посредством импульсов $+Ft$ и $-Ft$. Классический вывод с помощью двойного векторного произведения из (1) в (6) игнорирует это, а также тот факт, что сила Кориолиса действует рассеянно вдоль π -дуги (подобно центробежной силе на рис. 4), и поэтому ее действие должно суммироваться (консолидироваться) вдоль всей дуги в точке приложения. Классический вывод «пропускает»

все это. Он просто берет $F_k=2mv\omega$ в точке приложения, а затем вычисляет макрорезультат $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$.

В отличие от этого, Нелинейная Динамика создает функцию $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$ путем векторной суммы элементарной $F_c=mv\omega$. В свою очередь, функция $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ создается суммами единичных частей (квантов) $Ft=2mv\sin(\alpha/2)$. Следовательно, вывод τ_z состоит только из ряда векторных сумм и поэтому является «легитимным». Векторная сумма восстанавливает связь между «низким рангом» суммы и «высоким рангом» момента τ_z , которая нарушается в векторном произведении. Метод векторных сумм не опирается на «магическое» появление перпендикулярного вектора за счет правила векторного произведения, а строит его шаг за шагом путем суммирования импульсов. Поэтому он математически более надежен для описания волновой и периодической природы гироскопа. Нелинейная Динамика «прозрачна».

7. «Пропуская» векторную сумму импульсов $+Ft$ и $-Ft$ при формировании однонаправленного гироскопического момента, классический вывод игнорирует периодичность противоположных фазовых состояний инерции, хотя и предполагает, что они образуют $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$. Таким образом, роль динамических фазовых состояний остается скрытой, и макрорезультат дается напрямую. Таким образом, классическая механика ослепляет себя и остается без смысла (инструмента) для этих фазовых состояний.

8. Это оказывается критической ошибкой для понимания того, что если Ft меняют знак, а τ_z пульсирует, то это означает, что силы периодически переходят от $+Ft$ к $-Ft$, а затем к $+Ft$, проходя через нулевые значения, хотя все время $v\neq 0$ и $\omega\neq 0$ (см. рис. 8 и 9). Таким образом, существуют три фазовых состояния: $+F$, $-F$ и 0 . Мы сталкиваемся с инерционным явлением «нулевая сила», где сила $F_c=mv\omega=0$ или $F_k=2mv\omega=0$, даже если $m>0$, $v\neq 0$ и $\omega\neq 0$. Позже мы назовем это явление «клапан инерции».

9. Классическая механика не принимает это, поскольку она рассматривает инерционные взаимодействия только в условиях аналогового континуума, где никто не может «выключить» инерцию. Мы определяем инерцию только по инерционной силе массы, когда она меняет скорость или направление. Поэтому, когда мы говорим, что никто не может «выключить» инерцию, мы имеем в виду, что никто не может выключить инерционную силу в аналоговом континууме. То есть, если масса $m>0$ ускоряется при $a\neq 0$ в аналоговом континууме, то всегда $F=ma\neq 0$, и никто не может сделать даже на мгновение $F=ma=0$, когда $m>0$ и $a\neq 0$. Также никто не может сделать $F_c=mv\omega=0$ или $F_k=2mv\omega=0$, когда $m>0$, $v\neq 0$ и $\omega\neq 0$.

Классическая механика предполагает, что возможно иметь $F_c=mv\omega=0$ в точке перегиба изменения кривизны, поскольку там $\omega=0$. Но геометрия гироскопа предполагает случай, когда скорости в точках перегиба C и D отличны от нуля ($v\neq 0$ и $\omega\neq 0$), и тем не менее $F_c=mv\omega=0$ ($F_k=2mv\omega=0$). В алгебре существует закон нулевого произведения, согласно которому произведение равно нулю тогда и только тогда, когда хотя бы один из его множителей равен нулю. Но очевидно, что в нашем случае это не так, поскольку сила равна нулю, даже несмотря на то, что все три множителя отличны от нуля. Конечно, классическая механика нашла решение: на самом деле множителей не три, а четыре. Четвертый множитель — это синус угла между v и ω . Поскольку в нулевых точках C и D на рис. 2 векторы коллинеарны, то $\sin(0)=0$, и тогда $F_k=2mv\omega\sin(0)=0$. Хорошо, но если фактическая формула не $F_k=2mv\omega$, а $F_k=2mv\omega\sin(\varphi)$, то почему она не используется в классическом выводе из (1) в (6)? Почему не была взята периодическая формула $F_k=2mv\omega\sin(\varphi)$ вместо аналога $F_k=2mv\omega$? Если в нулевых точках C и D $F_k=2mv\omega\sin(\varphi)=0$, а в точках приложения силы A и B $F_k=2mv\omega\sin(\varphi)=2mv\omega$, поскольку $\sin(\pi/2)=1$, то чему равно $F_k=2mv\omega\sin(\varphi)$ во всех остальных точках вдоль дуг $C-A-D$ и $D-B-C$? Почему, когда речь идет о том, что $F_k=2mv\omega=0$ в нулевых точках, мы думаем о четвертом члене $\sin(\varphi)$, но для всех остальных точек дуг он не существует? Да, таковы правила векторного произведения.

10. Это теоретические споры. Важно понимать, что независимо от исхода спора, сила $F=f(v\omega)=0$, независимо от того, что $v\neq 0$ и $\omega\neq 0$ в точках перегиба (нулях) C и D . Важно понимать, что теоретический спор не может изменить физическое явление. Дискретная Нелинейная Динамика признает физический факт, что для этой короткой фазы Δt цикла сила $F=mv\omega=0$, даже несмотря на то, что $m>0$, $v\neq 0$ и $\omega\neq 0$. Классическая физика исключает возможность такого развития событий. Она называет это «Нарушением общепринятых законов природы» и наказывает нарушителей.

11. Игнорируя циклический волновой характер и вычисляя результат напрямую, классическая физика принимает в качестве «допустимых» только фазовые состояния $+F$ и $-F$. Следовательно, она вычисляет только симметричные циклы типа $+F, -F, +F, -F$, которые мы записываем как $+1, -1, +1, -1$. Классическая механика пропускает ноль между $+1$ и -1 и утверждает: «Здесь могут существовать только циклы $+1, -1$. Никто не может накопить однонаправленный инерционный потенциал, потому что никто не может «отключить» инерцию, то есть инерционную силу. А если кто-то это сделает, это будет Нарушением хорошо установленных законов природы».

12. Нелинейная Динамика включает фазу с «отключением» инерционной силы и определяет три фазы: $+1, 0$ и -1 , вместо двух $+1$ и -1 . Таким образом, циклы определяются как $+1, 0, -1, 0, +1, 0, -1, 0, +1$ (см. рис. 8 и 9). Далее Нелинейная Динамика может делать всё что угодно: она может построить симметричный фазовый цикл $+1, -1, +1, -1$ и доказать, что однонаправленный инерционный потенциал не может быть накоплен. Более того, если вы захотите углубиться в это, вы заметите, что цикл $+1, 0, -1, 0, +1$ содержит два нуля. Мы можем записать фазы следующим образом: $+1, -0, -1, +0, +1$. Здесь -0 — фаза при переходе от $+1$ к -1 , а $+0$ — фаза при переходе от -1 к $+1$. Таким образом, теперь у нас есть четыре фазы: $+1, -1, +0$ и -0 . Тогда Нелинейная Динамика может составить новый симметричный цикл фаз $-0, +0, -0, +0$ и снова доказать, что однонаправленный инерционный потенциал не может быть накоплен. Но Нелинейная Динамика может составить асимметричные циклы фаз $+1, 0, +1, 0$ или $-1, 0, -1, 0$, чтобы доказать, что однонаправленный инерционный потенциал может быть накоплен. Более того, испытательное устройство может изменять фазы движения, например: $+0, -0, +0, -0, +1, 0, +1, 0, +1, 0, -1, +1, -1, +0, -0, +0, -0, -1, 0, -1, 0$, демонстрируя различные представления и резкие изменения.

13. В классической механике функции $F_k=2mv\omega$ и $F_c=mv\omega$ являются аналоговые. Ожидаемо, $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ также является аналогом, поскольку она выводится из $F_k=2mv\omega$. Но в Нелинейной Динамике аналоговые $F_c=mv\omega$ преобразуются в периодическую (волновую) функцию $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$, что является неотъемлемой частью логики ее вывода. Следовательно, применение $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$ приводит к периодической зависимости $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$. Всегда лучше анализировать периодическое изменение направления и величины сил от гироскопической пары с помощью периодических функций, а не аналоговых.

14. Механика, основанная на периодичности различных фазовых состояний, которые выявляются путем вывода алгебраической $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ через двойную векторную сумму, уже является периодической, циклической, волновой, дискретной, цифровой и квантовой. В этой волновой нелинейной динамике переход от аналоговые $F_c=mv\omega$ к волновые $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$ соизмерим с преобразованием аналоговые $F=ma$ в волну $F_t=mv$, правая часть которой умножается на волновой оператор $2\sin(\alpha/2)$. Это делается заменой аргумента v аналоговые $F_t=mv$ на аргумент α волны $F_t=2mv\sin(\alpha/2)$. Тогда аналоговые $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$ является лишь частным случаем волны $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$. Классическая физика не предлагает перехода от аналоговые τ_z к волновые τ_z . Она остается аналоговой, замкнутой в аналоговом континууме, и поэтому рассматривает инерцию только как аналоговую.

15. Периодическое соотношение $\tau_z=(2/\pi)J_x\omega_x^2\sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ между векторами X, Y и Z показывает, что степени свободы не связаны «просто так», потому что «просто так» они изолированы. Изолированные аналоговые векторы периодически, волнообразно, дискретно, цифрово, квантово связаны при заданных условиях, что является предметом изучения Нелинейной Динамики. Эта одновременная изоляция «просто так» и связь при заданных условиях создают инерциальную неопределенность (часто используемый термин сингулярность). Позже мы применим эту инерциальную неопределенность в однородном пространстве-времени Эмми Нётер.

16. Открытие того, что соотношение между степенями свободы не «просто так», а является периодическим, волнообразным, дискретным, цифровым, квантовым, дает нам возможность построить новые искусственные соотношения, подобные классическому $\tau_z=J_x\omega_x\omega_y$. Всего на данный момент обнаружено восемь таких соотношений. Они сформулированы как Нелинейные Инерциальные Протоколы (НИП). Кстати, полное название — «Нелинейные протоколы локальной инерциальной связности изолированных векторов в однородном пространстве-времени».

17. Векторная сумма является прямым следствием принципа проекции Галилея, который выделяет перпендикулярные направления. Следовательно, векторная сумма, основанная на функции косинуса, также выделяет перпендикулярные векторы (направления). Но двойное применение той же векторной суммы, которая выделяет, приводит к выражениям $\tau_z = (2/\pi)J_x \omega_x^2 \sin(\pi\omega_y/2\omega_x)$ и $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$, которые не выделяют, а, наоборот, соединяют перпендикулярные векторы. Конечно, перпендикулярные векторы нельзя соединить «просто так», потому что сколько бы мы ни суммировали «просто так» векторы ω_x и ω_y , мы никогда не получим направление τ_z . Оказывается, нам нужно знать, что и как суммировать. Также оказывается, что при грамотном использовании векторной суммы мы можем получить антагонистически противоречивые результаты: от перпендикулярных векторов, выделенных векторной суммой, до перпендикулярных векторов, соединенных векторными суммами. Более того, сталкиваясь с этим противоречием в различных Нелинейных Инерциальных Протоколах снова и снова, мы будем вынуждены сформулировать «Неопределенность в Нелинейной Динамике».

18. Теоремы Нётер являются расширением классической идеи о том, что Вселенная представляет собой аналоговый континуум. Они предполагают, что аналоговое однородное пространство-время нейтрально по отношению к массе (инерции) и, следовательно, не может создавать движение без реакции. Только неоднородное пространство-время может изменять состояние массы, и это, вероятно, так и есть. Аналоговая Ньютоновская и Классическая механика предсказывают, что движение без реакции возможно только в том случае, если нарушена формула $F_1 = F_2$, и это вечный двигатель. Термодинамика подтверждает, что движение без реакции является вечным двигателем первого, второго или третьего рода. Но ни аналоговый однородный континуум Нётер, ни аналоговая линейная Ньютоновская и Классическая механика, ни Термодинамика не допускают возможности такого пространственного волнового инерционного соотношения, в котором периодически в течение коротких периодов Δt сила $F_c = m\nu\omega = 0$ в плоскости вращения, хотя $m > 0$, $\nu \neq 0$ и $\omega \neq 0$. Следовательно, они не предвидят циклов: +1, 0, +1, 0 или -1, 0, -1, 0.

19- Решение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$, полученное из векторной операции (произведения) более высокого ранга, представляет собой исчерпание возможностей более высокого ранга. Когда векторное произведение не соответствует векторной сумме, оно предлагает ложные возможности. Решение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$, полученное из векторного суммирования более низкого ранга, представляет собой открытие новых возможностей. Если векторное произведение решает задачу, которую можно решить векторной суммой, это нехорошо для системы, даже если векторное произведение соответствует векторной сумме. Для иерархической системы всегда лучше решать задачи более низкого ранга, чем более высокого, потому что это не исчерпывает возможности более высокого ранга.

20. Принцип Бритвы Оккама предсказывает, что когда существует много объяснений явления, то самое простое из них является наиболее правильным. Сравнивая двойное применение простой векторной суммы с двойным применением комплексного векторного произведения, даже если мы не учитываем, что векторное произведение является псевдонаучным, мы обнаружим, что бритва Оккама безжалостно исключает комплексное классическое векторное произведение $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ (6) и остается простая двойная векторная сумма, которую мы кратко записываем как $\tau_z = J_x \omega_x \omega_y$ (14).

5. Краткие резюме:

Классическая физика — это наука о равновесии и средних значениях конечного результата. Она не интересуется фазами, которые необходимо пройти, чтобы получить результат. Вместо этого она интересуется только конечным результатом, поскольку считает, что какими бы ни были фазы, конечный результат всегда один и тот же. Это ясно видно из природы теоремы Резаля, правил поиска, законов Жуковского, Фуко, векторного произведения, правил 90-градусов, правил прямого винта, правил трех пальцев и так далее, все из которых сосредоточены на конечном результате. Это видно из классического вывода векторного произведения из (1) по (6): он избегает деталей векторной суммы, элемента и фаз и дает конечный результат непосредственно. Это видно из источников [1], [2] и [3], все из которых

сосредоточены на конечном результате. «Плавное» усредненное движение предпочтительнее, потому что его легче вычислить. Нулевая точка рассматривается как математическая диковинка, а не как рабочий ресурс. Нулевая точка означает, что машина должна быть нелинейной и нестационарной. Классическая физика равновесия и средних значений избегает технологических трудностей, поскольку она предназначена для проектирования и эксплуатации стабильных, предсказуемых и симметричных машин. В настоящее время, если кто-то скажет: «Я буду использовать нулевую точку для создания Нереакционное движение», его автоматически классифицирует научное сообщество как искателя Вечного Двигателя. Хотя, с одной стороны, классическая физика активно продвигает вечный двигатель, используя силы или моменты, являющиеся функцией произведения двух сохраняемых скоростей, с другой стороны, она активно борется с вечным двигателем. Классическая физика, которая не замечает и не разрешает это (и другие) противоречия, не может создать ничего сложнее, чем ракетный двигатель, работающий в однородном пространстве с изолированными степенями свободы.

Истина заключается в том, что связанные степени свободы, нулевая точка, сопротивление скорости, неопределенность и т. д. не могут существовать, если они нарушают законы физики. Да, они могут нарушать устоявшиеся человеческие представления о физических законах, но они не могут нарушать законы физики. Предположение о том, что устоявшиеся человеческие представления идентичны физическим законам или что мы сможем определить физические законы, особенно используя устоявшийся «высокопродуктивный» и «научный» метод, не утруждающий себя этим вопросом, — это верх самоуспокоенности и высокомерия. Мы не понимаем, что человеческие представления меняются, а физические законы остаются неизменными. Поэтому Нелинейная Динамика фокусируется на деталях. Например, если классическая концепция определяет направление гироскопического момента через конечный результат, то новый метод делает это через детали импульса Ft . Детальное рассмотрение инерционного взаимодействия (вместо обобщенных, усредненных значений) выявляет детали, элементы, фазы, нулевую точку, неопределенность, сопротивление скорости и многие другие «мелочи». Затем, эти «незначительные мелочи» можно использовать для создания нетрадиционных инерционных взаимодействий в Нелинейной Волновой Динамике.

6. Заключение.

Силы гироскопической пары перпендикулярны плоскости вращения диска, поскольку они радиальны разворота в перпендикулярной плоскости разворота (прецессия).

Удивительно, что это простое видение оставалось скрытым от устоявшейся классической физики на протяжении всех долгих веков её «устоявшегося» состояния. Поэтому аргумент «Мы не занимаемся этим, потому что устоялось, что это невозможно» низвергается. Классическая физика, которая предпочитает сложное простому, которая использует псевдонаучные векторные произведения и фиктивные силы, которая называет нулевую точку периодического изменения $+F$ на $-F$ и наоборот нарушением, не может считать себя «устоявшейся». Кажется, мы не усвоили исторический урок и снова бросились в омут нарушений и наказаний, как и четыре века назад. Но, конечно, мы не можем этого знать, потому что нас это не интересует.

References

1. Online video, Physics Unsimplified, The mystery of gyroscopic motion: How Does it Do That? <https://www.youtube.com/watch?v=YiQVna7UTiQ>
2. Online video, Michael van Biezen Physics 13.6 The Gyroscope (3 of 5) The Torque of Spinning Gyroscope. https://www.youtube.com/watch?v=qS_dcNqs3d4

3. MIT OpenCourseWare, Free Online Course Materials, Classical Mechanics, Online Textbook, Chapter 22 Three Dimensional Rotations and Gyroscopes. https://ocw.mit.edu/courses/8-01sc-classical-mechanics-fall-2016/mit8_01scs22_chapter22.pdf
4. Ryspek Usubatov, Azmi B. Harun, Mohd Fidzwan B. Md. Amin Hamzas. Gyroscope Mystery is Solved. 2014. International Journal of Advances in Mechanical and Automobile Engg. (IJAMAE) Vol.1, Issue1 (2014) ISSN 2349-1485 EISSN 2349-1403.
https://iieng.org/images/proceedings_pdf/9960E1113506.pdf
5. Bojidar Djordjev, One Way Equations in the Classical Mechanics. Conservation Laws. Preprint, 2024, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5000315
<https://ssrn.com/abstract=5000315> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5000315>
6. Bojidar Djordjev, Free (Reactionless) Torque Generation Fiction or Reality, CONTROL'08: Proceedings of the 4th WSEAS/IASME international Conference on Dynamical Systems and Control. https://www.researchgate.net/publication/379383703_FREE_REACTION_LESS_TORQUE_GENERATION_FICTION_OR_REALITY_Bojidar_Djordjev_Independent_Researcher_Varna_region_BULGARIA_bojidar_djordjev
7. Bojidar Djordjev, Free (Reactionless) Torque Generation—Or Free Propulsion Concept, Publication date 2010/1/28, Journal AIP Conference Proceedings, Volume 1208, Issue 1, Pages 324-338, Publisher American Institute of Physics.
https://www.researchgate.net/publication/258371446_Free_Reactionless_Torque_Generation-Or_Free_Propulsion_Concept
8. Bojidar Djordjev, New method to explain and calculate the gyroscopic torque and its possible relation to the spin of electron, Volume 1, Issue ISBN: 978-960-474-377-3, Pages 55-62. 10th International Conference on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS (MECHANICS '14)
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/78356550/MECH-06-libre.pdf?1641647026=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNew_method_to_explain_and_calculate_the.pdf&Expires=1771595005&Signature=Z02OiQtMbjofJfLgcKlgoouJC7nH9XSPx-o8-Mul2Mbg9IebHRmHXftP2tIHtOpIXhRStUVxlmE4j7FOjH9N9SiekI2nA~ZG0BK113bo0ja9FR195u02IU3RIe7rJSj9ulnLnUDuDHk0aVK83XYX8EDk8JoQSk00MSsW-NELmtWy8ilFKv2YfE7J3LBqRP2YRHoR1SvrTAMl78XnBvRjkXQJ8vDJLY4mkkeVm0DbEh~begjiYf38JCSLVjSE4qqwcqYb1WJysi1NR6jL6HA~m2zw7A3aPlcnencQRIOjgUbNnRIMtzyzpbR9DeLg099V-aEV1yQ50x8B5LzhG0Eilw &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
9. Bojidar Djordjev, New Formula to calculate the gyroscopic torque and its relation to the spin of electron, Publication date 2014, Conference SCIENTIFIC PROCEEDINGS XXII INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE "trans & MOTAUTO '14", Volume 2, Issue ISSN 1310-3946, Pages 31-34
<https://transmotauto.com/sbornik/2014/2/08.NEW%20FORMULA%20TO%20CALCULATE%20THE%20GYROSCOPIC%20TORQUE%20AND%20ITS%20RELATION%20TO%20THE%20SPIN%20OF%20ELECTRON.pdf>
10. Bojidar Djordjev, Reactionless motion explained by the Laws of the Nonlinear Dynamics leading to a new method to explain and calculate the gyroscopic torque and its possible relation to the spin of electron, WSEAS TRANSACTIONS on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS
<https://www.wseas.org/multimedia/journals/mechanics/2014/a105711-097.pdf>

11. Bojidar Djordjev, Step derivative equations of inertial motion in the Classical Mechanics. Conservation Laws, Publication date 2025/11/28, Journal International Journal of Physical Sciences and Research, Volume 1, Issue 1, Publisher International Glint Publications
<https://www.glintopenaccess.com/IJPSR/Articles/IJPSR-25-03.pdf>

12. Wikipedia, Free encyclopedia, History of Quaternions,
https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_quaternions#:~:text=On%20October%2016%2C%201843%2C%20Hamilton,to%20as%20classical%20Hamiltonian%20quaternions.

13. Wei-Kan Chu, James W. Mayer, and Marc-A. Nicolet, Backscattering Spectrometry, Academic Press, 1978, page 23.
https://www.researchgate.net/publication/237064389_Backscattering_Spectrometry_Wei-Kan_Chu_James_W_Mayer_and_Marc-A_Nicolet_Academic_Press_1978

14. Bojidar Djordjev, Acceleration-Acceleration, Acceleration-Velocity, and Four More Modes of Application of Newton's Third Law. Reactionless Motion, Preprint 2025,
https://www.researchgate.net/publication/390573387_Acceleration-Acceleration_Acceleration-Velocity_and_Four_More_Modes_of_Application_of_Newton's_Third_Law_Reactionless_Motion