

Кафедра океанологии
Презентация для курса «Волновые процессы в океане» на
тему:

«Гироскопы : принцип работы и применение.
Гироскопические силы»

Молодыхина Софья
Викторовна

2019



Гироскоп – прибор, имеющий свободную ось вращения и способный реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором он установлен.

Первый гироскоп изобрел Иоанн Боненбергер в 1817 году.

Термин «гироскоп» был введен Жаном Фуко в 1852 году.

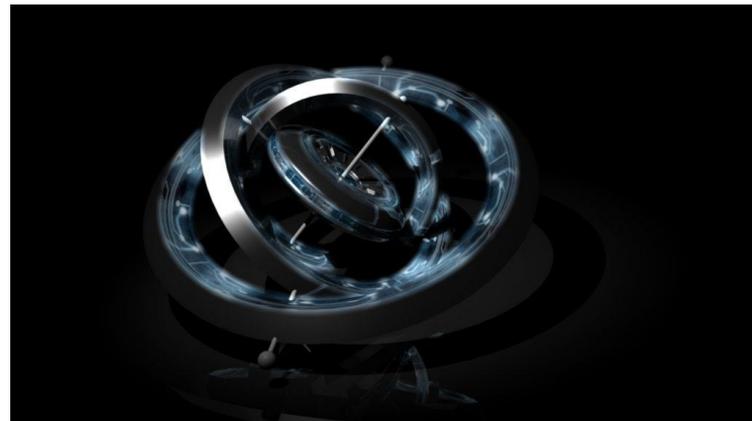
Классифицируются по количеству степеней свободы(двухстепенные, трехстепенные) и по принципу действия(механические, оптические).

А: О, знаешь, у меня новый смартфон, в нем есть даже встроенный гироскоп

Б: Аа, да, я тоже скачала себе, поставила гироскоп на месяц

А: Эмм, ты точно уверена, что это гироскоп?

Б: Да, гироскоп для всех знаков зодиака.



gυrοscοpο – вращаться , skοpο – смотреть,

Свободный гироскоп

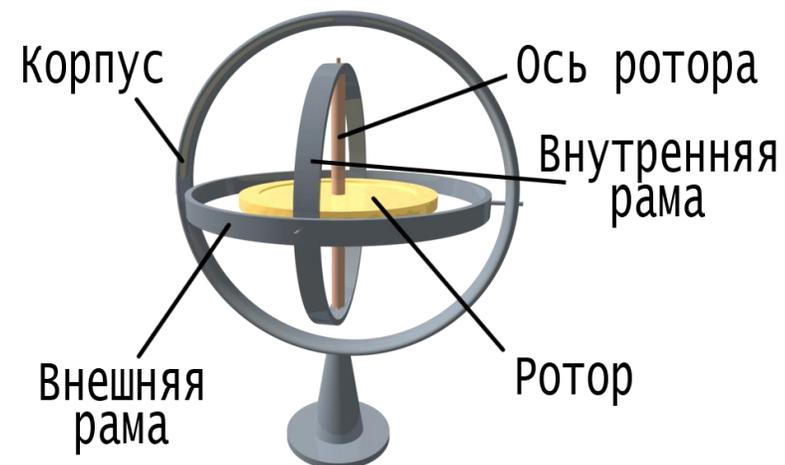
Гироскоп - это массивное аксиально-симметричное тело, вращающееся с большой угловой скоростью вокруг своей оси симметрии.

В этом случае моменты всех внешних сил, включая и силу тяжести, относительно центра масс гироскопа равны нулю.

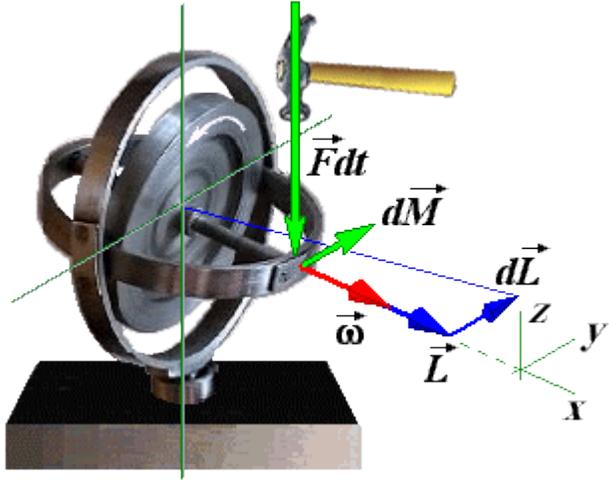
$$\mathbf{M} = \mathbf{0}; \quad \frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{0} \quad (\mathbf{L}=\text{const})$$

Свойства:

- Сохраняет неизменное положение оси вращения в пространстве;
- Устойчив к ударным воздействиям;
- Обладает необычной реакцией на действие внешней силы (если сила стремится повернуть гироскоп относительно одной оси, то он поворачивается вокруг другой, ей перпендикулярной)
- Безынерционен



Элементарная теория свободного гироскопа



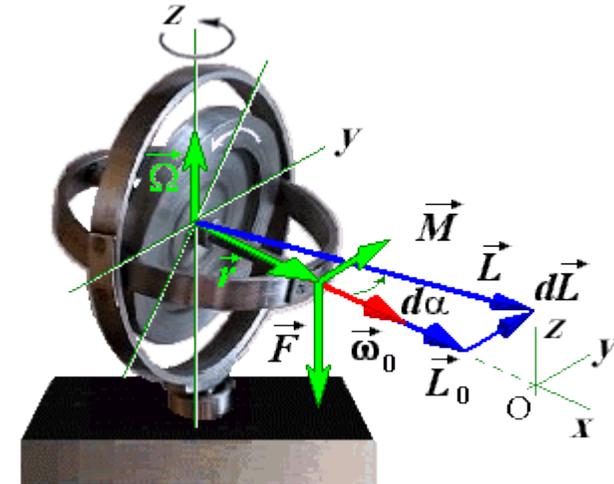
При ударном действии: если сообщить гироскопу импульс $\vec{F} dt$, то создаваемый кратковременный момент внешних сил $d\vec{M}$ и приращение момента импульса $d\vec{L}$ перпендикулярны оси вращения и вектору \vec{L} .

Поскольку гироскоп вращается очень быстро, а время ударного воздействия мало, то отношение $d\vec{L}/\vec{L}$ также очень мало и направление оси вращения не изменится.

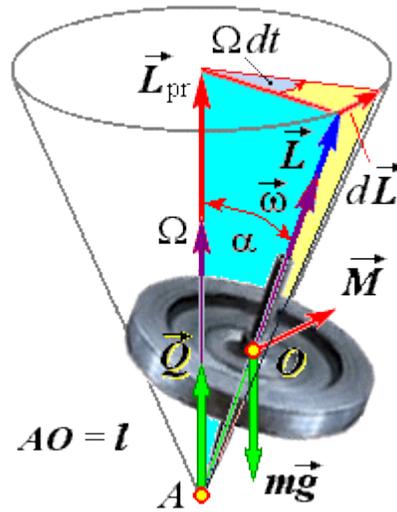
При постоянной действующей силе: пусть первоначальны момент импульса \vec{L}_0 направлен вдоль оси Ox и перпендикулярно этой оси приложена сила \vec{F} , параллельная вертикальной оси Oz . Момент \vec{M} этой силы и вектор $d\vec{L}$ направлены вдоль горизонтальной оси Oy . По истечении времени dt момент импульса \vec{L} и ось вращения гироскопа изменят свою ориентацию в пространстве :

$$\vec{L} = \vec{L}_0 + d\vec{L}$$

Ось вращения повернется на некоторой угол $d\alpha$ вокруг оси Oz . При этом диск гироскопа участвует одновременно в двух вращательных движениях: быстром (вокруг своей оси) и медленном (с угловой скоростью ω , связанном с поворотом самой оси).



Прецессия гироскопа



Прецессия- это движение по окружности конца оси гироскопа под действием постоянно действующей малой силы.

При падении скорости вращения волчок наклоняется и его ось начинает описывать конусную поверхность с вершиной в точке опоры. Прецессия обусловлена действием силы тяжести $F=mg$ и силы реакции опоры Q . Образуется вращающий момент:

$$M=Q \cdot l \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha$$

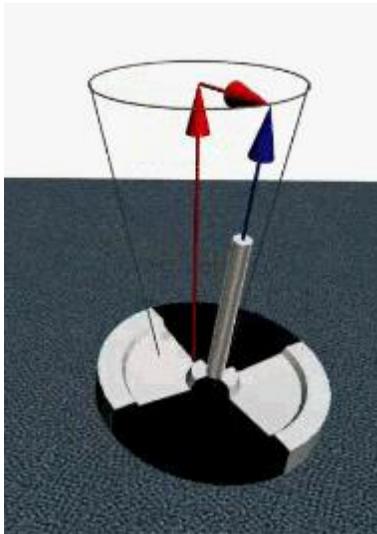
При условии малости промежутка времени dt приращение импульса равно $dL=(\Omega \cdot dt) \cdot L \cdot \sin \alpha$.

Согласно уравнению моментов $dL=M \cdot dt$, отсюда следует, что $M \cdot dt = (\Omega \cdot dt) \cdot L \cdot \sin \alpha$.

Отсюда(учитывая, что $L=J \cdot \omega$) получаем выражение для определения угловой скорости процессии:

$$M= \Omega \cdot J \cdot \omega \cdot \sin \alpha$$

$$m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha= \Omega \cdot J \cdot \omega \cdot \sin \alpha$$



$$\Omega = [m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha] / [J \cdot \omega \cdot \sin \alpha]$$

$$\Omega = [m \cdot g \cdot l] / [J \cdot \omega],$$

где

l – расстояние от точки вращения до центра масс,

α – угол между направлением действия силы тяжести и моментом импульса,

ω – угловая скорость вращения,

J – момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс.

Таким образом, угловая скорость прецессии гироскопа определяется:

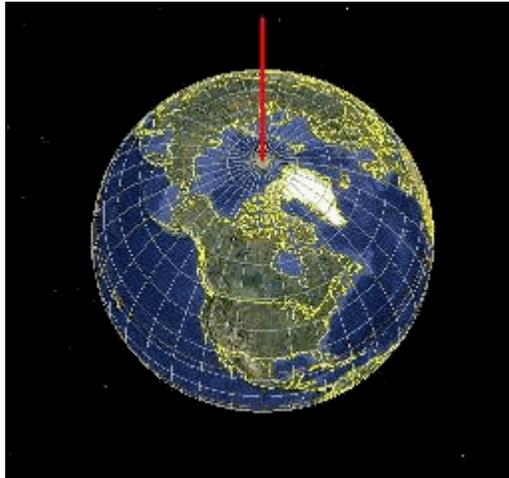
- Величиной внешней силы F ,
- Точкой ее приложения,
- Угловой скоростью вращения диска гироскопа ω ,
- Его момент инерции J .



Направление прецессии зависит от направления действующей силы и направления вращения диска.

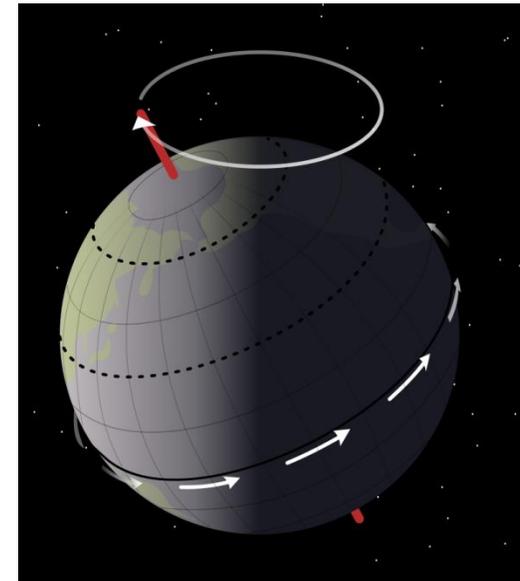
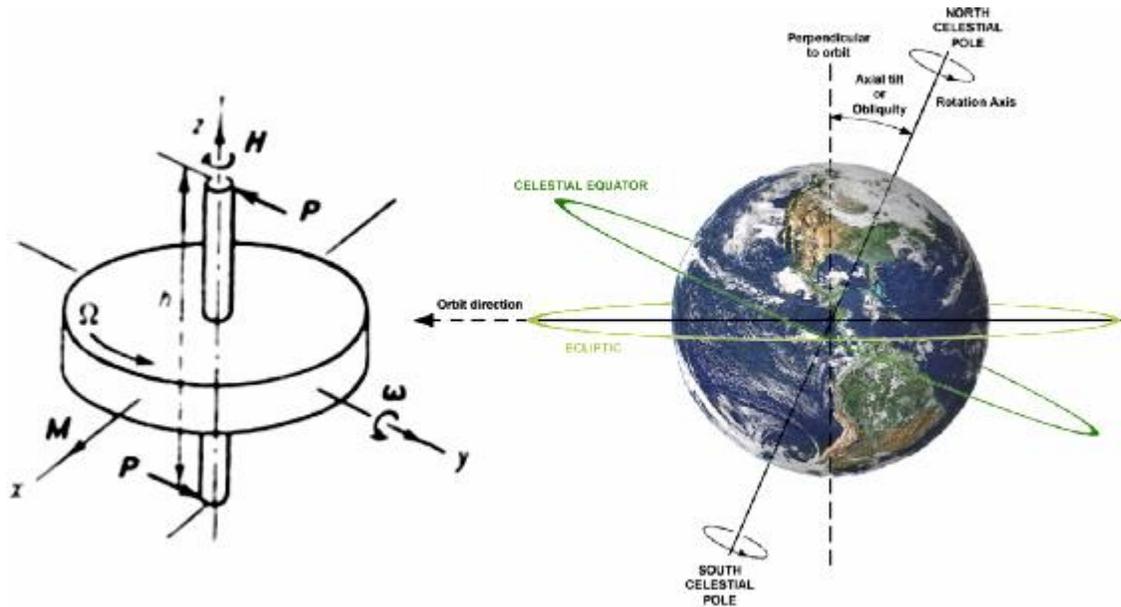


Прецессия Земли



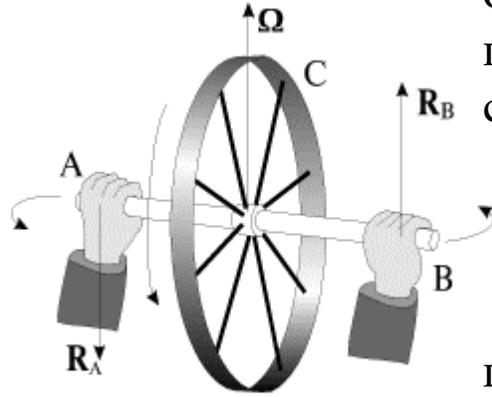
-это медленное движение оси вращения Земли по круговому конусу, ось симметрии которого перпендикулярна к плоскости орбиты. Полный цикл прецессии составляет около 25 800 лет.

Сплюснулось Земли вдоль оси вращения приводит к тому, что гравитационное притяжение тел солнечной системы вызывает прецессию земной оси.



Гирскопические силы. Гирскопический эффект

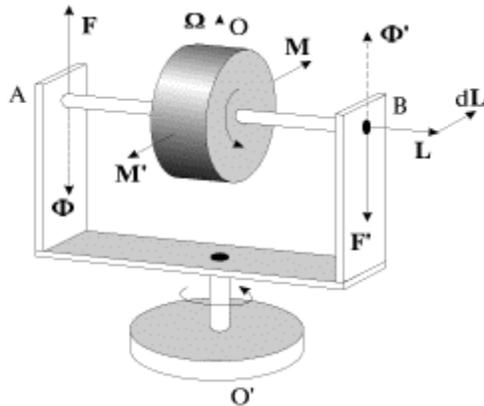
Гирскопические силы - силы, зависящие от скоростей и обладающие тем свойством, что сумма их работ (или мощностей) при любом перемещении системы, на которую действуют эти силы, равна нулю.



$$\sum \mathbf{F}_i * d\mathbf{r}_i = 0 \text{ или } \sum \mathbf{F}_i * \mathbf{v}_i = 0$$

F_i — гирскопические силы, r_i — радиусы-векторы точек приложения сил, v_i — скорости точек.

Появление гирскопических сил называется гирскопическим эффектом.



Из элементарной теории :

$$\mathbf{L} = \mathbf{J}\boldsymbol{\omega}$$

(момент импульса)

$$\mathbf{M} = \boldsymbol{\Omega} * \mathbf{L} = \boldsymbol{\Omega} * (\mathbf{J}\boldsymbol{\omega})$$

(момент внешних сил, действующих на ось (точка A))

$$\mathbf{M}' = -\mathbf{M} = \mathbf{J}\boldsymbol{\omega} * \boldsymbol{\Omega}$$

(момент внешних сил, действующих на точку B)

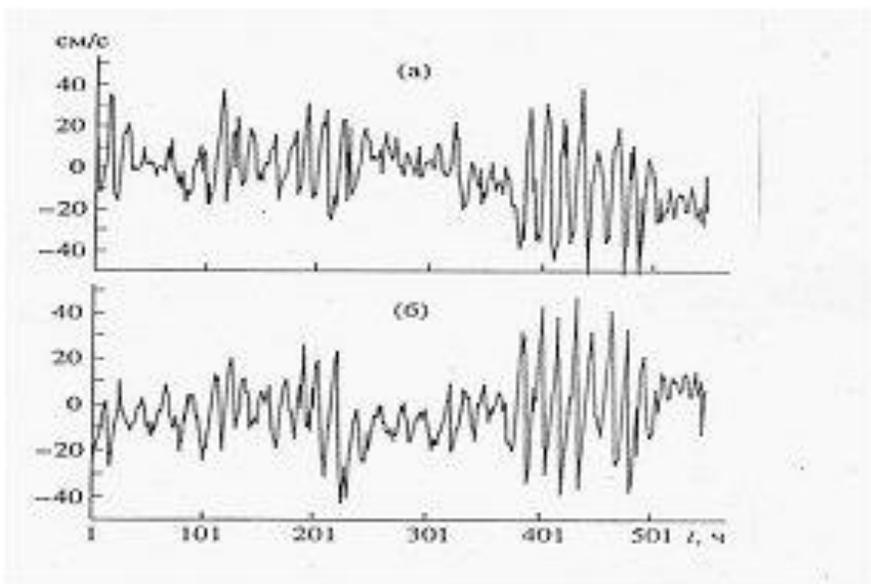
Гироскопические волны

-это поперечные волновые движения в сплошной среде , вызванные силой Кориолиса, действующей во вращающейся системе отчета.

Минимальный период волн зависит от географической широты φ :

$$T = 12\text{ч.}/\sin\varphi,$$

то есть составляет половину суток на полюсе и стремится к бесконечности на экваторе.



Записи скоростей течений гироскопических (инерционных) волн, зарегистрированных в средней части Среднего Каспия

Экспериментально установлено, что в океанах и морях такие волны регистрируются от поверхности до горизонта 5000м, однако наибольшие скорости волновых течений наблюдаются в верхнем слое воды (50-100 м).

Гироскопические волны играют большую роль в задачах динамики роторов, турбин, сепараторов, центрифуг, вращающихся летательных аппаратов, содержащих жидкость, и некоторых геофизических задачах (течения в жидком ядре Земли).

Применение гироскопа



- Автоматическое управление движением самолетов и кораблей;
- Навигация ;
- Ориентация и стабилизация космических аппаратов.

гироскопический тренажер для космонавтов



гировертикаль



гирокомпас



авиационный указатель поворота

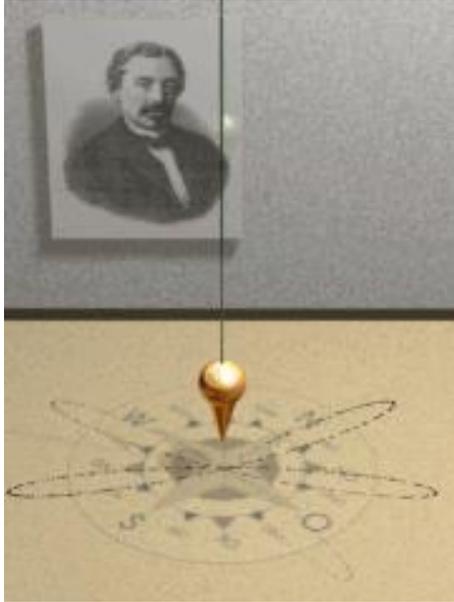


гироскопический кистевой тренажер



Гиростабилизатор

Маятник Фуко



Маятник Фуко является математическим маятником, плоскость колебаний которого медленно поворачивается относительно земной поверхности в сторону, противоположную направлению вращения Земли.

Первый публичный эксперимент был проведен в парижском Пантеоне в 1851 году.

Маятник, установленный на Северном или Южном полюсе, будет делать оборот за 24 часа. Маятник, установленный на экваторе, вообще не будет вращаться, плоскость останется неподвижной.

В произвольной точке с географической широтой φ скорость вращения плоскости колебаний идеального маятника Фуко Ω_p относительно поверхности земли составляет:

$$\Omega_p = 15 \sin \varphi$$

Для неидеального маятника Фуко скорость вращения плоскости колебаний зависит и от длины подвеса:

$$\Omega_p \approx 15 \left[1 - \frac{3}{8} \left(\frac{\alpha}{l} \right)^2 \right] \sin \varphi,$$

α -амплитуда колебаний груза маятника,
 l - длина нити.



Маятник Фуко в парижском Пантеоне