

# Giroscópio e precessão: o que são? E para que servem?

Paulo Freitas Gomes

17 de Fevereiro de 2018



# Sumário

1. Precessão
2. Giroscópio
3. Modelo Teórico
4. Aplicações



## O que é precessão?

- Precessão é a rotação do eixo de rotação de um objeto em torno de um segundo eixo.
- É criado pelo torque da força peso (em geral) sobre o centro de massa quando o objeto está já em rotação.

## O que é precessão?

- Precessão é a rotação do eixo de rotação de um objeto em torno de um segundo eixo.
- É criado pelo torque da força peso (em geral) sobre o centro de massa quando o objeto está já em rotação.
- Não é um fenômeno intuitivo.
- Porém mostra o quão sensacional é a grandeza momento angular!

## Precessão da Terra

- O eixo de rotação da Terra sofre precessão: ele rotaciona em torno de outro eixo com um período de 26 mil anos.
- O torque causador é exercido pela atração gravitacional da Lua e Sol.

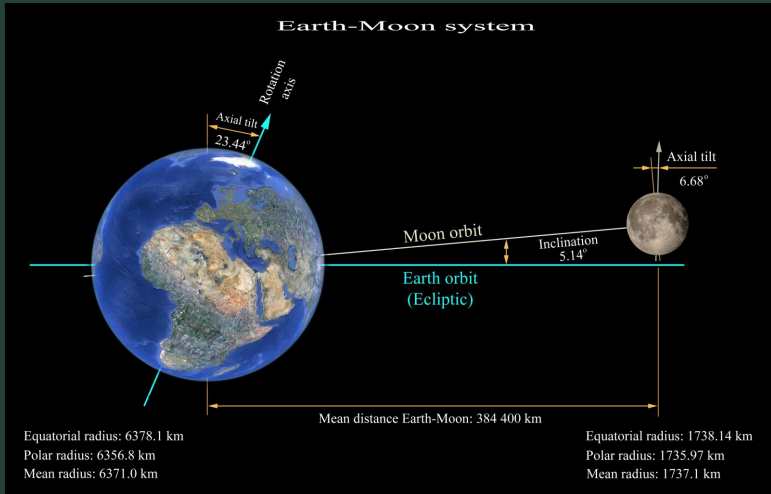


## Precessão da Terra

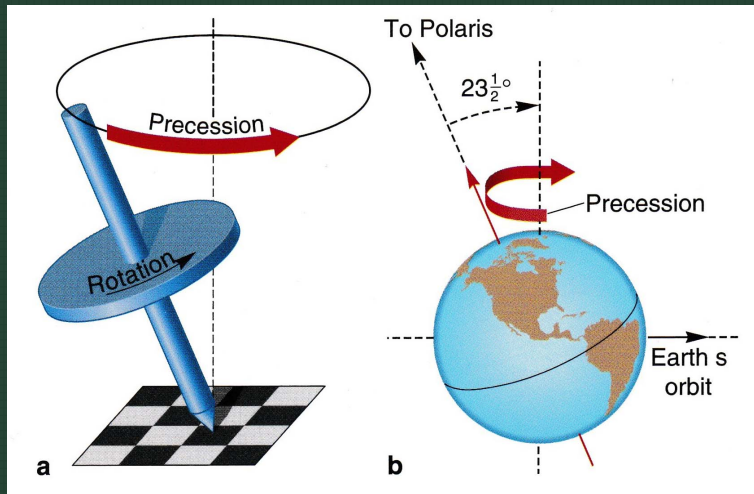
- O eixo de rotação da Terra sofre precessão: ele rotaciona em torno de outro eixo com um período de 26 mil anos.
- O torque causador é exercido pela atração gravitacional da Lua e Sol.
- Ainda há o movimento de nutação: oscilação em torno do cone de precessão.
- Nutação e precessão da Terra são devido ao torque exercido pela Lua, Sol e outros planetas e pelo fato da Terra não ser uma esfera.



# Precessão da Terra

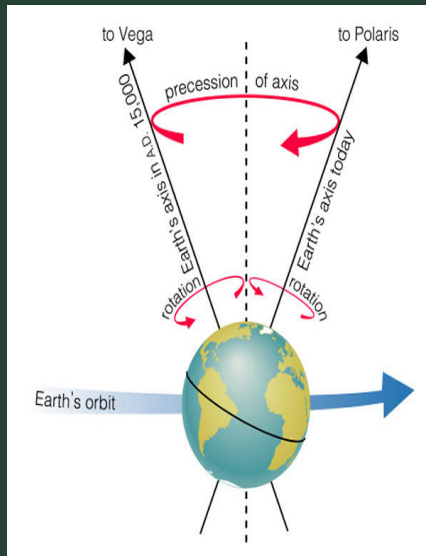


# Precessão da Terra





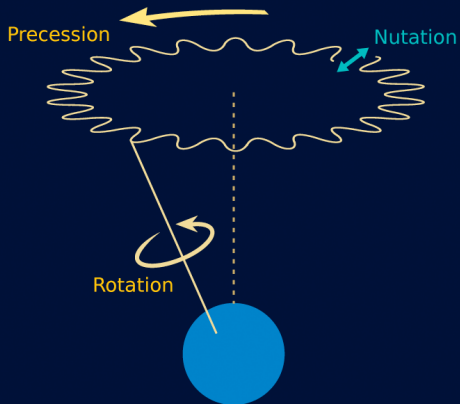
# Precessão da Terra



# Precessão da Terra

## Precession, Nutation

*(Not to scale)*



## O que é giroscópio?

- Giroscópio é um dispositivo contendo um rotor que rotaciona e outra parte externa que a sustenta.
- Independente de como a parte externa é suspensa a parte interna pode rotacionar livremente.
- O atrito do suporte pode impedir uma rotação continuada do rotor.
- Uma das aplicações do giroscópio é a observação da precessão.
- Dentre as várias aplicações, o giroscópio é utilizado também para se observar a precessão.



Giroscópio feito em 1852 por Léon Foucault.





Giroscópio de brinquedo da TEDCO Toys: criado em 1917.





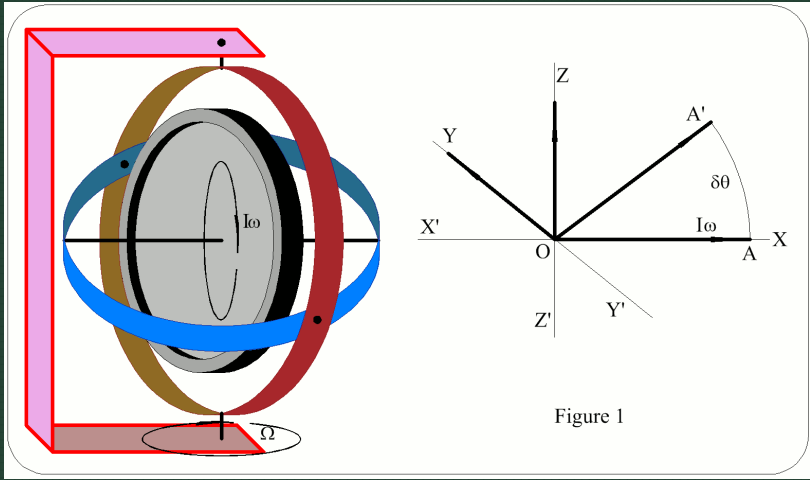


Figure 1

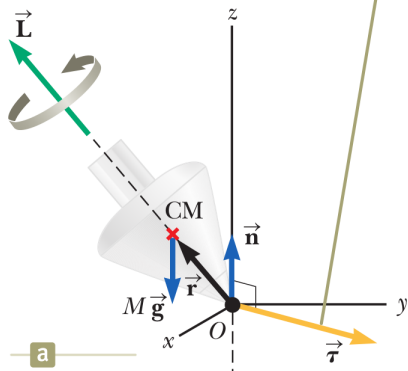




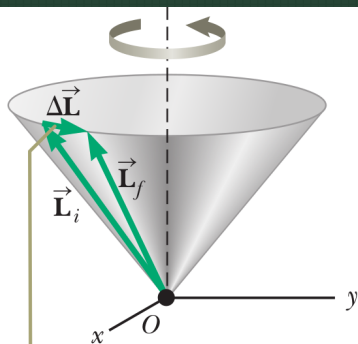
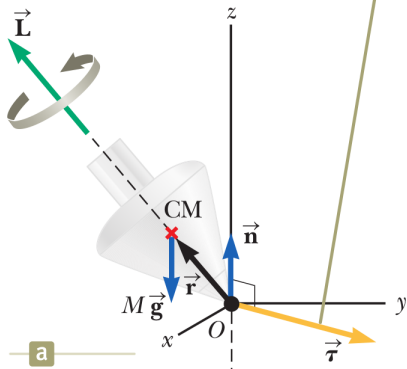
## Definições

- Grandezas vetoriais em negrito:  $a$  = escalar e  $\mathbf{a}$  = vetor.
- Momento Angular:  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = m\mathbf{r} \times \mathbf{v}$ .
- Torque:  $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ .
- Torque da força peso:  $\boldsymbol{\tau}_p = m\mathbf{r} \times \mathbf{g}$ .
- Lei de Newton angular:  $\boldsymbol{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$ .

The right-hand rule indicates that  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{r} \times M\vec{g}$  is in the  $xy$  plane.



The right-hand rule indicates that  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{r} \times M\vec{g}$  is in the  $xy$  plane.



The direction of  $\Delta\vec{L}$  is parallel to that of  $\vec{\tau}$  in **a**.

Figura: Fonte: [1].

## Definições

- O peão sofre duas forças: peso atuando no centro de massa e normal do chão no ponto de contato com o chão.
- Seja  $\mathbf{r}$  no plano  $yz$ .
- O peso faz um torque  $\boldsymbol{\tau} = M\mathbf{r} \times \mathbf{g} = \hat{\mathbf{i}}\tau$  paralelo ao eixo  $x$ .



## Definições

- O peão sofre duas forças: peso atuando no centro de massa e normal do chão no ponto de contato com o chão.
- Seja  $\mathbf{r}$  no plano  $yz$ .
- O peso faz um torque  $\boldsymbol{\tau} = M\mathbf{r} \times \mathbf{g} = \hat{\mathbf{i}}\tau$  paralelo ao eixo  $x$ .
- Logo, da Lei de Newton:  $d\mathbf{L} = \boldsymbol{\tau}dt$ .
- Isso faz o momento angular girar:  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_0 + \boldsymbol{\tau}dt$ .
- Já que  $\mathbf{L}_0 \cdot \boldsymbol{\tau} = 0$ :  $\mathbf{L}_0$  e  $\boldsymbol{\tau}$  são perpendiculares.

## Definições

- O peão sofre duas forças: peso atuando no centro de massa e normal do chão no ponto de contato com o chão.
- Seja  $\mathbf{r}$  no plano  $yz$ .
- O peso faz um torque  $\boldsymbol{\tau} = M\mathbf{r} \times \mathbf{g} = \hat{\mathbf{i}}\tau$  paralelo ao eixo  $x$ .
- Logo, da Lei de Newton:  $d\mathbf{L} = \boldsymbol{\tau}dt$ .
- Isso faz o momento angular girar:  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_0 + \boldsymbol{\tau}dt$ .
- Já que  $\mathbf{L}_0 \cdot \boldsymbol{\tau} = 0$ :  $\mathbf{L}_0$  e  $\boldsymbol{\tau}$  são perpendiculares.
- Assim apenas a direção do momento angular  $\mathbf{L}$  é alterada.
- O movimento de  $\mathbf{L}$  é chamado de precessão.

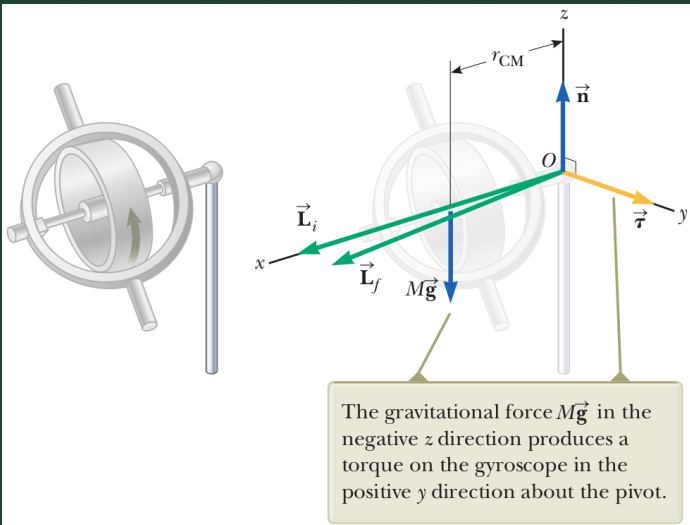
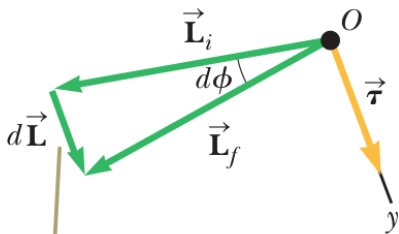


Figura: Fonte: [1].



The torque results in a change in angular momentum  $d\vec{L}$  in a direction parallel to the torque vector. The gyroscope axle sweeps out an angle  $d\phi$  in a time interval  $dt$ .

Figura: Fonte: [1].



## Velocidade angular de precessão

- Do triângulo da figura anterior:  $d\phi = \frac{dL}{L} = \frac{\tau dt}{L} = \frac{rF}{I\omega} dt$ .
- Logo a velocidade angular de precessão é:

$$\Omega = \frac{d\phi}{dt} = \frac{Fr}{I\omega'}$$

onde  $F$  é a força que executa o torque.

- Em geral é o peso  $F = Mg$ .
- Este resultado é valido quando  $\Omega \ll \omega$ .



## Aplicações

- Giroscópios são dispositivos que mantem uma rotação independente da maneira com que são suportados.
- Que aplicação isso teria?



## Aplicações

- Giroscópios são dispositivos que mantem uma rotação independente da maneira com que são suportados.
- Que aplicação isso teria?
- Suponha que o giroscópio tenha seu rotor rotacionando. Quando o suporte é rotacionado, há então um movimento relativo entre ambos.
- As aplicações residem aí: detecção desse movimento relativo!
- Conectando o giroscópio em algo, pode-se saber quando esse algo rotaciona e então executar alguma função.



## Aplicações

- Conectando o giroscópio em alguma estrutura, pode-se saber quando esse algo rotaciona e então executar alguma função.
- Pode-se então determinar o ângulo de rotação (posição angular) dessa estrutura.
- Isso significa então que podemos orientar essa estrutura da forma desejada.



## Aplicações

- Conectando o giroscópio em alguma estrutura, pode-se saber quando esse algo rotaciona e então executar alguma função.
- Pode-se então determinar o ângulo de rotação (posição angular) dessa estrutura.
- Isso significa então que podemos orientar essa estrutura da forma desejada.
- A maior aplicação de giroscópios é estabilização!



## Estabilização

- Câmeras, aeronaves e veículos podem ser mais estáveis com um sistema ativo que, dado a rotação do giroscópio, executa o movimento contrário para o veículo permanecer imóvel.
- Os instrumentos no helicóptero que indicam sua orientação são baseados em giroscópios.

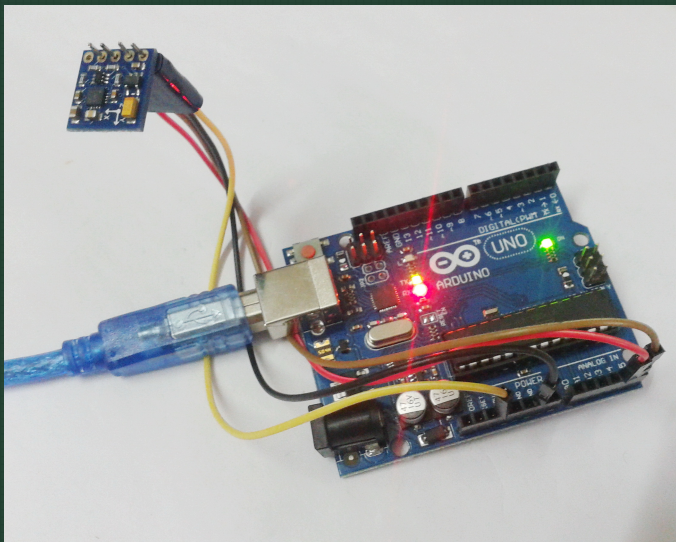


## Smartphones e tablets

- Giroscópios "eletrônicos" (MEMS-based) são amplamente utilizados em celulares e tables.
- Combinado com acelerômetro e magnetômetro, obtém-se resultados precisos para a localização, posição e movimento do aparelho.
- Aplicativos diversos exploram essa capacidade.







Micro controlador Arduino acoplado com um sensor giroscópio.



Micro controlador Arduino acoplado com um sensor giroscópio.

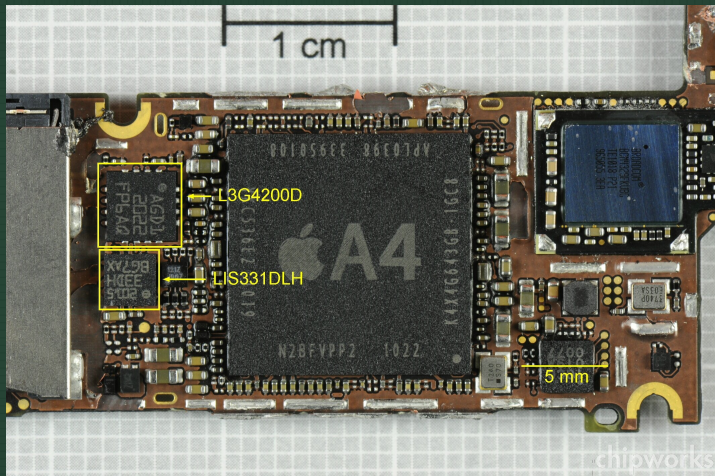


Figura: O giroscopio é o L3G4200D.

## Bibliography

R. A. Serway, J. W. Jewett, Jr, *Physics: for Scientists and Engineers*, 9th edition Brooks/Cole Cengage Learning 2014.

Obrigado!

