

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

Paulo Freitas Gomes

14 de Julho 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 quanto 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.

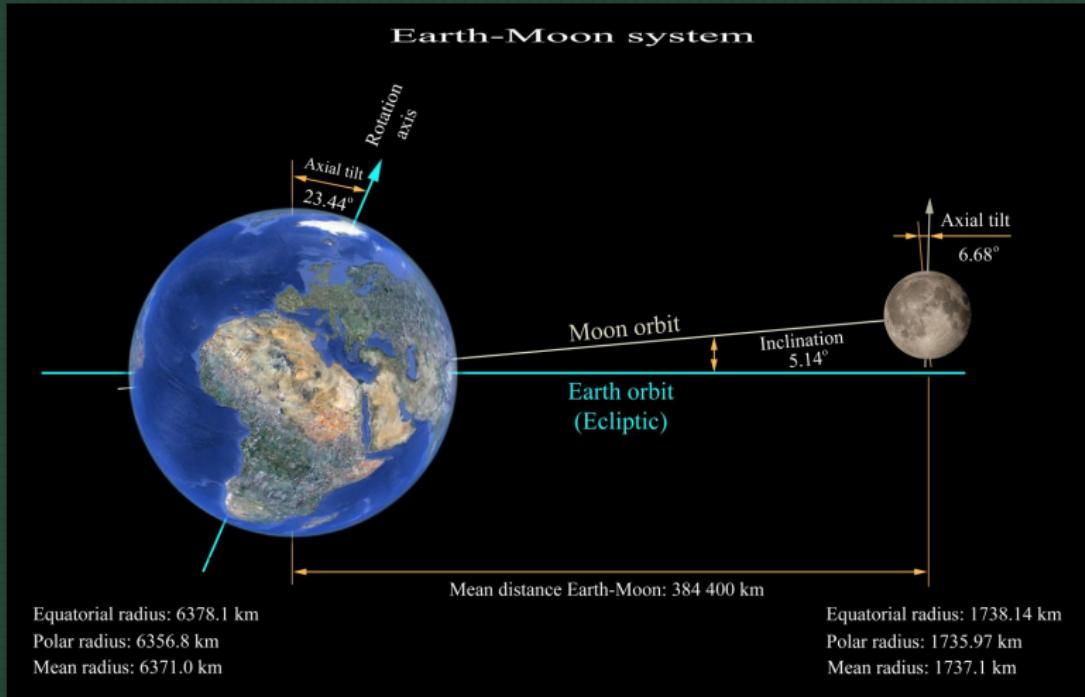


Precessão da Terra

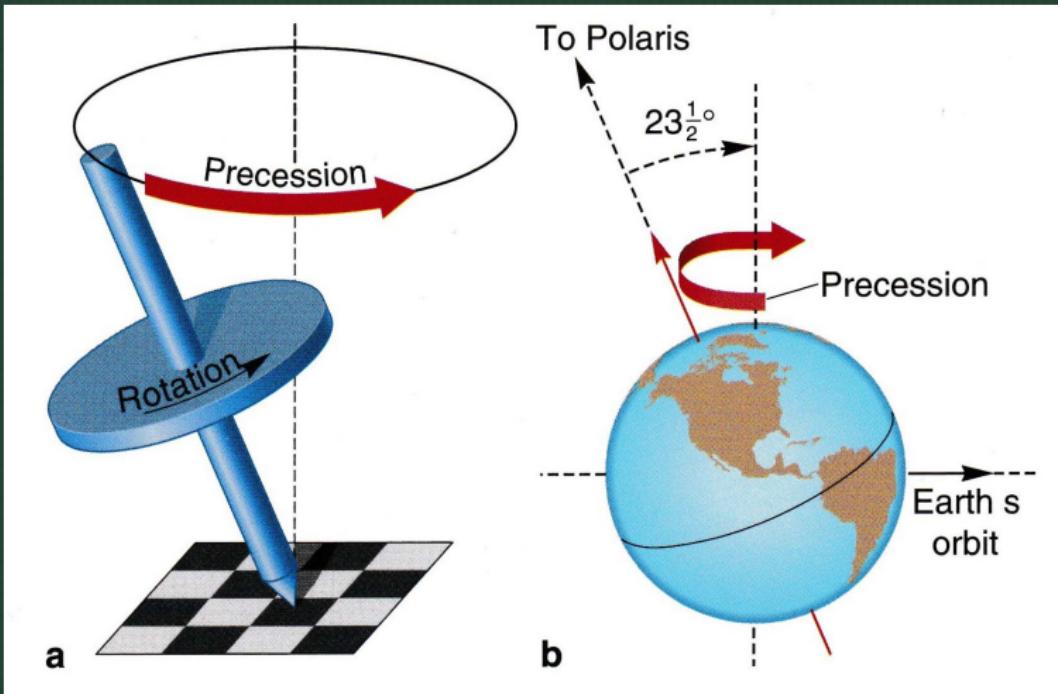
- O eixo de rotação da Terra sofre precessão: ele rotaciona em torno de outro eixo com um período de 26 mil anos.
- O torque causador é exercido pela atração gravitacional da Lua e Sol.
- Ainda há o movimento de nutação: oscilação em torno do cone de precessão.
- Nutação e precessão da Terra são devido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



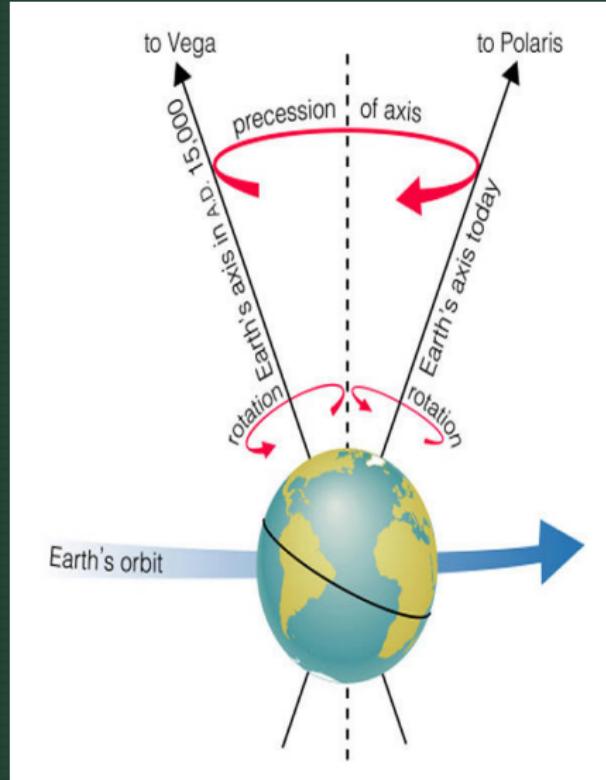
Precessão da Terra



Precessão da Terra



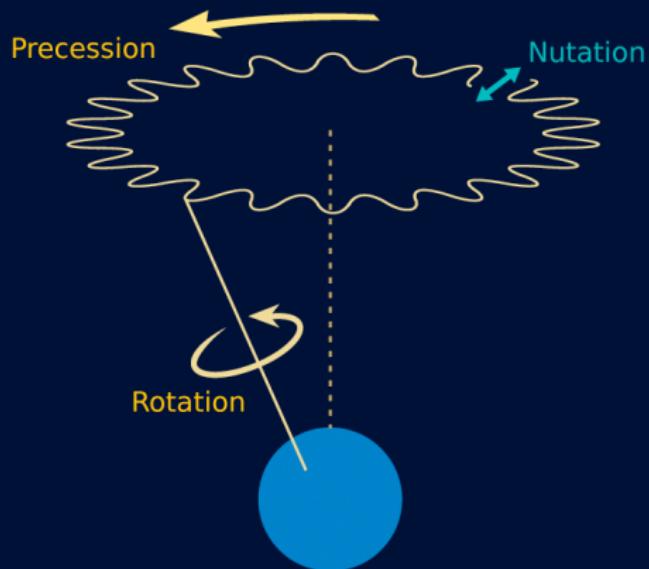
Precessão da Terra



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.





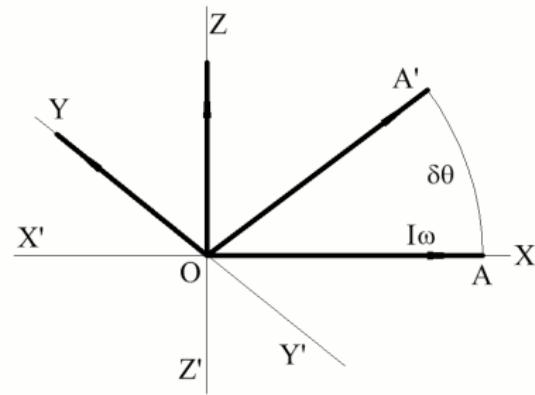
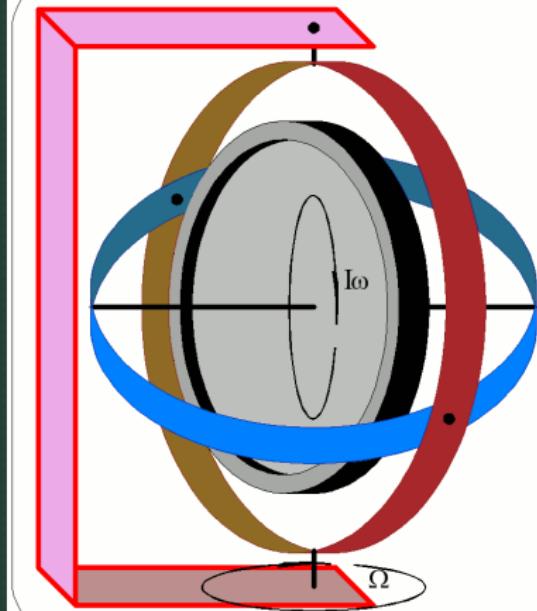


Figure 1

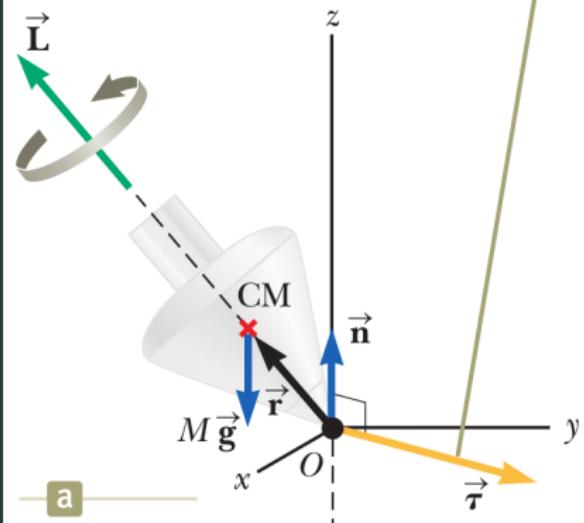


Definições

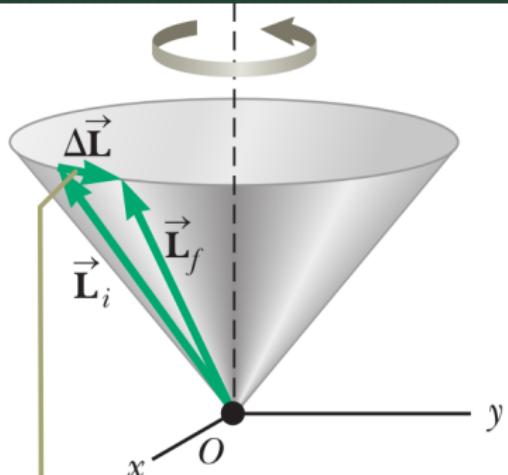
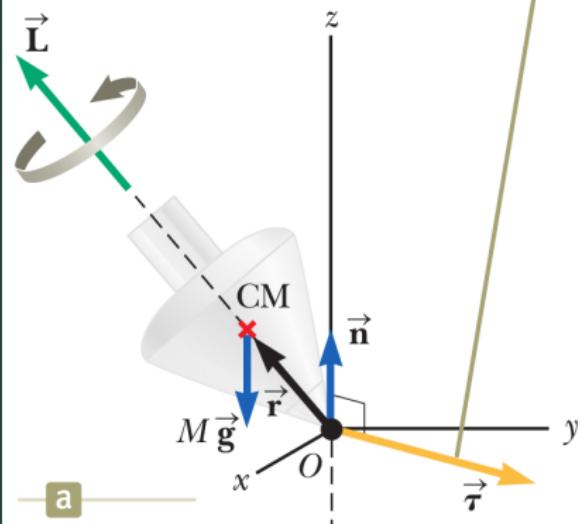
- Grandezas vetoriais em negrito: a = escalar e \mathbf{a} = vetor.
- Momento Angular: $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = m\mathbf{r} \times \mathbf{v}$.
- Torque: $\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$.
- Torque da força peso: $\tau_p = m\mathbf{r} \times \mathbf{g}$.
- Lei de Newton angular: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



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 $\vec{\Delta L}$ 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 $\tau = M\mathbf{r} \times \mathbf{g} = \hat{\mathbf{i}}\tau$ 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.



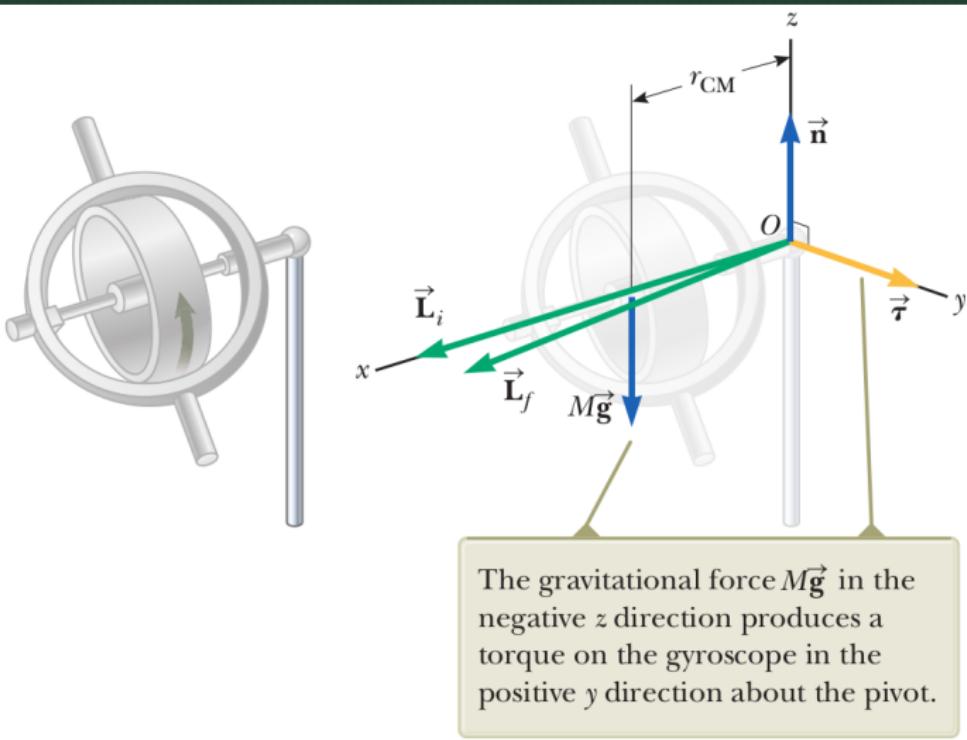
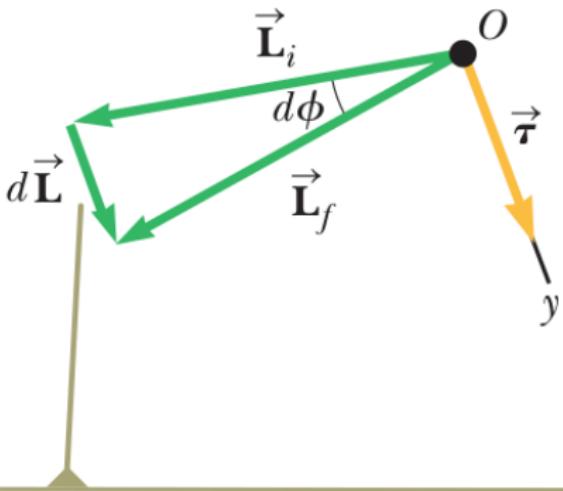


Figura: Fonte: [1].



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 mantêm 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 ai: 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!



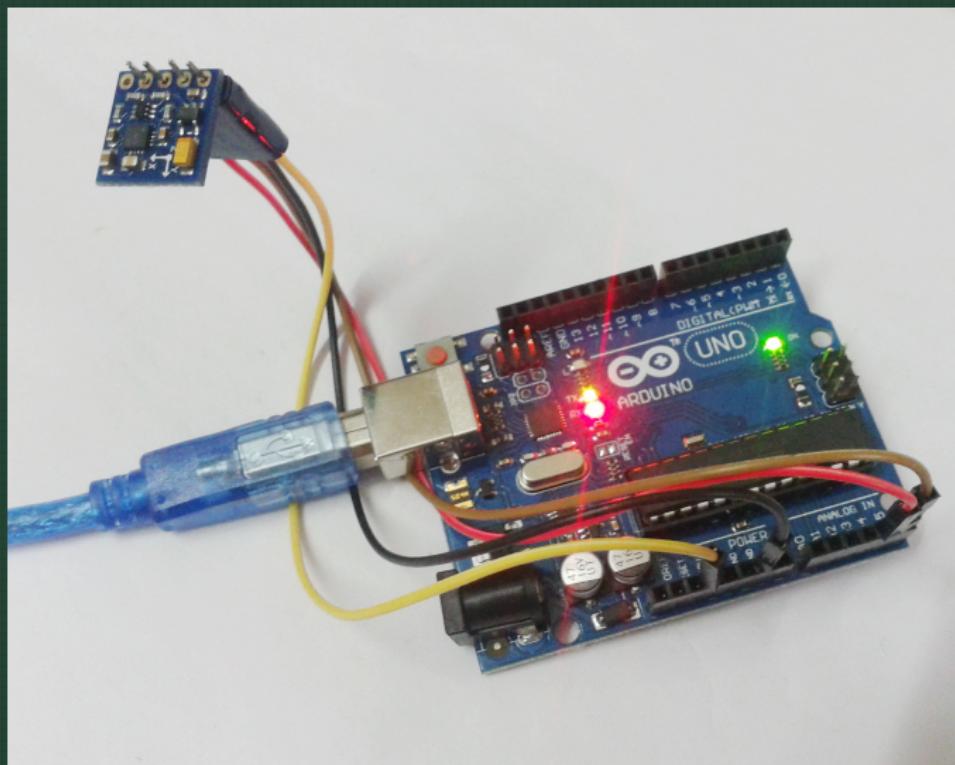
Estabilização

- 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 tablets.
- 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.



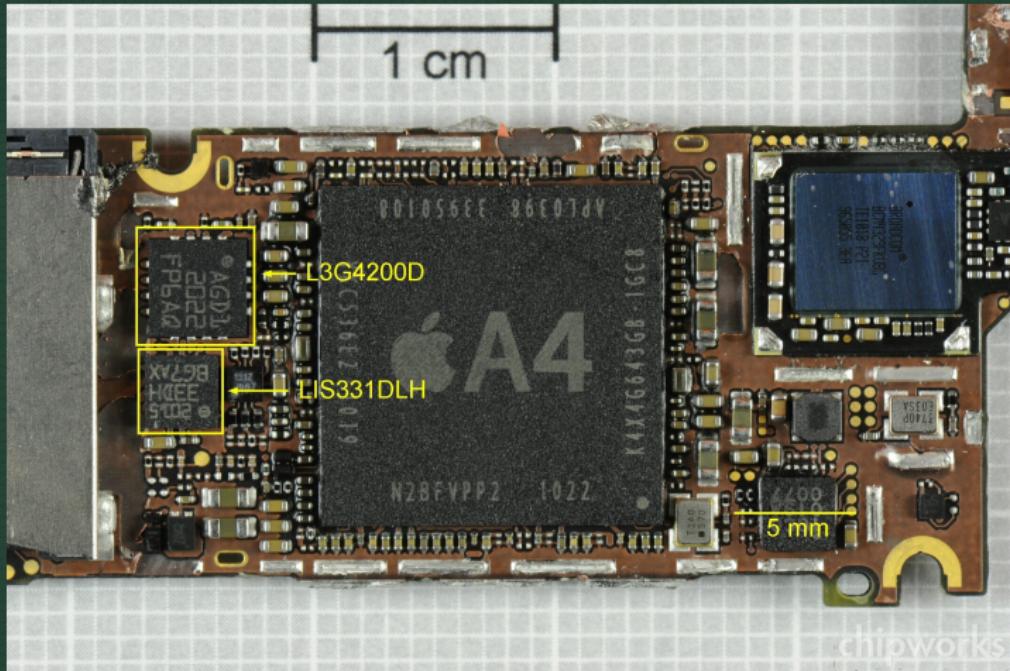


Figura: O giroscópio é o L3G4200D.

Bibliography

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

Obrigado!