

Roteiro do experimento “Giroscópio Qualitativo”

A) Introdução ao experimento

A experiência consiste em familiarizar o aluno com os objetos físicos chamados *giroscópios* (veja o item “Introdução teórica” no Apêndice para maiores detalhes) por meio de uma análise qualitativa do seu movimento ao longo do tempo.

B) Procedimento de análise

1. Veja o(s) filme(s) referente(s) à experiência. Atente para o *movimento de precessão* do giroscópio.
2. A partir das fotos disponibilizadas no site, monte a tabela com os valores de θ_p (ângulos de precessão) seguidos dos respectivos instantes de tempo.

Importante:

a) No filme, você observou o movimento do giroscópio e constatou que ele completou várias voltas. Entretanto, a fim de diminuir erros de paralaxe¹ e também a influência do movimento de nutação (que pode tornar a análise mais complexa) nos dados, as fotos contemplam o movimento do giroscópio dentro de um quadrante apenas (figura 1).

b) Serão utilizadas somente a primeira e última fotos de cada volta. Com isso, você irá obter (para cada volta) duas posições do giroscópio com os respectivos instantes de tempo.

c) O círculo sobre qual o giroscópio realiza o movimento foi inteiramente dividido em intervalos de 15°. Portanto, não é possível ter uma precisão muito boa na determinação do ângulo. Recomendamos que você divida (de forma imaginária) o intervalo em 3 partes, cada um correspondendo a 5°. Com isso, a posição do giroscópio sobre o círculo será dada por múltiplos de 5° (ex: 205°, 315°, etc). Adote a incerteza nesse valor como sendo 2,5° e lembre-se que todos os valores de ângulos em graus (°) devem ser convertidos para radianos.

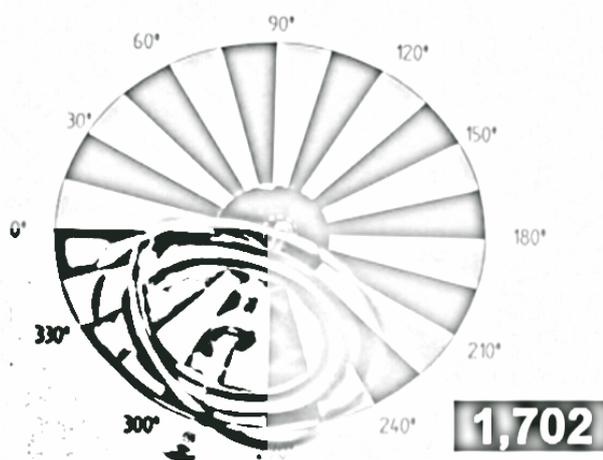


Figura 1 – Restrição do movimento do giroscópio a um quadrante para atenuar erros de paralaxe e os efeitos do movimento de nutação. A parte mais escura da foto representa o quadrante da análise.

3. Com a tabela do item anterior montada, calcule a velocidade angular média (de precessão) para cada par de fotos de cada volta (serão usadas a primeira e última foto), dada por:

$$\bar{\omega}_p = \frac{\Delta\theta_p}{\Delta t} = \frac{\theta_{final} - \theta_{inicial}}{t_{final} - t_{inicial}}. \quad (I)$$

¹ Erros de paralaxe são aqueles cometidos quando o observador, o objeto observado e mesmo o instrumento de medida (no caso específico dessa experiência, o círculo sobre o qual o giroscópio realiza o movimento cumpre o papel de “instrumento de medida”) não estão alinhados corretamente. Em consequência, os dados experimentais e, portanto, os resultados experimentais apresentam um desvio em relação aos valores verdadeiros.

Essa será a velocidade no instante médio, dado por:

$$\bar{t} = \frac{t_{final} + t_{inicial}}{2}. \quad (II)$$

Construa uma tabela de $\bar{\omega}_p$ e \bar{t} , determinando também a incerteza na velocidade angular considerando nula a incerteza no tempo (veja, na página “Guias” do site de experimentos, o “Roteiro de Cálculo de Incertezas” para maiores informações).

4. O objetivo agora é analisar o comportamento no tempo dos valores de $\bar{\omega}_p$ (velocidade angular de precessão) obtidos anteriormente. Registre no seu relatório a resposta à seguinte pergunta: em sua opinião, a velocidade de precessão aumenta, diminui ou permanece a mesma?

5. Com os valores de \bar{t} e $\bar{\omega}_p$ obtidos no item 3, construa um gráfico de $\bar{\omega}_p \times \bar{t}$. Embasado nele, o que se observa em relação ao comportamento de $\bar{\omega}_p$ (aumenta, diminui, não acontece nada)? Essa resposta é compatível com a resposta do item 4?

6. Busque uma possível explicação para o comportamento observado. (Dica: leve em consideração a expressão 3 presente na “Introdução Teórica” e questione o que ocorre com as outras grandezas relacionadas à $\bar{\omega}_p$). As suas conclusões são compatíveis com as expectativas teóricas? Justifique.

C) Procedimento de elaboração do relatório

Entregue um relatório com os seguintes itens:

1. *Introdução*: apresente uma introdução resumida contendo o objetivo do experimento.
2. *Descrição do experimento*: descreva o arranjo experimental de forma sucinta, não deixando de mencionar os principais dispositivos e componentes utilizados assim como suas características.
3. *Análise de dados e resultados obtidos*: apresente os dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos (tabela do item 2). Posteriormente, exiba a tabela construída no item 3, assim como o gráfico associado. Com todas essas informações, responda às questões referentes aos itens 4, 5 e 6.
4. *Conclusão*: volte para a introdução e atente para o objetivo do experimento. Escreva a conclusão se perguntando: “a experiência conseguiu atendê-lo? Por quê?”.

D) Apêndice

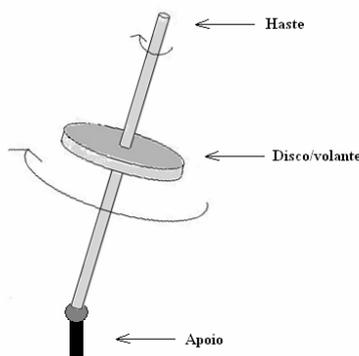


Figura 2 – Esquema e componentes básicos de um giroscópio.

1. Introdução teórica

Um giroscópio típico é composto de um disco (geralmente chamado de volante ou rotor) atravessado, no seu centro, por uma haste de comprimento qualquer, mas de forma a ser dividida em duas partes iguais (figura 2). O disco então é colocado em rotação e, dependendo da rapidez do giro, observa-se que o conjunto adquire uma certa estabilidade, quando o senso comum diria que ele cairia.

O caso de um pião de brinquedo ou mesmo a forma do giroscópio utilizado nessa experiência assemelha-se à configuração daquele mostrado na figura 2, mas com a diferença da inclinação do eixo de rotação (spin) não ser vertical (figura 3). Percebemos então a existência de dois movimentos: o primeiro relacionado ao eixo de rotação que passa pela haste, denominado movimento de spin, e o segundo relacionado ao eixo perpendicular ao plano no qual o giroscópio realiza o movimento, chamado de precessão (eventualmente, pode haver um terceiro tipo de movimento, o de nutação; entretanto, para os fins dessa experiência, a consciência dos dois tipos anteriormente mencionados já é o suficiente).

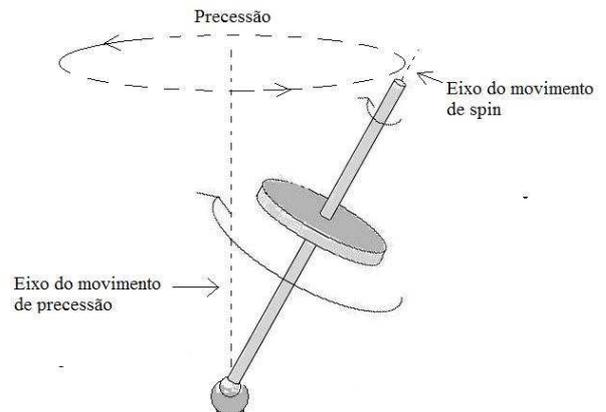


Figura 3 – Eixo de spin não vertical. Situação da qual participam os peões de brinquedo e o próprio giroscópio dessa experiência.

Não nos aprofundaremos tanto em teoria, mas vale lembrar (e pode ser mostrado) que para um giroscópio a velocidade de precessão ω_p é dada teoricamente por:

$$\omega_p = \frac{Mgd}{I\omega_s}, \quad (\text{III})$$

onde M é a massa do giroscópio, g o módulo da aceleração de gravidade local, d a distância de uma extremidade da haste até o centro de massa do volante (coincidindo aproximadamente com o ponto em que a haste atravessa o disco) e I a inércia rotacional do giroscópio em relação ao eixo relacionado ao movimento de spin.

Referência Bibliográfica

- VUOLO, José Henrique. *Fundamentos da Teoria de Erros*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. *Curso de Física Básica: 1 – Mecânica*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.