

Roteiro do experimento “Giroscópio Quantitativo”

A) Introdução ao experimento

O experimento consiste no estudo do movimento de uma roda de bicicleta que gira em torno do seu próprio eixo e está apoiada num suporte metálico fixo ao chão. Nessa situação ela se comporta como um giroscópio e o objetivo é estudar os movimentos de spin e precessão bem como a relação entre eles.

B) Procedimento de análise

Importante: Você analisará duas voltas dadas pelo giroscópio no seu movimento de precessão. Dessa forma você deve realizar as tarefas descritas em todos os itens citados abaixo para cada volta individualmente.

1. Assista ao vídeo da experiência. Note a existência de uma marcação na roda que será usada posteriormente para o cálculo da velocidade de spin.
2. A partir das fotos extraídas do vídeo, construa uma tabela dos ângulos (θ_p) descritos pela extremidade do eixo em função do tempo. É importante notar que o vídeo mostra as *voltas completas* do giroscópio enquanto as fotos referem-se ao *movimento descrito apenas num quadrante*. Isso visa amenizar erros de paralaxe bem como a influência do movimento de nutação. O giroscópio foi apoiado sobre um círculo de referência, o qual é dividido em intervalos de 5° . Dessa forma pode-se adotar a incerteza na posição como sendo $2,5^\circ$.

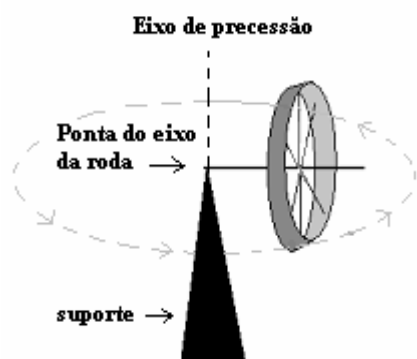


Figura 1 – Movimento de precessão da roda, que está apoiada (e não presa) ao suporte.

3. Usando a tabela do item 2 calcule a velocidade média de precessão ($\bar{\omega}_p$) para um intervalo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$ - veja a figura 1. Para tanto, use:

$$\bar{\omega}_{p[t_{i-1}; t_{i+1}]} = \frac{\Delta \theta_p}{\Delta t} = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}. \quad (\text{I})$$

Assumiremos que essa velocidade será a velocidade instantânea $\omega_p(\bar{t}_i)$ no instante médio

$$\bar{t}_i = \frac{t_{i+1} + t_{i-1}}{2}. \quad (\text{II})$$

Determine a incerteza em $\omega_p(\bar{t}_i)$ considerando nula a incerteza no tempo (veja na página “Guias” do sítio de experimentos o “Roteiro de Cálculo de Incertezas” para maiores informações).

4. Calcule a média dos valores obtidos para $\omega_p(\bar{t}_i)$ no item anterior. Calcule a incerteza como o desvio padrão da média.
5. Para calcular a velocidade de spin observe a marca feita na roda. É um tanto difícil de notá-la, mas veja as fotos várias vezes na seqüência até acostumar-se com a marcação. Para facilitar, foram selecionadas de antemão duas fotos para cada volta. Elas correspondem à posição da fita num instante inicial e num instante final (respectivamente), isto é, a fita apareceu na primeira foto, a roda realizou uma volta e então a fita apareceu novamente na segunda foto. Com os dois tempos

fornechos, será possível calcular o período de rotação da roda em torno do seu próprio eixo e posteriormente a velocidade de spin a partir de:

$$\omega_{spin} = \frac{\Delta\Theta}{\Delta t}, \quad (III)$$

onde $\Delta\Theta$ é o ângulo total subentendido pelo arco da roda e Δt é seu período de rotação.

Assumindo, nesse caso específico, que a roda deu uma volta completa temos que $\Delta\Theta = 2\pi$ e $\Delta t = T$, utilize a próxima relação para calcular a velocidade de spin da roda:

$$\omega_{spin} = \frac{2\pi}{T}. \quad (IV)$$

É bom lembrar que a relação (IV)  válida para o movimento circular uniforme; no entanto, para a análise do movimento do giroscópio será feita essa aproximação.

6. Calcule a incerteza na velocidade de spin por:

$$\sigma_{\omega_{spin}} = \frac{\sqrt{2}\sigma_{\Theta}}{T}, \quad (V)$$

onde a incerteza na posição σ_{Θ} deverá ser estimada de acordo com a diferença de posição aproximada entre a marcação da fita na primeira foto da roda (início do período) e na segunda foto. É considerada essa incerteza porque a fita não retorna exatamente  posição original ao final da volta.

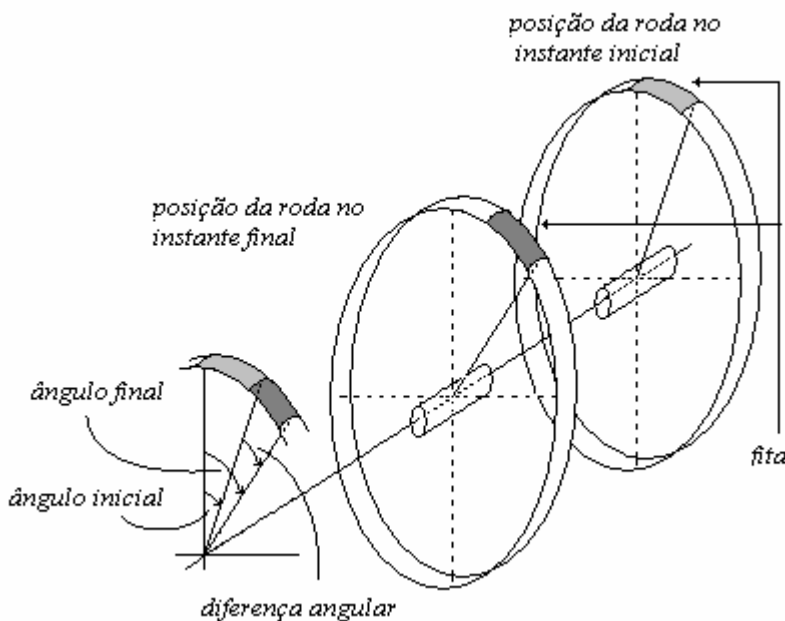


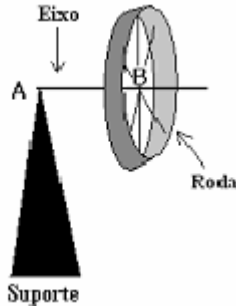
Figura 2 - Esquema frontal da roda para a determinação da diferença angular e com isso a estimação da velocidade angular de spin.

Explique como você estimou a incerteza na posição. Para facilitar sua estimativa imagine a roda vista numa posição frontal conforme o desenho ao lado. Dica: Orientando-se pelo eixo localizado no centro da roda você pode basear-se no comprimento da fita para estimar a diferença angular, isto é, tendo a fita um comprimento de 5 cm e tendo o valor do raio da roda, é possível saber qual o ângulo subentendido por esse arco. Dessa forma, a diferença pode ser estimada como metade de uma fita, um quarto de fita, etc.

7. Construa uma tabela com os valores experimentais obtidos para a velocidade de precessão média e para a velocidade de spin. Não se esqueça de colocar na tabela as respectivas incertezas.

8. Analisando a velocidade de spin e a velocidade de precessão experimentais organizadas na tabela do item 7 verifique a relação existente entre ambas. Lembre-se da expressão a seguir para embasar sua argumentação:

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



onde M é a massa do giroscópio, g o módulo da aceleração gravitacional, d é a distância do ponto A onde o eixo se apóia no suporte até o ponto B, onde se localiza, de forma aproximada, o centro de massa da roda de bicicleta e I é o momento de inércia¹ da roda.

Fique atento, pois para cada situação o giroscópio teve seu eixo apoiado num ponto diferente. Assim, veja qual distância “d” deverá usar em sua análise.

Figura 3 – Esquema das partes do giroscópio.

9. A partir dos valores fornecidos pela tabela 2 do apêndice, calcule os valores teóricos para a velocidade angular de precessão e para a velocidade de spin utilizando a relação (VI).

É importante destacar que quando estiver calculando a velocidade de precessão teórica, você deverá utilizar na equação o valor experimental da velocidade de spin. O mesmo ocorrerá ao calcular a velocidade de spin teórica, isto é, será usada a velocidade de precessão experimental.

10. Calcule a incerteza para a velocidade de precessão teórica. Para isso utilize:

$$\sigma_{\omega_p} = \omega_p \sqrt{\left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\omega_{spin}}}{\omega_{spin}}\right)^2}, \quad (\text{VII})$$

onde $\sigma_{\omega_{spin}}$ é a incerteza na velocidade de spin experimental calculada em (V), σ_I é a incerteza no momento de inércia e σ_d é incerteza na distância entre os pontos A e B na figura 3. A incerteza devida a massa foi desconsiderada por ser muito pequena.

Adote um procedimento análogo para a incerteza da velocidade de spin.

11. Analise os valores teóricos obtidos no item 9. O que acontece com a velocidade de precessão em relação à de spin? Lembre-se novamente da expressão (VI).

Importante: Os próximos itens só deverão ser respondidos quando já estiver pronta a análise completa, até o item (11), das duas voltas do giroscópio.

12. Compare seus valores experimentais com os teóricos. Eles são condizentes? Por quê? Não se esqueça de avaliar também o valor das incertezas. Para facilitar a apresentação de sua análise comparativa sugerimos que siga o exemplo da tabela 1 do apêndice.

¹ O valor do momento de inércia da roda foi medido experimentalmente pois a mesma possuía um eixo interno cilíndrico que impedia o cálculo da inércia rotacional considerando-a um aro ($I = m.R^2$). Acesse na página do experimento o tópico “Medição empírica da inércia rotacional da roda” que explica o procedimento utilizado para medição e depois utilize o valor fornecido para realização de seus cálculos.

13. Tendo a tabela do item 12 pronta, verifique o que aconteceu com os valores das velocidades de precessão e de spin na mudança de uma volta para outra, ou seja, o que acontece com as velocidades quando o giroscópio continua dando voltas? Elas se alteram? Em caso afirmativo, elas diminuíram ou aumentaram?

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 12. Com todas essas informações, responda às questões referentes aos itens 6, 8, 11, 12 e 13.
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

Tabela 1 – Tabela de exemplo para a organização dos dados obtidos no decorrer da análise.

Situação				
VALORES EXPERIMENTAIS				
	ω_p (rad/s)	$\sigma_{\omega p}$	ω_{spin} (rad/s)	$\sigma_{\omega spin}$
1ª volta				
2ª volta				
VALORES TEÓRICOS				
	ω_p (rad/s)	$\sigma_{\omega p}$	ω_{spin} (rad/s)	$\sigma_{\omega spin}$
1ª volta				
2ª volta				

Tabela 2 – Tabela contendo informações relevantes à execução da análise.

Dados			
Diâmetro da roda		(64,5 ± 0,5) cm	
d	D1	Situação 4	(7,7 ± 0,2) cm
		Situação 6	
	D2	Situação 2	(9,3 ± 0,2) cm
		Situação 5	
	D3	Situação 1	(11,0 ± 0,2) cm
		Situação 3	
Massa da roda		(3460 ± 20) g	