

Giroscópio Qualitativo - Tradicional

Rebeca Saldanha de Araújo Omelczuck

10 de Maio de 2014

1 Introdução

Conforme estudado anteriormente, um giroscópio trata-se de um dispositivo em que há um disco atravessado por uma haste, passando perpendicularmente por seu centro, de forma que esteja dividido em duas partes iguais.

Quando o aro começa a girar e é colocado em seu apoio, nota-se dois tipos de movimento: um de rotação do próprio disco em torno do seu eixo central e outro em relação ao eixo perpendicular do plano, no qual a haste realiza o chamado *movimento de precessão*.

No caso desse experimento, o giroscópio utilizado foi montado a partir de um aro de bicicleta com uma barra atravessada em seu eixo de rotação. Ao iniciar a rotação do aro e ao apoiá-lo em seu suporte, inicia-se os movimentos descritos anteriormente, onde a velocidade de precessão do giroscópio ω_p é dada pela Equação 1

$$\omega_p = \frac{Mgd}{I\omega_s} \quad (1)$$

onde M representa a massa do giroscópio composto pelo aro e sua haste, g o módulo da aceleração da gravidade, d a distância de uma extremidade da haste até centro de massa do aro, I o momento de inércia do giroscópio, em relação ao eixo de rotação da haste e ω_s a velocidade angular do disco, chamado de *spin*.

Uma vez que o aro de bicicleta não pode ser aproximado a um disco, pois acarretaria a resultados discrepantes com o esperado, os monitores da disciplina que auxiliaram na elaboração e execução do experimento precisaram calcular seu momento de inércia experimentalmente. Para isso foi necessário colocá-lo em um suporte para verificar possíveis diferenças nas distribuição de massa. Após o aro ter sua massa uniformemente distribuída, foi enrolado um fio de náilon na sua borda externa, sendo que na ponta do fio havia pesos metálicos. A partir disso todo o sistema foi liberado de forma que o aro começou a girar devido a queda dos pesos e como esse experimento se aproxima de um Movimento Uniformemente Variado, com o auxílio de uma trena e um cronômetro foi possível calcular o momento de inércia do aro utilizado para a montagem do giroscópio.

Dessa forma, o objetivo desse experimento é estudar as relações que existem entre o movimento de rotação do aro com o movimento de precessão do giroscópio e suas respectivas velocidades.

2 Descrição Experimental

Para a realização do experimento foi utilizada uma roda de bicicleta com uma barra atravessando seu eixo de rotação, um suporte fixo ao chão para que a barra pudesse ser apoiada e um cronômetro para marcação do período de precessão. Inicialmente, um aluno precisou segurar a roda pela barra, enquanto outro aplicava uma força em sua borda para iniciar o movimento de rotação. Após atingir a velocidade desejada, o eixo foi apoiado no suporte a uma distância pré definida, sendo que para ajudar na decisão, este já continha furos que se encaixava na extremidade pontiaguda do suporte. Em seguida, os alunos ajustaram seus cronômetros e começaram a anotar os períodos de precessão, conforme seus respectivos pontos de referência.

A Figura 1 apresenta os materiais utilizados para a construção do giroscópio.



Figure 1: Aro de bicicleta e apoio para a construção do giroscópio

3 Análise dos Dados

A partir do experimento realizado, foi possível elaborar uma tabela com os dados do período de precessão. Para uma melhor análise, foram realizadas três medições, sendo que cada uma corresponde a aproximadamente seis períodos. Como não é possível obter muita precisão quanto a medição do tempo, foi estipulado sua incerteza no valor de $0,2s$, que corresponde ao tempo de reação médio do corpo humano.

A Tabela 2 apresenta os dados obtidos referente ao período de precessão da roda

Períodos de Precessão (T)						
	Medição 1		Medição 2		Medição 3	
	T (s)	σT(s)	T (s)	σT(s)	T (s)	σT(s)
1ª Volta	13,3	0,2	10,3	0,2	8,7	0,2
2ª Volta	12,1	0,2	10	0,2	8,1	0,2
3ª Volta	10,9	0,2	9,6	0,2	7,9	0,2
4ª Volta	10	0,2	8,9	0,2	7,4	0,2
5ª Volta	9,4	0,2	8,5	0,2	7,3	0,2
6ª Volta	8,8	0,2	8,1	0,2	-	-

Figure 2: Período de precessão obtidos experimentalmente

É possível perceber que o período de precessão diminui com o passar do tempo, situação que já era esperada, porém para uma melhor análise do experimento, a partir da Tabela 2, foi possível calcular a velocidade de precessão de cada volta, conforme Equação 2. Os dados obtidos estão contidos na Tabela 3

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

$$\sigma_{\omega_p} = \frac{\omega_p}{T} \sigma_T \quad (3)$$

onde T é o período de precessão e σ_T é a incerteza estimada para o período de precessão

Velocidade de Precessão (ω_p)						
	Medição 1		Medição 2		Medição 3	
	ω_p(rad/s)	σ_{ω_p}(rad/s)	ω_p(rad/s)	σ_{ω_p}(rad/s)	ω_p(rad/s)	σ_{ω_p}(rad/s)
1ª Volta	0,472	0,007	0,610	0,012	0,722	0,017
2ª Volta	0,519	0,009	0,628	0,013	0,776	0,019
3ª Volta	0,576	0,011	0,654	0,014	0,795	0,020
4ª Volta	0,628	0,013	0,706	0,016	0,849	0,023
5ª Volta	0,668	0,014	0,739	0,017	0,861	0,024
6ª Volta	0,714	0,016	0,776	0,019	-	-

Figure 3: Velocidade de Precessão

É possível observar, de fato, que a velocidade de precessão aumenta com o passar do tempo, estando de acordo com a tabela anterior, afinal, a medida que a velocidade de precessão se torna maior, menor é o tempo necessário para o aro completar sua volta, conseqüentemente o período de precessão diminui.

Analisando os valores anteriores e todo o contexto do experimento, nota-se que há certa linearidade no aumento da velocidade de precessão, em cada medição. Porém, como há condições

específicas para cada medida, variando conforme o aluno, os resultados são extremamente individuais, não podendo ser reproduzidos. Sendo assim se o experimento for realizado com o mesmo aro e nas mesmas condições ambientais, os resultados, embora diferentes, deverá seguir o mesmo padrão, ou seja, em todos os casos a velocidade de precessão deverá aumentar de forma linear e o período de precessão diminuir.

A partir dos dados contidos na Tabela 3, foi possível calcular os valores da velocidade do spin para cada volta, considerando a Equação 4 e sua respectiva incerteza é dada pela Equação 5. Os dados encontrados estão apresentados na Tabela 4.

$$\omega_s = \frac{mgd}{I\omega_p} \quad (4)$$

$$\sigma_{\omega_s} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\omega_p}}{\omega_p}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{I}\right)^2} \quad (5)$$

onde m é a massa da roda, g a gravidade, d a distância entre o ponto de apoio e o eixo de rotação da roda e I o momento de inércia da roda. Para efeitos de cálculo, foi considerado $g = (9,78) \frac{m}{s^2}$, $m = (3460 \pm 20)g$, $d = (7,7 \pm 0,2)cm$ e $I = (0,217 \pm 0,007) \frac{kg}{m^2}$

Velocidade do Spin (ω_s)						
	Medição 1		Medição 2		Medição 3	
	$\omega_s(\text{rad/s})$	$\sigma_{\omega_s}(\text{rad/s})$	$\omega_s(\text{rad/s})$	$\sigma_{\omega_s}(\text{rad/s})$	$\omega_s(\text{rad/s})$	$\sigma_{\omega_s}(\text{rad/s})$
1ª Volta	25,417	0,073	19,684	0,078	16,626	0,081
2ª Volta	23,123	0,075	19,110	0,078	15,479	0,083
3ª Volta	20,830	0,077	18,346	0,079	15,097	0,084
4ª Volta	19,110	0,078	17,008	0,081	14,142	0,085
5ª Volta	17,964	0,080	16,244	0,082	13,950	0,086
6ª Volta	16,817	0,081	15,479	0,083	-	-

Figure 4: Velocidade do Spin

Após a obtenção de todos os resultados, pode-se perceber que a teoria adotada é válida, pois com a análise dos dados é possível verificar que a velocidade do spin é inversamente proporcional a velocidade de precessão da roda.

Para facilitar a visualização, os gráficos abaixo apresentam as velocidades de precessão e do spin em cada medição

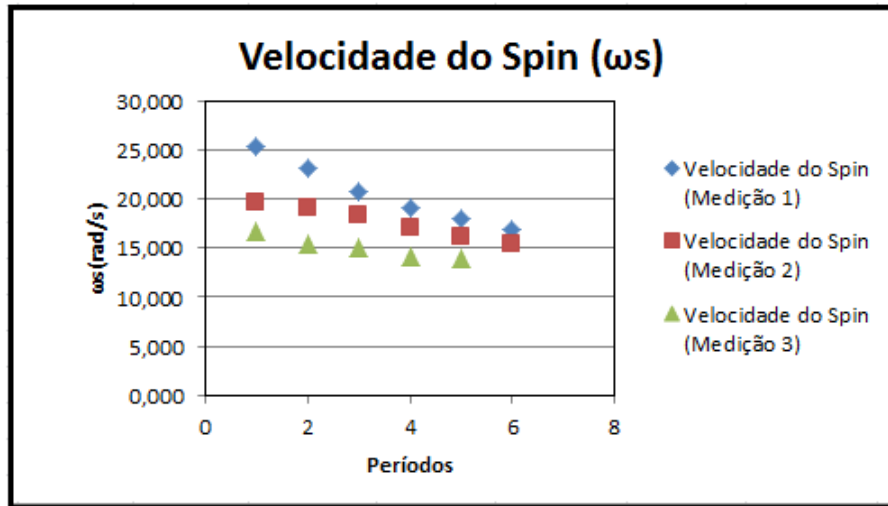


Figure 5: Gráfico da velocidade do spin, para cada medição

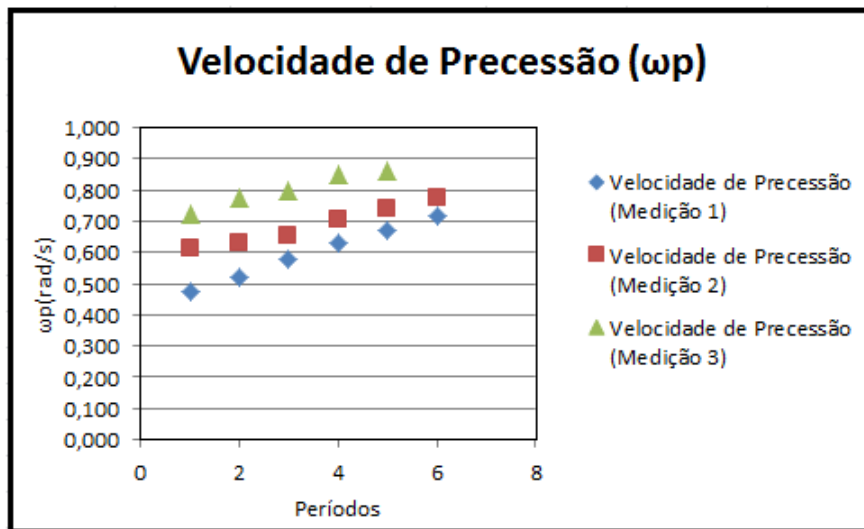


Figure 6: Gráfico da velocidade de precessão

Partindo dos gráficos, fica fácil notar que quanto maior é a velocidade do spin menor é a velocidade de precessão do giroscópio, considerando a mesma medição. Tomando como referência a Medição 1, tem-se que esta representa a maior velocidade de rotação do aro durante o experimento. Porém, ao se analisar os mesmos pontos na Figura 6, nota-se que eles representam os menores valores. O mesmo pode ser observado na Medição 3 realizada, sendo que esta representa a menor velocidade de rotação do aro e conseqüentemente a maior velocidade de precessão. Dessa forma, é possível comprovar a Equação 1, mostrando que a velocidade de precessão é inversamente proporcional a velocidade de spin.

Outro fator interessante, que deve ser mencionado, está relacionado a taxa de variação das velocidades. Ao se observar os pontos relacionados a Medição 1 na Figura 5, a velocidade de rotação do aro diminui a uma taxa maior do que a Medição 3. Pode-se então relacionar a taxa de decaimento da velocidade do spin com a velocidade inicial do aro, sendo que quanto maior a velocidade do aro, mais rápido sua velocidade irá diminuir.

Quanto ao fato da velocidade do spin diminuir e a velocidade de precessão aumentar, isso acontece pois a partir do momento em que se para de aplicar a força que faz o aro girar, este fica sujeito somente as forças externas dissipativas, fazendo com que a velocidade de rotação do spin diminua gradativamente. Uma vez que a velocidade do spin diminui, a velocidade de precessão começa a aumentar e uma vez que este se eleva, o período de precessão diminui. Sendo assim, todos os dados estão de acordo com a teoria adotada.

4 Conclusão

Com o experimento realizado, percebe-se que a teoria adotada condiz com o obtido experimentalmente. Foi possível perceber que de fato a velocidade de precessão é inversamente proporcional a velocidade do spin e conseqüentemente, por conta disso, o período de precessão se torna menor com o passar do tempo. A partir dos gráficos apresentados, ficou mais fácil verificar e comparar a variação nas velocidades, o que comprova que a veracidade da Equação 1.

Sendo assim, o experimento atinge seu objetivo, sendo suficiente para o estudo do movimento de spin e precessão de um giroscópio.