

Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Mecânica de Corpos Rígidos e Fluidos
Professora: Nora Lia Maidana

Giroscópio - Quantitativo

Nome: Leonardo José Bertelli N°USP 8539109

SP 2014

Introdução

Esse experimento pretende ser complementar ao estudo qualitativo do giroscópio, pois agora tem como objetivo quantificar não apenas a velocidade angular de precessão, como também estender os cálculos para a velocidade angular de spin, verificando serem inversamente proporcionais.

Para tanto, foi montado um arranjo de giroscópio, e com o auxílio de um cronômetro foram medidos os intervalos de tempo necessários para que a roda utilizada realizasse um determinado número de rotações em torno do ponto de apoio, tendo por referência de início e fim de volta um ponto aleatório do espaço. Foram feitas 3 repetições desse procedimento.

Espera-se que, em cada uma das repetições, o tempo necessário para cada volta (período) seja cada vez menor, o que indica que a velocidade angular de precessão aumenta com o tempo, e de acordo com a equação que a relaciona com a velocidade angular de spin, esta última decresça com o tempo.

Medidas Experimentais

O arranjo experimental consiste de um suporte apoiado no chão, disposto na vertical, e em sua extremidade é feita uma ponta bastante fina. Ao aro de roda de bicicleta é acoplada uma haste onde em um de seus lados existem 3 furos, espaçados por cerca de 2cm ou 3cm, em um dos quais é encaixada a ponta do suporte, quando a roda já possuir suficiente velocidade de spin, obtida girando-a com as mãos. Nesse instante, inicia-se a precessão, e com o uso de cronômetros digitais é medido o tempo necessário para cada volta.

Aqui, toma-se o cuidado, nem sempre possível sem o uso de equipamentos mais sofisticados, de fazer com que a roda adquira velocidade de spin suficientemente alta para que esteja levemente inclinada em relação à horizontal quando apoiada no suporte, para que seja possível deixá-la fazer algo em torno de 5 ou 6 voltas completas, mas cuidando para que quando o movimento está amortecido devido ao atrito entre o ponto de apoio da roda e o suporte na eminência de parar, não deixe a roda de bicicleta bater sobre o suporte, tampouco deixar todo o arranjo cair, pois isso pode danificar os equipamentos.



A seguir é apresentada a tabela contando os períodos de cada volta realizada pelo giroscópio, em cada repetição.

Tabela 1 - Período, em segundos, para cada Volta em cada repetição.					
1º	2º	3º	4º	5º	6º
13,5 +/- 0,2	11,7 +/- 0,2	10,8 +/- 0,2			
10,7 +/- 0,2	9,9 +/- 0,2	9,6 +/- 0,2			
13,6 +/- 0,2	12,5 +/- 0,2	11,0 +/- 0,2	9,7 +/- 0,2	9,6 +/- 0,2	9,1 +/- 0,2

Onde as 4º, 5º e 6º voltas não foram possíveis de se obter nas duas primeiras repetições. A incerteza da leitura do cronômetro é estimada como sendo apenas a incerteza no tempo médio de reação humano.

De posse desses períodos, podemos encontrar a velocidade angular média de precessão, bem como a sua incerteza, utilizando as equações:

$$\omega_{\text{precessão}} = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega_{\text{spin}} = \frac{\omega}{T} \sigma_T = \frac{2\pi}{T^2} \sigma_T$$

A seguir é apresentada a tabela contendo essas velocidades.

Tabela 2 - Velocidade Angular Média de precessão, em rad/s, para cada volta em cada repetição.					
1º	2º	3º	4º	5º	6º
0,466 (7)	0,537 (9)	0,583 (11)			
0,586 (11)	0,636 (13)	0,652 (14)			
0,462 (7)	0,504 (8)	0,571 (10)	0,646 (13)	0,652 (14)	0,694 (15)

Com a leitura da tabela 2, é possível validar a expectativa do estudo qualitativo do giroscópio, pois verificamos as velocidades médias de precessão aumentarem, embora o mesmo ocorra com a incerteza, por ser inversamente proporcional ao quadrado do período de precessão, embora seja necessário dois desvios da segunda para a terceira volta na segunda repetição, e da quarta para a quinta volta na terceira repetição, para que a velocidade média de precessão seja menor do que a anterior. Em todos os demais pontos de uma mesma repetição, as velocidades permanecem maiores mesmo com dois desvios, o que reforça com boa compatibilidade o real aumento dessa velocidade.

Também de posse dessas medidas, podemos finalmente estender os cálculos para as velocidades angulares de spin, com o uso da equação:

$$\omega_{spin} = \frac{mgD}{I\omega_{precessão}}$$

Na tabela 3 , apresentamos os dados necessário para o uso da expressão anterior, onde m é massa do giroscópio, D é a distancia ao centro de massa da roda ao ponto de apoio no suporte, I é momento de Inércia do aro, que foi mensurado em um procedimento à parte pela equipe de laboratório.

Tabela 3 - Dados do aro e da geometria do arranjo.	
Massa (kg)	3,46 +/- 0,02
Distancia (m)	0,077 +/- 0,002
Momento de Inércia (kgm ²)	0,217 +/- 0,007
Aceleração da Gravidade (m/s ²)	9,78

Na tabela 4, apresentamos as velocidades angulares médias de spin em cada volta de cada repetição.

Tabela 4 - Velocidade Angular média de spin, em rad/s em cada volta de cada repetição					
1º	2º	3º	4º	5º	6º
25,7 +/- 1,1	22,3 +/- 1,0	20,6 +/- 0,9			
20,5 +/- 0,9	18,9 +/- 0,9	18,4 +/- 0,9			
26,0 +/- 1,1	23,8 +/- 1,1	21,0 +/- 1,0	18,6 +/- 0,9	18,4 +/- 0,8	17,3 +/- 0,8

Onde a incerteza dessa velocidade é obtida pela raiz quadrada da soma quadrática das incertezas relativas, desprezando-se a incerteza relativa da aceleração da gravidade e da massa do aro, isto é:

$$\sigma_{\omega_{spin}} = \omega_{spin} \sqrt{\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\omega_{precessão}}}{\omega_{precessão}}\right)^2}$$

A análise da tabela 4 também valida a conclusão do experimento anterior, pois mostra que a velocidade angular de spin diminui volta a volta, embora conforme o movimento é amortecido sua diminuição começa a ser bastante menos acentuada do que era no início, e as incertezas de alguns desses pontos indiquem a possibilidade de que elas ainda sejam iguais.

Como dito, o torque responsável por iniciar o movimento de spin da roda advém da força exercida pelas mãos (no caso desse experimento). Esse fato é determinante para se concluir que dificilmente são obtidos os mesmos resultados desse experimento caso mude a pessoa responsável por girar a roda. Caso seja sempre a mesma pessoa, as flutuações nas medições provavelmente serão menores.

Conclusão

De acordo com a introdução, o objetivo do experimento é verificar a relação entre as velocidades angulares de precessão e de spin, confirmando as expectativas e conclusões da análise qualitativa do giroscópio.

Tal objetivo pode ser atendido, pois como já discutido, a velocidade angular de precessão aumenta, e a de spin diminui, discussão que pode ser reforçada pela teste de compatibilidade com as incertezas dessas velocidades entre pontos consecutivos.