

Roteiro do experimento “Roda de inércia”

A) Introdução ao experimento

O experimento consiste em estudar o movimento de discos acelerados pela queda de pesos amarrados a extremidade de um fio que se enrola na borda em cada um. O objetivo é familiarizar o estudante com as grandezas cinemáticas e dinâmicas associadas aos movimentos de rotação tais como aceleração angular, torque e torque do peso e momento de inércia da roda possibilitando ao aluno a chance de medi-las experimentalmente e confrontá-las com os valores teóricos esperados.



B) Procedimento de análise

B1. Assista ao vídeo do experimento, anote os valores dos parâmetros das polias (diâmetros e massas), das massas e do braço de alavanca das situações que lhe foram designadas.

B2. Na análise de uma situação do tipo A, você precisa determinar as posições do disco, θ_i , em todas as fotos disponibilizadas no sítio, para os tempos registrados em cada foto. Já nas situações do tipo B, você precisa selecionar um conjunto de 15 fotos tais que os intervalos de tempo entre as fotos escolhidas sejam iguais.

B3. Com as leituras de tempo e posição, faça uma tabela com t_i e θ_i em uma planilha, onde t_i é o valor do relógio na foto de número i e θ_i é a posição angular do raio-vetor de referência nesse mesmo instante. Para interpretar corretamente o dado de leitura, veja mais explicações no documento “*Leitura do raio-vetor*”.

B4. A cada intervalo de tempo $[t_{i-1}, t_{i+1}]$ calcule o instante médio dado pela fórmula

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

B5. Suponha que a velocidade angular $\omega(\bar{t}_i)$ no instante \bar{t}_i seja igual à velocidade angular média $\bar{\omega}_{[t_{i-1}, t_{i+1}]}$ no intervalo $[t_{i-1}, t_{i+1}]$. Dessa forma, calcule:

$$\omega(\bar{t}_i) \cong \bar{\omega}_{[t_{i-1}, t_{i+1}]} = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}. \quad (2)$$

Monte uma tabela de $\omega(\bar{t}_i)$ e \bar{t}_i , juntamente com as incertezas, e faça um gráfico de $\omega(\bar{t}_i)$ por \bar{t}_i (não se esqueça de colocar as *barras de erro*). Para o cálculo da incerteza utilize

$$\sigma_{\omega(\bar{t}_i)} = \frac{\sqrt{2}}{\Delta t} \sigma_{\theta_i}. \quad (3)$$

B6. No gráfico de $\omega(\bar{t}_i)$ em função de \bar{t}_i , ajuste uma linha de tendência linear aos dados e encontre a equação da reta que melhor representa o conjunto de dados. Lembre que o coeficiente angular dessa reta representa a aceleração angular α encontrado experimentalmente.

B7. Converta a unidade de aceleração obtida de graus/s² para rad/s², a fim de facilitar a comparação entre o valor obtido e o valor teórico. Calcule a incerteza do valor de aceleração obtido com o auxílio da seguinte fórmula:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_{\omega} \sqrt{12}}{T \sqrt{N}}, \quad (4)$$

onde T é o intervalo de tempo total (desde a primeira até a última leitura) e N é o número de pontos experimentais.

B8. Calcule a aceleração teórica da polia (α') para o seu arranjo experimental supondo um sistema ideal sem atrito usando a fórmula:

$$\alpha' = \frac{\tau}{I_{total} + md^2} = \frac{mgd}{\frac{m_{Ac} R_{Ac}^2}{2} + \frac{m_{Fe} R_{Fe}^2}{2} + md^2}, \quad (5)$$

onde τ é o torque devido ao peso do objeto pendurado no fio, I_{total} é o momento de inércia total da roda de inércia, m é a massa do objeto, d é o tamanho do braço onde está o objeto (raio do disco onde o fio está enrolado), m_{Ac} a massa de acrílico, m_{Fe} é a massa de Ferro da roda de inércia, R_{Ac} e R_{Fe} são os raios dos discos de acrílico e Ferro, respectivamente. Para a incerteza do valor da aceleração calculada, adote:

$$\sigma_{\alpha'} = \alpha' \sqrt{\left(\frac{1}{\tau} \sigma_{\tau}\right)^2 + \left(\frac{1}{(I_{Total} + md^2)} \sigma_{I_{total}}\right)^2 + \left(\frac{d^2}{(I_{Total} + md^2)} \sigma_m\right)^2 + \left(\frac{2md}{(I_{Total} + md^2)} \sigma_d\right)^2}, \quad (6)$$

onde σ_{τ} , I_{total} , $\sigma_{I_{total}}$ e σ_I são dados por:

$$\sigma_{\tau} = \tau \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2}. \quad (7)$$

Sendo,

$$I_{total} = I_{Ac} + I_{Fe}, \quad (8)$$

$$\sigma_{I_{total}} = I_{total} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{I_{Ac}}}{I_{Ac}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_{Fe}}}{I_{Fe}}\right)^2}, \quad (9)$$

e

$$\sigma_I = I \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_R}{R}\right)^2}. \quad (10)$$

O valor de I representa o momento de inércia de cada disco e σ_I sua respectiva incerteza.

B9. Calcule a relação:

$$\kappa = \frac{\alpha}{\alpha'} \quad (11)$$

e sua incerteza

$$\sigma_{\kappa} = \kappa \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\alpha}}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\alpha'}}{\alpha'}\right)^2}. \quad (12)$$

B10. Compare os valores das acelerações obtidas. O que é possível concluir a partir de sua comparação? Discuta as possíveis causas da diferença entre o valor experimental e o valor teórico encontrados para as acelerações angulares.

C) Procedimento de elaboração do relatório

Entregue um relatório com os seguintes itens:

C1. *Introdução*: apresente uma introdução resumida contendo o objetivo do experimento.

C2. *Descrição do experimento*: descreva o arranjo experimental de forma sucinta, não deixando de mencionar os principais dispositivos e componentes utilizados assim como suas características.

C3. *Análise de dados e resultados obtidos*: apresente os dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos (tabela do item B3). Posteriormente, exiba a tabela construída no item B5 (assim como o gráfico associado), os valores finais encontrados de α' e α , bem como o cálculo teórico da aceleração. Com todas essas informações, responda à questão referente ao item B10 e elabore uma hipótese sobre a diferença entre os valores encontrados.

C4. *Conclusão*: volte para a introdução e atente para o objetivo do experimento. Escreva a conclusão se perguntando: “a experiência conseguiu atendê-lo? Por quê?”. (Sugestão: utilize o parâmetro κ calculado no item B9 para fundamentar sua conclusão).